



Milieubelasting door onkruidbestrijding in een biologisch, geïntegreerd en gangbaar systeem

M.M. Riemens, R.Y. van der Weide en J. Hoek

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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.

PPO Publicatienr.; €,...

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van: Hoofdproductschap Akkerbouw HPA

Projectnummer: 520217

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 ONKRUIDBESTRIJDING IN BIOLOGISCHE LANDBOUW, IN EEN GEÏNTEGREERD SYSTEEM EN DE GANGBARE LANDBOUW SYSTEMEN.....	9
2.1 Biologisch landbouwsysteem	9
2.1.1 Gewassen	9
2.2 Gangbaar landbouwsysteem.....	10
2.2.1 Gewassen	10
2.3 Geïntegreerd landbouwsysteem	11
2.3.1 Gewassen	12
2.4 Biologische, gangbare en geïntegreerde onkruidbestrijdingsstrategieën per gewas	13
3 ACHTERGRONDINFORMATIE BIJ DE BEPALING VAN DE MILIEUBELASTING DOOR GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN	15
3.1 BRI- lucht.....	16
3.2 BRI- grondwater	16
3.3 BRI- Bodem	17
3.4 MBP-waterleven	17
3.5 MBP-bodemleven	19
3.6 Samenvatting van maatstaven en streefwaarden voor milieubelasting en prioriteitsvolgorde	19
4 EFFECTEN OP HET MILIEU VAN ONKRUIDBESTRIJDING IN EEN BIOLOGISCH LANDBOUWSYSTEEM... 21	
4.1 Energieverbruik	21
4.2 Neveneffecten op niet-doelorganismen van mechanische onkruidbestrijding	22
5 GEVOLGEN VAN DE ALTERNATIEVEN OP HET MILIEU: GANGBARE & GEÏNTEGREERDE LANDBOUWSYSTEMEN	25
5.1 Energieverbruik van onkruidbestrijding in gangbare landbouw.....	25
5.2 Vervluchtiging, uitspoeling etc. van chemische producten (MBP, BRI) in een gangbaar systeem .	25
5.2.1 Zand, gangbaar	25
5.2.2 Klei, gangbaar	26
5.3 Energieverbruik van onkruidbestrijding in geïntegreerde landbouw	27
5.4 Vervluchtiging, uitspoeling etc. van chemische producten (MBP, BRI) in een geïntegreerd systeem	27
5.4.1 Zand, geïntegreerd	27
5.4.2 Klei, geïntegreerd	28
5.5 Neveneffecten op niet- doelorganismen van chemische onkruidbestrijding in gangbare en geïntegreerde landbouw	28
5.5.1 Herbiciden: effect op niet-waardplanten	29
5.5.2 Herbiciden: effect op waterleven.	29
5.5.3 Herbiciden: effect op vogels en invertebraten	30
5.5.4 Herbiciden: effect op overige organismen.....	31
6 DISCUSSIE & LEEMTES IN KENNIS.....	33
6.1 Energie.....	33
6.2 Effecten op niet-doelorganismen	34

7	LITERATUUR.....	37
	BIJLAGEN.....	41

Samenvatting

In dit rapport wordt een vergelijk van de milieubelasting tussen de onkruidbestrijding in biologische, geïntegreerde en gangbare landbouwsystemen gemaakt.

Om de milieubelasting te kunnen bepalen zijn er drie studies gedaan; naar de milieu-effecten van herbiciden, naar de energieconsumptie en naar de effecten van onkruidbestrijding op niet-doel organismen zoals beschreven in de literatuur.

Om de milieubelasting te kunnen bepalen, zijn theoretische akkerbouwbedrijven op zand- en kleigrond in biologische, geïntegreerde en gangbare systemen vastgesteld op basis van kennis van experts. Daarbij is gekozen voor de analyse van de onkruidbestrijding in een vijftal gewassen, te weten suikerbiet, wintertarwe, aardappel, peen en ui, omdat deze gewassen op akkerbouwbedrijven het meest voorkomen en omdat onkruidbestrijding in uien en peen op biologische bedrijven heel problematisch is.

De belasting door herbiciden is geanalyseerd door de BRI-waarden voor de emissie van herbiciden naar respectievelijk lucht, water en bodem en de MBP-waarden voor de effecten van de herbiciden op de organismen in de bodem en het water te bepalen. Deze waarden zijn tussen geïntegreerde en gangbare systemen vergeleken. Uit de vergelijking bleek dat de milieubelasting het grootst was op een gangbaar bedrijf op kleigrond, gevolgd door een gangbaar bedrijf op zand, een geïntegreerd bedrijf op klei, en als laatste een geïntegreerd bedrijf op zand.

De energieconsumptie van onkruidbestrijding in een biologisch systeem lag 1,5 – 2,6 keer hoger (afhankelijk van het type grond en de mate van handwieden) dan in een geïntegreerd systeem. Met name het branden in ui en wortel en ook het handwieden indien deze meegerekend wordt, is daarvoor verantwoordelijk. Het verbruik in een gangbaar systeem lag tot 1,2 maal hoger dan in een geïntegreerd systeem. Dit komt met name door de meegerekende energie inhoud van de herbiciden en het wat hogere gebruik hiervan. Daarbij moet wel in gedachten worden gehouden dat andere factoren zoals bemesting een tot tien maal hogere energieconsumptie vragen als de onkruidbestrijding en de onkruidbestrijding een relatief lage energieconsumptie heeft.

Uit de literatuurstudie naar effecten van mechanische en chemische onkruidbestrijdingsmethoden op niet-doelorganismen, bleek dat deze effecten voornamelijk indirect zijn. De organismen, zoals vogels, insecten en andere invertebraten, ondervinden vooral hinder van het verdwijnen van hun waardplanten of habitat als gevolg van vermindering van de onkruiddruk. Directe effecten als gevolg van mechanisatie zijn het vernietigen van legsels en kuikens van vogels. Directe effecten van chemische middelen zijn bekend voor enkele gevallen, waarbij het om voornamelijk waterorganismen gaat bij zeer hoge doseringen.

Op basis van de huidige informatie is het niet mogelijk een eenduidig antwoord te geven op de vraag of de milieubelasting in een van de systemen hoger ligt dan in een ander systeem. De energieconsumptie kan namelijk nog niet omgezet worden in effecten op het milieu en vergeleken worden met de effecten van herbicidengebruik.

1 Inleiding

Het is duidelijk dat de maatschappij een vorm van landbouw nastreeft die aanzienlijk duurzamer is dan totnogtoe. Een landbouw die tevens aan meerdere doelstellingen moet kunnen voldoen. Daarbij gaat het om een efficiënte(re) productie van voedsel en grondstoffen van goede kwaliteit, het beheer van het landelijke gebied en het op een duurzame wijze omgaan met natuurlijke hulpbronnen zoals water, lucht en bodem. Landbouw die past in een multifunctioneel gebruik van de landelijke ruimte. Daarbij zijn agrariërs de beheerders van de groene ruimte, die voorzien in de behoeften van de samenleving als geheel. De biologische landbouw is een productierichting die inhoud probeert te geven aan duurzaamheid door de intenties op dit terrein te vertalen in richtlijnen en voorschriften.

De nadruk ligt hierbij vooralsnog op het verminderen van het gebruik en de afhankelijkheid van de chemische gewasbeschermingsmiddelen. Om dit bij de onkruidbestrijding te bereiken wordt met name mechanische onkruidbestrijding gestimuleerd.

Ook de mechanische onkruidbestrijding kan echter het milieu belasten door bijvoorbeeld energieverbruik van machines. In veel teelten in Nederland wordt in de biologische landbouw meer mechanisatie toegepast dan in geïntegreerde of gangbare landbouw. Dit frequenter toepassen van bepaalde mechanische onkruidbestrijdende handelingen kan wellicht ook effect hebben op andere organismen die in het veld leven. In dit rapport is in opdracht van HPA (Hoofd Produktschap Akkerbouw) na een vraag van WLTO Akkerbouw NHM gekeken naar de milieubelasting van herbiciden in gangbare en geïntegreerde systemen, de energieconsumptie in alle systemen (dus ook biologisch) door middel van modelberekeningen. Dit is op zowel zand- als kleigrond gedaan. Daarnaast wordt er verslag van een literatuurstudie gedaan naar de effecten van zowel herbiciden als mechanische bewerkingen op niet-doel organismen, zoals vogels, insecten, waterorganismen, planten, zoogdieren en bodemorganismen.

2 Onkruidbestrijding in biologische landbouw, in een geïntegreerd systeem en de gangbare landbouw systemen

In Nederland hebben we te maken met verschillende grondsoorten. Door eventuele verschillen in bodemsamenstelling zowel wat betreft structuur als organische stofgehalte en bodemleven, kunnen de milieubelastingsanalyses voor herbicidengebruik en de energiebepalingen voor deze gronden verschillen. Daarom is er voor gekozen om zowel een akkerbouwbedrijf op klei als op zand in de analyse mee te nemen. Er is daarbij gekozen voor vijf gewassen die op grote schaal in Nederland geteeld worden en waarbij onkruidproblemen relatief veel voorkomen. Deze gewassen zijn aardappel, suikerbiet, peen, ui en wintertarwe. Op zandgrond is uitgegaan van een bedrijf van 52.5 ha, waarop 15 ha aardappel, 15 ha wintertarwe, 15 ha suikerbiet en 7.5 ha peen geteeld wordt. Op kleigrond is gekozen voor een bedrijf van 60 ha, waarvan 15 ha aardappel, 15 ha wintertarwe, 15 ha suikerbiet, 7.5 ha peen en 7.5 ha ui. Om goed energieconsumptie en milieubelasting te kunnen vergelijken is gekozen voor gelijke arealen van de verschillende gewassen bij de verschillende theoretische bedrijven. Met name biologische bedrijven hanteren in werkelijkheid veelal een ruimer bouwplan.

De verschillende onkruidbeheersingsstrategieën die toegepast worden op een respectievelijk gangbaar, geïntegreerd en biologisch systeem in deze gewassen worden beschreven in paragraaf 2.1 tot en met 2.3. Gegevens betreffende het aantal en type bewerkingen komen voor gangbaar en geïntegreerd uit Bruinsma *et al.* (2003) (Bruinsma, Spruijt *et al.* 2003) en voor de biologische situatie uit Bleeker *et al.* (2002) (Bleeker, Jukema *et al.* 2002). In paragraaf 2.4 staat hiervan een totaal overzicht weergegeven. Hierbij is de gangbare strategie te karakteriseren als vrij geavanceerd en milieubewust (spuiten lage en aangepaste doseringen en schoffelen). Ook de geïntegreerde strategie is te karakteriseren als geavanceerd. De beschreven biologische variant is te karakteriseren als vrij behoudend (veel handwieden en branden, nog niet geavanceerd mechanisch).

2.1 Biologisch landbouwsysteem

Gegevens betreffende het aantal en type bewerkingen komen uit Bleeker *et al.* (2002).

2.1.1 Gewassen

Consumptieaardappel

Op klei:

Bij de aardappelen wordt er verlaat aangeaard (opgefreed) en de ruggen worden eens in het jaar afgeëgd. Daarna wordt er weer aangeaard. Tevens moet er nog vijf uur met de hand gewied worden.

Op zand:

Er wordt twee maal geëgd en twee maal aanaardend geschoffeld. Daarna wordt er nog een maal geschoffeld.

Wintertarwe

Op klei:

Er wordt volvelds gezaaid en zodra het gewas geëgd kan worden, wordt er gemiddeld vijf keer geëgd. Tevens moet er nog vijf uur met de hand gewied worden.

Op zand:

Gelijk aan de methode op klei.

Uien

Op klei:

Over het algemeen wordt er voor opkomst in ui gebrand en daarna nog vier keer geschoffeld. Er zijn gemiddeld 200 uur per ha handwieden nodig.

Op zand:

Worden niet geteeld.

Suikerbiet

Op klei:

Er wordt twee keer geëgd, twee keer geschoffeld en één keer aanaardend geschoffeld. Er wordt gemiddeld 75 uur per ha met de hand in gewied.

Op zand:

Hetzelfde als op klei.

(Bos) peen

Behandeling op klei en zand is gelijk. Peen wordt voor opkomst afgebrand en daarna drie keer geschoffeld. Het aantal handwieduren bedraagt 105 uur per ha.

2.2 Gangbaar landbouwsysteem

Onder gangbaar wordt de landbouw bedoeld die representatief wordt geacht voor de toegepaste strategie op praktijkbedrijven. Gegevens betreffende het aantal en type bewerkingen komen uit Bruinsma *et al.* (2003) en Dekkers (2002).

2.2.1 Gewassen

Consumptieaardappel

Op klei:

In de praktijk worden bij de teelt van consumptieaardappelen op klei- en zavelgrond de aardappelen na het poten met de rijenfrees op definitieve hoogte gebracht. Hierna worden de ruggen gespoten met een bodemherbicide; in de meeste gevallen met 1 kg /ha metribuzin (70%).

Op zand:

Bij de teelt op zandgrond wordt vaak na het poten van de aardappelen gewacht tot de eerste aardappelen boven komen en daarna gespoten. Vlak voor het sluiten van het gewas wordt dan in een maal tot definitieve hoogte aangeaard. Hier wordt meestal eenmaal per ha gespoten met 0,75 kg metribuzin (70%). Rugopbouw vindt plaats door aanaardend schoffelen, aanaarden en eggen.

Wintertarwe

Op klei:

Er wordt drie maal in het jaar gespoten: in de herfst eenmaal met 2l. isoproturon (500) en in het voorjaar twee maal, waarvan een keer met 1,5 l. bifenox(250) mecoprop-P(380) in combinatie met 0,5l. fluroxypyr(200) en een keer met 2 l. MCPA.

Op zand:

Ook hier wordt driemaal gespoten, maar nu met 1,5 l diflufenican (20) in combinatie met ioxynil (100) en isoproturon (400), eenmaal met 0,38 l. fluroxypyr en een keer met 0.01 kg metsulfuron-methyl (20%).

Uien

Op klei:

Direct na het zaaien vindt een bespuiting met 1.5 l pendimethalin plaats. Vlak voor opkomst wordt het onkruid afgebrand met een glyfosaat(360) bespuiting (3 liter). Na opkomst wordt er nog driemaal gespoten. Namelijk eenmaal met 1l chloorprofam, 1 maal met een combinatie van 0,15 l. bentazon(480) en 0,15 l

ioxynil(200) en daarna nog 1 maal met de combinatie bentazon/ioxynil, maar nu met een kwart liter per hectare van beide stoffen.

Op zand:
Worden niet geteeld

Suikerbiet

Op klei:
Er wordt met een mix van middelen gespoten, nl. Een halve liter fenmedifam(157) in combinatie met een halve liter metamitron (70%), een halve liter ethofumesaat(200) en een halve liter minerale olie(800). Dit mengsel wordt drie maal gespoten. Daarnaast wordt er nog twee maal geschoffeld.

Op zand:
Ook hier wordt met dit mengsel gespoten, maar nu 4 maal. Bovendien zijn de verhoudingen anders: 2.5 l. fenmedifam (157), 2,5 l. metamitron (70%), 2,5 l. ethofumesaat (200) en 2,5 l. minerale olie (800). Daarnaast wordt ook 1 maal gespoten met een halve liter quizalofop-p-ethyl (50).

(Bos) peen

Op klei:
In peen wordt 3 maal gespoten met een halve liter metoxuron (80%) in combinatie met een halve liter nonfenol-polyethoxyethanal(250).

Op zand:
Voor opkomst wordt met 0,25 l clomazone (360) in combinatie met 1 l linuron (500) gespoten om de werking tegen knopkruid en kruiskruid te verbeteren. Daarnaast wordt, net als op klei, drie keer gespoten met het metoxuron- mengsel. Betreft het echter de vroege teelt dan wordt er een vliesdoek toegepast waardoor er één vooropkomst bespuiting gedaan kan worden ipv drie bespuitingen.

2.3 Geïntegreerd landbouwsysteem

De geïntegreerde bedrijfsvoering kan als volgt gekarakteriseerd worden: accent ligt in mindere mate bij opbrengstverhoging en meer bij kostenbeheersing en kwaliteitsverbetering van product en productieproces door beperking van kunstmestgebruik en vervanging van chemische bestrijdingsmethoden door kennisintensieve niet chemische methoden voor zover mogelijk. Onderdeel van de geïntegreerde bedrijfsvoering is de duurzame onkruidbestrijding. Onder duurzame onkruidbestrijding wordt verstaan: het met zo min mogelijk kosten en milieubelasting beheersen van de onkruiden zodanig dat geen economisch belangrijke schade optreedt aan de gewasgroei, opbrengst en kwaliteit in deze en volgende jaren. Er wordt gestreefd naar een vermindering van de milieubelasting door middel van een ruimere inzet van mechanische onkruidbestrijding en een aangepast gewasbeschermingsmiddelengebruik. Gegevens betreffende het aantal en type bewerkingen komen uit Bruinsma *et al.* (2003).

2.3.1 Gewassen

Consumptieaardappel

Op klei:

Ten opzichte van de gangbare strategie wordt de bespuiting met 1 kg/ha metribuzin (70%) vervangen door verlaat rijenfreen, daarna afeggen en een keer aanaarden met de Ecoridger. Deze aanaarder werkt niet met messen, maar met wrijfplaten. Hierdoor wordt schade aan wortels en stolonen beperkt. Toch wordt ervan uitgegaan dat er eens in de drie jaar een chemische correctie uitgevoerd moet worden met 0,25 kg/ha metribuzin (70%). Dit wordt met een onderbladbespuiting gedaan. In plaats van één bespuiting komen er nu twee standaard handelingen voor terug en een bespuiting eens in de drie jaar.

Op zand:

Zelfde methodiek als in het biologische systeem.

Wintertarwe

Op klei:

De herfstbespuiting die bij gangbare systemen wordt toegepast wordt vervangen door een bespuiting met een ander middel: 1x 0,2 l. clodinafop-propargyl(240) cloquintoceet-methyl(60). Bij de eerste bespuiting in het voorjaar worden dezelfde middelen ingezet als bij het gangbare systeem, alleen met lagere doseringen, te weten: 1l bifenoxy (250) mecoprop-P(308) + 0,4 l. fluroxypyr (200). De bespuiting met MCPA vindt nog maar eens in de drie jaar plaats, omdat er gemiddeld eens in de drie jaar problemen met distels voorkomen.

Op zand:

Er wordt dezelfde methode toegepast als op kleigronden.

Uien

Op klei:

Het onkruid wordt voor opkomst afgebrand met 3 liter glyfosaat (360). Vervolgens vinden er nog 2 bespuitingen plaats met een lagere dosering dan in het gangbare systeem met bentazon en ioxynil. Daarnaast wordt er nog twee maal geschoffeld met vingerwieders. Voor een succesvolle inzet van vingerwieders is een perfecte grondbewerking van belang. Een vlakke en egale ligging van de grond is noodzakelijk. Daarnaast is ook het gewasstadium van belang, vanaf een gewashoogte van 6-8 cm kunnen vingerwieders ingezet worden.

Op zand:

Worden niet op zand geteeld.

Suikerbiet

Op klei:

Net als in de gangbare teelt wordt er met de mix van de middelen fenmedifam(157), metamitron (70%), ethofumesaat(200) en minerale olie(800) gespoten. Het verschil is echter dat er hier ipv 3 bespuitingen, anderhalf keer gespoten wordt. Daarnaast wordt er nog twee maal geschoffeld met behulp van een vingerwieder en nog een keer aanaardend geschoffeld.

Op zand:

Hetzelfde mengsel wordt toegepast als op kleigrond, maar nu wordt er 2.5 maal per jaar gespoten. De andere toegepaste behandelingen zijn hetzelfde als die op kleigrond, dus twee maal schoffelen en een keer aanaardend schoffelen.

(Bos)peen

Op klei:

Er wordt gespoten met dezelfde middelen als in de gangbare landbouw, maar nu vindt er geen drie maal een bespuiting per jaar plaats, maar 1 bespuiting. Daarnaast wordt er twee maal geschoffeld en gewied met de vingerwieder.

Op zand:

Bij de onbedekte teelten wordt het aantal bespuitingen t.o.v. gangbaar teruggebracht tot 1 bespuiting. Om het onkruid te bestrijden wordt de schoffel met vingerwieders twee keer ingezet. Bij bospeen is het net als bij uien van belang dat het gewas een hoogte heeft van minimaal 6 cm. Bij de bedekte teelten (onder vliesdoek) wordt dezelfde strategie toegepast als bij het gangbare systeem.

2.4 Biologische, gangbare en geïntegreerde onkruidbestrijdingsstrategiën per gewas

Hieronder volgen twee tabellen (1 en 2) waarin de behandelingen t.b.v. de onkruidbestrijding schematisch staan weergegeven. Er is gekozen voor een akkerbouwbedrijf in een centraal gelegen kleigebied en een akkerbouwbedrijf op het zuidoostelijk zandgebied.

Tabel 1. Bewerkingen t.b.v. de onkruidbestrijding op een akkerbouwbedrijf in een centraal gelegen kleigebied. Gegevens betreffende het aantal en type bewerkingen komen voor standaard en geïntegreerd uit Bruinsma *et al.* (2003) (Bruinsma, Spruijt *et al.* 2003) en voor de biologische situatie uit Bleeker *et al.* (2002) (Bleeker, Jukema *et al.* 2002).

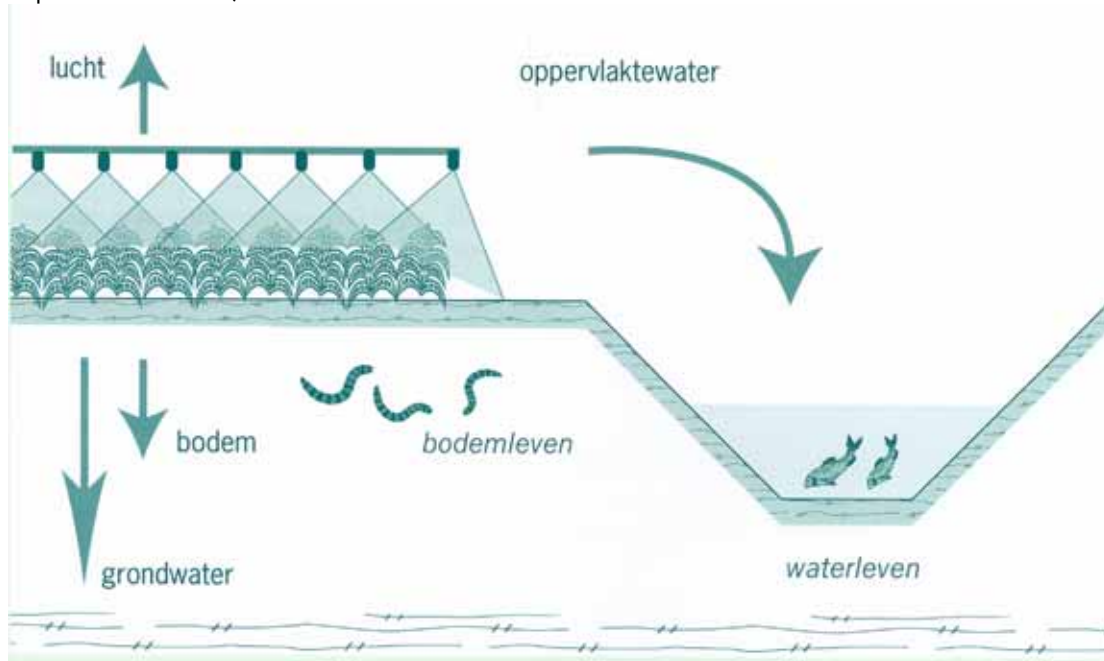
Akkerbouwbedrijf op klei Gewas	bewerkingen		
	gangbaar	geïntegreerd	Biologisch
Consumptieaardappel	1x rugopbouw (frees) 1x 1 kg metribuzin (70%)	1x rugopbouw (frees) 1x eggen 1x aanaarden (Ecoridger) 1x per 3 jaar 0,25 kg metribuzin (70%) (onderbladbespuiting)	1x rugopbouw (opgefreesd) 1x eggen 1x aanaarden
Wintertarwe	1x 2l. isoproturon (500) (herfst) 1x 1,5 l. bifenox(250) mecoprop-P(308) + 0,5 l. fluroxypry (200) (voorjaar)	1x 0,2 l. clodinafop-propargyl(240) cloquintoceet-methyl(60) (voorjaar) 1x 1l. bifenox(250) mecoprop-P(308) + 0,4 l. fluroxypry(200) + 15 gr. Metsulfuron-methyl(20%) (voorjaar)	5x eggen
Uien	1x 2l. MCPA (voorjaar) v.o.: 1x 1.5 l pendimethalin v.o.: 1x 3 l. glyfosaat(360)	1x per 3 jaar 2l. MCPA (voorjaar) v.o.: 1x 3 l. glyfosaat(360) n.o.: 2x 0,15 l. bentazon(480)+ 0,15l. ioxynil(200) 2x schoffelen + vingerwieden	v.o.: afbranden 4x schoffelen
Suikerbiet	n.o.: 1x 1l. chloorprofam 1x 0,15 l. bentazon(480) + 0,15 l. ioxynil(200) 1x 0,25 l. bentazon(480) + 0,25 l. ioxynil(200) 3x 0,5 l. fenmedifam(157) + 0,5 l. metamitron (70%) + 0,5 l. ethofumesaat(200)+ 0,5 l. minerale olie(800)) 2x schoffelen	1,5x 0,5 l. fenmedifam(157) + 0,5 l. metamitron(70%)+ 0,5l. ethofumesaat(200) + 0,5l. minerale olie(800) 2x schoffelen+ vingerwieder 1x schoffelen+ aanaarden	2x eggen 2x schoffelen 1x aanaardend schoffelen
Peen	3x 0,5 l. metoxuron (80%) + 0,5l. nonfenol-polyethoxyethanal(250)	1x 0,5 l. metoxuron (80%) + 0,5l. nonfenol-polyethoxyethanal(250) 2x schoffelen + vingerwieden	v.o.: afbranden 3x schoffelen

Tabel 2. Bewerkingen t.b.v. de onkruidbestrijding op een akkerbouwbedrijf in een zuidoostelijk zandgebied. Gegevens betreffende het aantal en type bewerkingen komen voor standaard uit Dekkers *et al.* (2002) (Dekkers 2002), Bruinsma *et al.* (2003) en geïntegreerd uit Bruinsma *et al.* (2003) en persoonlijke communicatie Rommie van der Weide en voor de biologische situatie uit Bleeker *et al.* (2002) (Bleeker, Jukema et al. 2002) en persoonlijke communicatie Rommie van der Weide.

Akkerbouwbedrijf op zand	bewerkingen		
	gangbaar	Geïntegreerd	Biologisch
Gewas			
Consumptieaardappel	1x 0.75 kg metribuzin (70%) 1x eggen 1x aanaardend schoffelen 1x aanaarden	2x eggen 2x aanaardend schoffelen 1x aanaarden	2x eggen 2x aanaardend schoffelen 1x aanaarden
Wintertarwe	1x 1.5l diflufenican(20), ioxynil(100), isoproturon(400) 1x 0.38l. fluroxypyr(180) 1x 0,01 kg metsulfuron- methyl (20%)	1x 0,2 l. clodinafop-propargyl(240) cloquintoceet-mexyl(60) (voorjaar) 1x 1l. bifenox(250) mecopp- P(308) + 0,4 l. fluroxypyr(200) + 15 gr. Metsulfuron-methyl(20%) (voorjaar) 1x per 3 jaar 2l. MCPA (voorjaar)	5x eggen
Uien- worden niet geteeld			
Suikerbiet	1x 0.5l quizalofop-p- ethyl(50) 4x 2.5l fenmedifam(157)+ 2.5kg metamitron(70%)+ 2.5l ethofumesaat(200)+ 2.5l minerale olie(800)	2,5x 0,5 l. fenmedifam(157) + 0,5 l. metamitron(70%)+ 0,5l. ethofumesaat(200) + 0,5l. minerale olie(800) 1x schoffelen+ vingerwieder 1x schoffelen+ aanaarden	2x eggen 2x schoffelen 1x aanaardend schoffelen
Bospeen	1x 0.25 l. clomazone (360) + 1 l linuron (500) 3x 0,5 l metoxuron(80%)+ 0,5 l. nonylfenol-polyetanal (250)	1x 0.25 l. clomazone (360) + 1 l linuron (500) 1x 0,5 l metoxuron(80%)+ 0,5 l. nonylfenol-polyetanal (250) 2x schoffelen+ vingerwieden	Afbranden voor opkomst 3x schoffelen

3 Achtergrondinformatie bij de bepaling van de milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen

Halverwege de jaren tachtig is men het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen gaan berekenen 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 immers sterk verschillen. Sinds het begin van de jaren negentig verschuift de aandacht meer van actieve stof naar milieubelasting. Vermindering van de milieubelasting is van zowel overheid als ondernemer ook het uiteindelijke doel en niet zo zeer de vermindering van de hoeveelheid middel. Bij de bepaling van de milieubelasting moet onderscheid gemaakt worden tussen emissie naar bodem, water en lucht enerzijds en de daar optredende schade aan levende organismen anderzijds. Beide effecten kunnen berekend worden met moderne instrumenten zoals de Blootstellings Risico Index (BRI, emissie, bodem, water 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 milieucompartmenten te verminderen kan vervolgschade voorkomen worden (Wijnands, Van Asperen et al. 2003).



Figuur 1. Schematische weergave van de emissieroutes en milieuschade van gewasbeschermingsmiddelen (uit: Wijnands et al., 2003).

Er zijn vier emissie routes 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 (zie ook figuur 1).

Via de emissieroute lucht kunnen gewasbeschermingsmiddelen overal terecht komen. In de lucht wordt een groot deel van de actieve stoffen afgebroken door voornamelijk fotolyse o.i.v zonlicht. Tussen de actieve stoffen onderling zijn grote verschillen in afbraaksnelheid en gedrag in de lucht. Een deel van deze stoffen stijgt tot hogere delen van de atmosfeer, waar ze over grote afstanden getransporteerd worden en vervolgens op grote afstanden weer neerslaan (Simonich and Hites 1995). Andere middelen slaan relatief dicht bij de plaats van toepassing neer. Over het gedrag van stoffen in de lucht is relatief weinig bekend. Ongeveer tweederde van de oppervlakte waterbelasting wordt door deze diffuse atmosferische depositie

naar schatting veroorzaakt (Woittiez, Horeman et al. 1996).

Vanuit de overheid zijn drie emissiedoelstellingen geformuleerd, voortkomend uit het MeerJarenPlan-Gewasbescherming en EU-verordeningen. Voor de emissie naar de lucht en oppervlaktewater geldt dat er 90% reductie moest zijn in 2000 tov de referentieperiode 1984-1988. De EU heeft de norm voor de maximale concentratie stoffen in het grondwater van 0,5 ppb op bedrijfsniveau, voor alle actieve stoffen samen, en 0,1 ppb per actieve stof toepassing vastgesteld.

Door PPO-AGV in Lelystad is een berekeningswijze ontwikkeld die de emissie via de verschillende routes uitrekend, uitgaand van een maximaal risico: Blootstellingen Risico Index (Wijnands, Van Asperen et al. 2003).

3.1 BRI- lucht

De emissie naar de lucht is grotendeels het gevolg van vervluchtiging van actieve stoffen ná een bespuiting. De grootste emissie treedt meestal op binnen een paar dagen na bespuiting. Door de dampspanning van een actieve stof te gebruiken kan berekend worden welke percentage van de gespoten hoeveelheid zal verdampen. Daartoe zijn verschillende klassen van dampspanning vertaald in een emissiefactor (tabel 3). De emissiefactor geeft weer welke fractie zal verdampen. De emissie naar de lucht wordt dan als volgt berekend:

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

Tabel 3. 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

De streefwaarde is op bedrijfsniveau afgeleid van de MJG-G doelstelling van 90% reductie tov 1984-1988. Op teelt- en bedrijfsniveau komt dit neer op 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. De dampspanning voor vrijwel alle actieve stoffen wordt gemeten onder gestandaardiseerde omstandigheden. Ze worden gepubliceerd in de toelatingsbeschikkingen van het CTB (College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen, The Pesticide Manual van the British Crop Protection Council (BCPC) en de laatste tijd op steeds meer internationale internetsites.

3.2 BRI- grondwater

Het verspoten middel zal rechtstreeks of door afspoeling van het gewas in de bodem terechtkomen. 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 met behulp van deze aspecten berekend.

Er wordt bij de berekening rekening gehouden met de tijd van toepassing en het organische stof gehalte van de bodem. Er wordt gewerkt met twee tijdstippen waarop toepassing plaatsvindt: in de periode van 1 maart tot 1 september (weinig regen; laag neerslagoverschot) en van 1 september tot 1 maart (relatief meer regen; hoog neerslagoverschot). Het organische stof gehalte van de bodem wordt omgezet in een organische stof klasse, voordat er gerekend wordt (Tabel 4). Dit gehalte is van belang voor de snelheid waarmee de actieve stof uitspoelt. Hoe meer organische stof zich in de bodem bevindt, hoe sterker de adsorptie en hoe langzamer de actieve stof uitspoelt. Bij 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 van het CTB worden door hen omgezet naar MBP waarbij 100 MBP-punten overeenkomen met 0,1 ppb, hetgeen volgens de EU normering de toegelaten hoeveelheid per actieve stof toepassing is. PPO rekent deze relatieve MBP- waarden weer terug naar hoeveelheden uitgedrukt in ppb (door de punten door 1000 te delen). Vervolgens koppelt PPO hier het werkelijke actieve stof gebruik aan en wordt de BRI-grondwater als volgt berekend:

*BRI- grondwater (ppb) = verbruik actieve stof (kg/ha) * BRI- waarde risico van uitspoeling (ppb).*

Tabel 4. Organische stof klassen.

Organische stof gehalte (%)	Organische stof klasse
< 1.5	1
1.5 - 3	2
3 - 6	3
6 - 12	4
> 12	5

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

3.3 BRI- Bodem

De periode waarin een actieve stof in de bodem aanwezig is, hangt af van de persistentie van de bodem en de mate van uitspoeling. De persistentie van de stof ("afbraakresistentie") wordt bepaald door zijn halfwaardetijd (DT_{50}). De DT_{50} wordt in proeven, zowel in het veld als in het laboratorium, voor de toelating van de actieve stof bepaald en is gekoppeld aan microbiële activiteit. PPO gebruikt voor de berekening van de bodembelasting alleen de DT_{50} . Met de hoeveelheid gebruikte actieve stof en de halfwaardetijd kan op ieder moment in de tijd na toepassing van het middel de resthoeveelheid bepaald worden. Met behulp van de oppervlakte onder de asymptotische afbraakcurve (die tot nul nadert) kan een goede benadering van de "cumulatieve" belasting (cumulatief in de tijd) van de bodem gedaan worden. Met deze methode wordt het maximale risico berekend, omdat verlies door uitspoeling genegeerd wordt. Deze BRI wordt dan als volgt berekend:

*BRI-bodem (kg dagen/ha) = verbruikte actieve stof (kg/ha) * DT_{50} (dagen)/LN 2).*

De streefwaarde voor deze BRI 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 bedraagt 50 kg dagen /ha.

De DT_{50} wordt door het CTB gepubliceerd in de toelatingsbeschikkingen, The Pesticide Manual van the British Crop Protection Council (BCPC), Het Handboek Bestrijdingsmiddelen van de Universiteit van Amsterdam (UVA) en op internationale internetsites.

3.4 MBP-waterleven

Door het CLM is een methode ontwikkeld om het schaderisico te berekenen voor organismen in het oppervlakte van de belendende watergangen (sloten) en voor organismen in de bodem, de MilieuBelastingsPunten. De CLM-methode bevat ook de maatstaf voor MBP-grondwater, maar deze is in feite een indicatie voor de emissie en niet de schade. Daarom is deze door PPO vertaald naar de maatstaf BRI- grondwater (zie paragraaf 3. 2).

Om de MBP- waterleven te bepalen, wordt eerst bepaald wat de concentratie van een actieve stof in het water is. Deze concentratie wordt dan vergeleken met de concentraties waarbij schade aan waterorganismen optreedt. Deze schadelijke concentraties zijn afhankelijk van de toxiciteit van de actieve

stof (c.q. gevoeligheid van de waterorganismen) en de watertemperatuur.

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. De druppeldrift op zijn beurt wordt weer bepaald door de dosering, de spuittechniek, de afstand tot de sloot, de windsnelheid en de windrichting.

Omdat de berekening van de te verwachten concentratie complex en per geval verschillend is, wordt uitgegaan van een vereenvoudigde en gestandaardiseerde berekening. Aannames die dan gedaan worden zijn:

- dat het driftpercentage een maat is voor de hoeveelheid actieve stof die in de sloot terechtkomt. Het driftpercentage is m.b.v metingen en modelberekeningen vastgesteld. Per situatie moeten de afstand tot de sloot en de spuittechniek aangegeven worden als parameters. Aangenomen wordt hierbij dat de wind op de sloot is gericht en dat de windsnelheid 3 m/s is. De in dit rapport gebruikte driftpercentages bij verschillende afstanden tot de sloot (teeltvrije zones) en spuittechniek staan vermeld in tabel 5.
- dat er sprake is van een momentopname en stroming daarom geen rol speelt
- dat er geen aanvoer is van actieve stof door uit- en afspoeling. De verdeling van de actieve stof die door drift in het water terechtkomt is uniform en gelijk in het slootwater.
- dat er sprake is van een standaardsloot. De taluds aan beide zijden zijn 1,5 m breed en 1 m hoog, het wateroppervlak is 1 m breed.

Tabel 5. Driftpercentage (%) bij de voor dit gebruikte spuittechniek (Volveldsspuit + kantdoppen) bij de verschillende afstanden tot de sloot.

Afstand tot de sloot (cm)	Driftpercentage (%)
≤ 75	4.50
100	3.92
125	3.33
150	2.75
175	2.16
200	1.99
225	1.82
250	1.65
275	1.49
300	1.23
325	0.97
350	0.71
≥ 375	0.45

De resulterende concentratie van de actieve stof in de standaardsloot wordt getoetst aan de Lethal Concentration (LC₅₀, 50 % van de proefdieren sterft) van diverse waterorganismen. Het gaat hierbij om drie groepen organismen: vissen, kreeftachtigen en algen.

Voor de bepaling van de MBP-waarde wordt steeds per actieve stof de LC₅₀ van het meest gevoelige organisme genomen. De MBP-waarden zijn representatief voor 1 kg actieve stof en 1 % drift. De MBP-waarden geven dus de lethale concentratie van 1 kg actieve stof bij 1 % drift weer.

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

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.

3.5 MBP-bodemleven

Om tot een MBP-bodemleven te komen worden twee bepalingen uitgevoerd. Bij de eerste wordt het risico voor regenwormen direct na bespuiting berekend door de concentratie van de actieve stof in de bovenste 2,5 cm van de grond te vergelijken met de acute giftigheid (LC50) voor regenwormen.

Bij de tweede wordt het risico op langere termijn voor bodemorganismen berekend door de concentratie in de bovenste 20 cm na twee jaar te vergelijken met de NOEC (No Observed Effect Concentration). Hierbij wordt tevens rekening gehouden met de organische stof percentages van de bodem. De NOEC is de maximale concentratie van een actieve stof in de bodem die geen negatieve effecten oplevert voor bodemorganismen.

Naar aanleiding van de uitkomst van deze berekening wordt degene met het hoogste risico gestandaardiseerd naar een puntenaantal en vormt deze de MBP-waarde van de actieve stof.

Deze benaderingswijze heeft als nadeel dat er een gebrek aan basisgegevens is: de LC₅₀ voor regenwormen en de NOEC voor bodemorganismen is maar voor enkele actieve stoffen bekend. Als vervanging wordt gekozen voor de LC₅₀ van waterorganismen met een veiligheidsmarge van een factor 10. Evenals bij de MBP-waterleven wordt de LC₅₀ van het gevoeligste organisme gekozen. Om voor de NOEC aan een toetsconcentratie te komen, wordt de na 2 jaar nog aanwezige hoeveelheid actieve stof in de bodem (na 2 jaar afbraak met de standaard DT₅₀) opgelost in het bodemvocht (de hoeveelheid vocht in een bouwvoor van 20 cm van een standaard grond bij veldverzadiging).

Door al deze aannames is deze maatstaf minder betrouwbaar dan de andere.

*MBP-bodemleven = verbruik actieve stof (kg/ha) * MBP-waarde bodemleven*

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

3.6 Samenvatting van maatstaven en streefwaarden voor milieubelasting en prioriteitsvolgorde

De bepaling van de belangrijkste van al deze maatstaven is noodzakelijk omdat er meerdere maatstaven tegelijk worden gehanteerd. De preventie van emissie is het belangrijkste omdat slechts ten dele bekend is wat daarvan de ecologische gevolgen zijn (lucht) hetzij van vanwege de EU-normering (grondwater). De prioriteitsvolgorde en streefwaarden en maatstaven staan in tabel 6 vermeld.

Tabel 6. Maatstaven en streefwaarden voor milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen in prioriteitsvolgorde.

Maatstaf	eenheid	Streefwaarde	
		Per toepassing	Op bedrijfsniveau
1. BRI-lucht	Kg actieve stof/ha	0,2*	0,7
2. MBP-waterleven	MBP-punten	≤ 10	
	%		0% toepassingen > 10
3. BRI-grondwater	Ppb	0,1	0,5
4. BRI-bodem	Kg dagen/ ha	50*	200
5. MBP-bodemleven	MBP-punten	≤ 100	
	%		0% toepassingen > 100

* richtlijn, geen streefwaarde

4 Effecten op het milieu van onkruidbestrijding in een biologisch landbouwsysteem

4.1 Energieverbruik

Om het energieverbruik van onkruidbeheersingsmaatregelen te bepalen, is gebruik gemaakt van tabel 1 uit paragraaf 2.4 en informatie uit (Sukkel and Garcia Diaz 2002) en (Mombarg, Sukkel et al. 2003). Om het verschil in energieverbruik tussen de drie systemen duidelijk te maken, is het totale energieverbruik bepaald op een bedrijf op kleigrond (60 ha) en een bedrijf op zand (52.5 ha). Het totale energieverbruik is de hoeveelheid energie die nodig is om een bepaalde onkruidbeheersingsmethode toe te passen. Het totale energieverbruik wordt op zijn beurt weer bepaald door het directe energieverbruik en het indirecte energieverbruik door machines en de duur van de activiteit:

$$\text{Energiegebruik}_{\text{totaal}} = \text{duur van activiteit} * (\text{Energiegebruik}_{\text{direct}} \text{ per activiteit per uur} + \text{Energiegebruik}_{\text{indirect}} \text{ per activiteit per uur}).$$

Hierbij wordt de duur van de activiteit per ha bepaald door de werkbreedte, de voorwaartse snelheid van de trekker en de tijd die nodig is voor draaien en keren en tanken. De werkbreedte is gestandaardiseerd voor een bepaalde activiteit. Voor eggen is deze gesteld op 6 m, voor vingerwieden en (aanaardend) schoffelen op 3 m, voor branden op 3 m, voor het spuiten van herbiciden op 24 m. De voorwaartse snelheid wordt bepaald door het type activiteit en is in de Energydatabase van Praktijkonderzoek Plant en Omgeving gestandaardiseerd op basis van data van PAV ervaring en de mening van experts. Deze database is gebaseerd op informatie vermeld in (Mombarg, Sukkel et al. 2003) en (Sukkel and Garcia Diaz 2002). Het indirecte energieverbruik wordt bepaald door het gewicht van de machine en de hoeveelheid energie die nodig is voor onderhoud, productie en transport van de trekker, de levensduur van het apparaat en de frequentie waarmee het gebruikt wordt:

$$\text{Energiegebruik}_{\text{indirect}} \text{ per activiteit per uur} = (\text{gewicht} * \text{energie/kg}) / (\text{levensduur} * \text{gebruiksfrequentie}).$$

Het directe energieverbruik wordt berekend aan de hand van het vermogen benodigd om de gewenste onkruidbestrijdingsmethode uit te voeren met de specifieke werkbreedte bij gemiddelde omstandigheden, de belasting van de trekker tijdens de werkzaamheden en het brandstofgebruik per uur:

$$\text{Energiegebruik}_{\text{direct}} \text{ per activiteit per uur} = \text{brandstofgebruik per uur} * \text{energie-inhoud diesel}$$

Brandstofgebruik = benodigde vermogen * brandstofgebruik volledig vermogen * (gecorrigeerde belasting trekker/100).

$$\text{Gecorrigeerde belasting trekker} = \text{belasting} - (\text{belasting} * \text{correctiefactor}/100).$$

Waarbij het brandstofvermogen op vol vermogen is bepaald op 0,240 kg per kW en de correctiefactor op 0-30 % afhankelijk van het type bewerking.

Uitgangspunt bij deze energiebepalingen is de aanname dat er op elk bedrijf vrije keuze is uit de trekkers en machinerie die in theorie gebruikt kunnen worden voor een bepaalde handeling, ook al zijn in de praktijk vaak niet al deze trekkers aanwezig.

De verbruikte energie per handeling voor onkruidbeheersing in de biologische landbouw staat per gewas en grondsoort weergegeven in tabel 7.

In de biologische teelt wordt zowel op klei- als op zandgrond veel energie verbruikt in de onkruidbestrijding in peen (8069,5 MJ/ha). Ook in de uien wordt er veel verbruikt (8382,5 MJ/ha). Deze grote energiebehoefte wordt voornamelijk veroorzaakt door het branden van het perceel voor opkomst van het gewas om de onkruiden die dan reeds in het veld staan af te doden en zo concurrentie voor het gewas te verminderen.

Tabel 7. Het totale energieverbruik per activiteit per uur per gewas en voor het hele bedrijf voor een biologisch systeem op klei en zandgrond (MJ/ha).

Energieverbruik (MJ/ha)		Gewas				
Bodem	Behandeling	Aardappel	Wintertarwe	Uien	Suikerbiet	Peen
Klei	verlaat aanaarden	941	0	0	0	0
	Eggen	184	920	0	368	0
	Schoffelen, aanaardend	0	0	0	313	0
	Aanaarden	627	0	0	0	0
	Schoffelen	0	0	1252	626	939
	Branden v.o.	0	0	7130.5	0	7130.5
	Totaal per gewas	1752	920	8382.5	1307	8069.5
Totaal voor hele bedrijf		3051.25				
Zand	Eggen	368	920		368	0
	Schoffelen, aanaardend	626	0		313	0
	Aanaarden	627	0		0	0
	Schoffelen	0	0		626	939
	Branden v.o.	0	0		0	7130.5
	Totaal per gewas	1621	920	nvt	1307	8069.5
	Totaal voor hele bedrijf		2252.21			

4.2 Neveneffecten op niet-doelorganismen van mechanische onkruidbestrijding

Naast herbiciden (zie paragraaf 5.5.2) hebben ook het aantal en het tijdstip van grondbewerkingen zoals ploegen invloed op de populaties van invertebraten en daarmee ook, indirect, op vogels. De informatie die hierover beschikbaar is, is echter zeer beperkt en vaak zijn de effecten van bepaalde bewerkingen niet geheel duidelijk. Verwijzingen naar de effecten van ploegen laten niettemin zien dat deze bewerking een nadelig effect heeft op de populaties van kevers (Coleoptera), mieren (Hymenoptera), regenwormen (Lumbricidae) en slakken (Mollusca). Dit gebeurt enerzijds door de vernietiging van schuilplaatsen en vangplekken en anderzijds door vernietiging van de fauna zelf die plaats vindt tijdens mechanische onkruidbestrijding. Vlinders (Lepidoptera) ondervinden vooral grote hinder van het frequent maaien van grasland (Wilson, Morris et al. 1999). De populatieontwikkeling van deze oppervlaktefauna beïnvloedt op zijn beurt de voedselvoorziening van predatoren als muizen. Effecten op de totale fauna zijn dus zowel direct, als ook indirect door effecten van ploegen en maaien op de samenstelling van de onkruidpopulaties (Oostenburg 2000).

In een studie van Heydel *et al.* (1999) werd het effect van mechanische onkruidbestrijding op de samenstelling van de onkruidpopulatie bekeken. Bepaalde soorten kwamen na drie maal per jaar schoffelen gedurende 3 jaar meer voor, andere soorten zoals *Chenopodium album*, *Fumaria officinalis* en *Matricaria recutita* waren in aantal sterk toegenomen. Van deze soorten is het bekend dat *Chenopodium album* niet alleen een belangrijke voedselbron voor vogels is (de zaden worden gegeten), maar ook voor veel insecten (Marshall, Brown et al. 2003). De *Stellaria media* populatie, ook een belangrijke voedselbron voor vogels en insecten (71 insectensoorten leven op dit onkruid), werd niet door de mechanische bewerkingen beïnvloed. *Poa annua* nam daarentegen in sterk in aantal af, hetgeen nadelige effecten voor Lepidoptera (vlinders), spinnen en vogels kan hebben. Meer dan 50 soorten insecten leven op deze grassoort (tabel 8).

Tabel 8. Verandering van onkruiddruk na 3 jaar mechanische behandeling (schoffelen) en het belang voor vogels van deze soorten en het aantal soorten insecten dat met deze onkruiden geassocieerd wordt (Heydel, Benoit et al. 1999; Marshall, Brown et al. 2003). Enkele; +, gemiddeld aanwezig; ++, grote aantallen;+++ 0; onbekend, 1; wordt niet gegeten, 2; onbelangrijk, 3; belangrijk, 4; zeer belangrijk.

Onkruidsoort	1e jaar	Laatste jaar	Aantal insectensoorten	Aantal plaaginsecten	Belang voor vogels
<i>Alopecurus myosuroides</i>	++	++	6	2	0
<i>Anagallis arvensis</i>	++	++	3	0	0
<i>Capsella bursa pastoris</i>	++	+	13	3	2
<i>Chenopodium album</i>	+	+++	31	3	4
<i>Fumaria officinalis</i>	+	+++	3	0	2
<i>Lamium purpureum</i>	+	++	3	1	1
<i>Matricaria recutita</i>	++	++	1	1	1
<i>Poa annua</i>	+++	+	53	4	3
<i>Stellaria media</i>	+	+	71	3	4
<i>Veronica persica</i>	++	++	1	0	0

Door Ahmed *et al.* (1987) is gekeken naar de effecten van onkruidbestrijding in aardappel op de aanwezigheid van insecten. Daarbij bleek dat de groene bladluise, *Myzus persicae*, vaker voorkwam in plotjes waar niet in was gewied (met de hand) dan in plotjes waar dat wel was gedaan. Daarnaast werden er ook meer predatoren, *Coccinella undecimpunctata*, *Scymnus* sp. and *Chrysopa carnea*, gevonden in de hand gewiede plotjes. Er was geen verschil tussen de met de hand onkruid vrij gehouden percelen en de met de herbiciden metribuzin en trifluralin behandelde percelen in phytophagen en predatoren. De populatieafnames van de insecten werd dus niet veroorzaakt door een direct toxisch of mechanisch effect, maar door een indirect effect: de afwezigheid van de voedselplant, dan wel de prooi die op het onkruid leeft (Ahmed, Ali et al. 1987).

Naast indirecte effecten op vogels als gevolg van voedselveranderingen, zijn er ook directe effecten op vogels beschreven. Uit een studie naar mechanische onkruidbestrijding in maïs en weidevogels bleek dat 35-50% van de Kievitten en 100% van de Scholeksters in Nederland met mechanische onkruidbeheersing te maken krijgt. Met name de wiedeg blijkt veel schade aan legsels toe te brengen indien de nesten niet beschermd worden. Waarschijnlijk zijn de vogels na vernietiging van hun legsels niet in staat een vervolglegsel te produceren en worden populaties nadelig beïnvloed (Oostenburg 2000). Daarnaast is er een soortenverschuiving te verwachten in de soortensamenstelling van de broedvogels. Het aantal soorten in Nederland bedraagt momenteel 236. Vergeleken met 25 jaar geleden zijn bepaalde soorten die in landbouwgebieden voorkomen toegenomen en andere afgenomen. Van de 16 soorten die de afgelopen 25 jaar het meest in aantal zijn toegenomen, zijn er 5 afhankelijk van de landbouw van de 18 soorten die sterk in aantal zijn afgenomen komen er 7 voornamelijk voor in landbouwgebied. Deze achteruitgang van bepaalde soorten wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt door de gevolgen van zowel directe als indirecte intensievere mechanische onkruidbestrijding (Van der Weijden 2003).

5 Gevolgen van de alternatieven op het milieu: gangbare & geïntegreerde landbouwsystemen

5.1 Energieverbruik van onkruidbestrijding in gangbare landbouw

De bepalingen van het energieverbruik in de gangbare teelt is op dezelfde wijze bepaald als voor de biologische, beschreven in paragraaf 4.1.

Het energieverbruik op een gangbaar bedrijf ligt op zowel klei- als zandgrond een stuk lager als op een biologisch bedrijf. In de gangbare landbouw vindt dus een energiereductie op bedrijfsniveau in de onkruidbestrijding plaats van rond de 20-40% ten opzichte van biologische landbouw. Deze reductie ligt echter wel voor elk gewas anders. Terwijl de meeste energie t.b.v. de onkruidbestrijding in een biologische systeem in ui en peen wordt gebruikt, wordt in een gangbare systeem relatief veel energie gebruikt in de uien en suikerbiet (tabel 9). Voor elk gewas in de gangbare landbouw, met uitzondering van suikerbiet, is het energieverbruik lager dan voor hetzelfde gewas in de biologische landbouw.

Tabel 9. Het totale energieverbruik per activiteit per uur per gewas voor een gangbaar systeem op klei en zandgrond (MJ/ha). Voor de berekening van herbiciden spuiten zijn ook de energiewaarden van de herbiciden zelf meegenomen.

Energieverbruik (MJ/ha)		Gewas				
bodem	Behandeling	Aardappel	Wintertarwe	Uien	Suikerbiet	Peen
Klei	rugopbouw	941	0	0	0	0
	Herbiciden spuiten	374.5	1926	2113.25	2033	1123.5
	Eggen	0	0	0	0	0
	Schoffelen, aanaardend	0	0	0	626	0
	Aanaarden	0	0	0	0	0
	Schoffelen	0	0	0	0	0
	Branden v.o.	0	0	0	0	0
	Totaal per gewas	1315.5	1926	2113.25	2659	1123.5
	Totaal voor hele bedrijf	1831.45				
zand	Herbiciden spuiten	307.63	826.58		3343.75	1564.88
	Eggen	184	0		0	0
	Schoffelen, aanaardend	313	0		313	0
	Aanaarden	313	0		0	0
	Schoffelen + vingerwieder	0	0		0	0
	Schoffelen	0	0		0	0
	Branden v.o.	0	0		0	0
	Totaal per gewas	1117.63	826.58	Nvt	3656.75	1564.88
	Totaal voor hele bedrijf	1791.46				

5.2 Vervluchtiging, uitspoeling etc. van chemische producten (MBP, BRI) in een gangbaar systeem

5.2.1 Zand, gangbaar

We zijn uitgegaan van de onkruidbestrijdingsmethoden zoals weergegeven in tabel 2, paragraaf 2.4. Er is uitgegaan van een bedrijf van 52.5 ha zoals beschreven in hoofdstuk 2. Vervolgens zijn de BRI- en MBP-waarden op bedrijfs- en gewasniveau bepaald, deze staan in tabel 10 weergegeven.

Tabel 10. BRI- en MBP- waarden voor een gangbare onkruidbestrijding op een zandgrond, op bedrijfs- en gewasniveau.

	BRI-lucht (Kg actieve stof/ha)	BRI-bodem (kg dagen/ ha)	BRI- grondwater (ppm)	MBP- waterleven (% toepassingen >10)	MBP-bodemleven (% toepassingen >100)
Streefwaarde	0.7	200	0.5	0% toepassingen >10	0% toepassingen > 100
Totale bedrijf	0.30	193	0.25	54	0
Aardappel	0.03	68	0.26	100	0
suikerbiet	0.23	412	0.49	47	0
Peen	1.42	157	0.00	50	0
wintertarwe	0.08	117	0.12	20	0

Met een BRI-lucht waarde van 0.30 kg actieve stof per ha, een BRI- grondwater van 0.25 ppm en een BRI-bodem van 193 kg*dagen/ha, worden op een gangbaar bedrijf op zandgrond de streefwaarden van respectievelijk 0,70 kg actieve stof per ha, 0,5 ppm en 200 kg*dagen/ha niet overschreden. Zie ook bijlage 1 voor de grafische weergave van de BRI en MBP-waarden op een gangbaar bedrijf op zandgrond. Met deze spuitmethoden blijft de milieubelasting via verspreiding door de lucht dus binnen de algemeen geaccepteerde grenzen.

De streefwaarde voor de MBP-waterleven wordt in 54% van de gevallen overschreden. Dat wil zeggen dat in 54% van de gevallen dat er een bespuiting plaatsvindt op het bedrijf, de streefwaarde van 10 punten overschreden wordt. Deze 10 punten geven de concentratie weer die gelijk is aan 1/10de van de concentratie waarbij 50% van het meest gevoelige waterorganisme niet overleeft. Dit betekent dus dat op een zandbedrijf het waterleven zwaar belast wordt in een gangbaar systeem. Deze belasting wordt voornamelijk veroorzaakt door de bespuitingen met metribuzin in aardappel (Bijlage 1).

De streefwaarde van 100 punten voor de MBP-bodemleven wordt in geen van de gevallen overschreden (Bijlage 1).

5.2.2 Klei, gangbaar

We zijn uitgegaan van de onkruidbestrijdingsmethoden zoals weergegeven in tabel 1, paragraaf 2.4. Er is gekozen voor een organisch stofklasse 2 (zie tabel 4) en er is uitgegaan van een bedrijf van 60 ha zoals beschreven in hoofdstuk 2. Vervolgens zijn de BRI- en MBP- waarden op bedrijfs- en gewasniveau bepaald, deze staan in tabel 11 weergegeven.

Tabel 11. BRI- en MBP- waarden voor een gangbare onkruidbestrijding op een kleigrond, op bedrijfs- en gewasniveau.

	BRI-lucht (Kg actieve stof/ha)	BRI-bodem (kg dagen/ ha)	BRI- grondwater (ppm)	MBP- waterleven (% toepassingen >10)	MBP-bodemleven (% toepassingen >100)
Streefwaarde	0.7	200	0.5	0% toepassingen >10	0% toepassingen > 100
Totale bedrijf	0.29	91	3.21	51	0
Aardappel	0.04	91	3.50	100	0
Suikerbiet	0.06	103	2.16	25	0
Zaaiui	0.62	179	0.01	29	0
Peen	1.20	28	0.00	50	0
Wintertarwe	0.14	66	7.17	50	0

Ook op een gangbaar bedrijf op kleigrond wordt de streefwaarde voor de BRI-lucht met 0.29 kg actieve stof/ha niet overschreden (tabel 11). De verspreiding van de gebruikte middelen door de lucht blijft dus binnen de grenzen. Zie ook bijlage 2 voor de grafische weergave van de BRI en MBP-waarden op een gangbaar bedrijf op kleigrond. De BRI-grondwater blijft met 3.21ppm niet binnen de norm van 0.5 ppm. Dit betekent dat de emissie naar het grondwater de milieunorm overschrijdt met een factor 6. Dit wordt voor het grootste deel veroorzaakt door bespuitingen met isoproturon in wintertarwe (aandeel in BRI is 54%) en metribuzin in aardappel (aandeel in BRI is 27%). De BRI-bodem overschrijdt de norm niet, net als het MBP-bodemleven. Het MBP-waterleven echter geeft in de helft van de toepassingen een overschreiding.

5.3 Energieverbruik van onkruidbestrijding in geïntegreerde landbouw

De bepalingen van het energieverbruik in de geïntegreerde teelten is op dezelfde wijze bepaald als voor de biologische zoals beschreven in paragraaf 4.1.

Het energieverbruik op een geïntegreerd bedrijf ligt op zowel klei- als zandgrond een stuk lager als op een biologisch bedrijf. In de geïntegreerde landbouw vindt dus een energiereductie op bedrijfsniveau in de onkruidbestrijding plaats rond de 40 %, voor respectievelijk klei- en zandgrond, ten opzichte van biologische landbouw. Deze reductie ligt echter wel voor elk gewas anders. Terwijl de meeste energie t.b.v. de onkruidbestrijding in een biologische systeem in ui en peen wordt gebruikt, wordt in een geïntegreerd systeem relatief veel energie in uien en suikerbiet verbruikt (tabel 12). Voor de meeste gewassen (niet voor suikerbiet en wintertarwe) is het energieverbruik in het geïntegreerde systeem lager dan voor hetzelfde gewas in de biologische landbouw.

Tabel 12. Het totale energieverbruik per activiteit per uur per gewas voor een geïntegreerd systeem op klei en zandgrond. Voor de berekening van herbiciden spuiten zijn ook de energiewaarden van de herbiciden zelf meegenomen.

Energieverbruik (MJ/ha)		Gewas				
Bodem	Behandeling	Aardappel	Wintertarwe	Uien	Suikerbiet	Peen
Klei	rugopbouw	941	0	0	0	0
	Herbiciden spuiten	96.98	896.12	1243.88	963	374.5
	Eggen	184	0	0	0	0
	Schoffelen, aanaardend	0	0	0	313	0
	Aanaarden	313	0	0	0	0
	Schoffelen	0	0	0	0	0
	Branden v.o.	0	0	0	0	0
	Schoffelen+vingerwieden	0	0	926	926	926
	Totaal per gewas	1536.98	896.12	2169.88	2202	1300.5
	Totaal voor hele bedrijf	1621.10				
zand	Herbiciden spuiten	0	896.12		1498	815.88
	Eggen	368	0		0	0
	Schoffelen, aanaardend	626	0		313	0
	Aanaarden	313	0		0	0
	Schoffelen	0	0		0	0
	Branden v.o.	0	0		0	0
	Schoffelen+vingerwieden	0	0		463	926
	Totaal per gewas	1307	896.12	Nvt	2274	1741.88
	Totaal voor hele bedrijf	1544.75				

5.4 Vervluchtiging, uitspoeling etc. van chemische producten (MBP, BRI) in een geïntegreerd systeem

5.4.1 Zand, geïntegreerd

We zijn uitgegaan van de onkruidbestrijdingsmethoden zoals weergegeven in tabel 1, paragraaf 2.4. Er is gekozen voor een organisch stofklasse 3 (zie tabel 4) en er is uitgegaan van een bedrijf van 52.5 ha zoals beschreven in hoofdstuk 2. Vervolgens zijn de BRI- en MBP- waarden op bedrijfs- en gewasniveau voor een geïntegreerd systeem op zandgrond bepaald, deze staan in tabel 13 weergegeven.

Tabel 13. BRI- en MBP- waarden voor een geïntegreerde onkruidbestrijding op een zandgrond, op bedrijfs- en gewasniveau.

	BRI-lucht (Kg actieve stof/ha)	BRI-bodem (kg dagen/ ha)	BRI- grondwater (ppm)	MBP- waterleven (% toepassingen >10)	MBP-bodemleven (% toepassingen >100)
Streefwaarde	0.7	200	0.5	0% toepassingen >10	0% toepassingen > 100
Totale bedrijf	0.07	31	0.06	20	0
Aardappel	0.00	0	0.00	0	0
suikerbiet	0.05	86	0.10	25	0
Peen	0.20	5	0.00	50	0
wintertarwe	0.10	19	0.13	5	0

Met een BRI-lucht waarde van 0.07 wordt op een gangbaar bedrijf op zandgrond de streefwaarde van 0,70 kg actieve stof per ha voor de BRI-lucht niet overschreden. Zie ook bijlage 3 voor de grafische weergave van de BRI en MBP-waarden op een geïntegreerd bedrijf op zandgrond. Met deze spuitmethoden blijft de milieubelasting via verspreiding door de lucht dus binnen de algemeen geaccepteerde grenzen. Ook voor de BRI- grondwater (0.06 ppm) en de BRI-bodem (31 kg dagen/ha) blijft de gangbare methode binnen de norm (van respectievelijk 0.5 ppm en 200 kg dagen/ha).

De enige streefwaarde die overschreden wordt is die voor de MBP-waterleven: in 20% van de gevallen. Dit wordt voor het grootste gedeelte veroorzaakt door bespuiting met metozuron in peen en de bespuiting met mecoprop-p in wintertarwe. De MBP-bodemleven blijft namelijk met 0% van de toepassingen die een overschrijding heeft ook binnen de gewenste waarden.

5.4.2 Klei, geïntegreerd

We zijn uitgegaan van de onkruidbestrijdingsmethoden zoals weergegeven in tabel 1, paragraaf 2.4. Er is gekozen voor een organisch stofklasse 2 (zie tabel 4 en er is uitgegaan van een bedrijf van 52.5 ha zoals beschreven in hoofdstuk 2. Vervolgens zijn de BRI- en MBP- waarden op bedrijfs- en gewasniveau voor een geïntegreerd systeem op kleigrond bepaald, deze staan in tabel 14 weergegeven.

Tabel 14. BRI- en MBP- waarden voor een geïntegreerde onkruidbestrijding op een kleigrond, op bedrijfs- en gewasniveau.

	BRI-lucht (Kg actieve stof/ha)	BRI-bodem (kg dagen/ ha)	BRI- grondwater (ppm)	MBP- waterleven (% toepassingen >10)	MBP-bodemleven (% toepassingen >100)
Streefwaarde	0.7	200	0.5	0% toepassingen >10	0% toepassingen > 100
Totale bedrijf	0.20	32	0.46	40	0
Aardappel	0.00	7	0.29	100	0
suikerbiet	0.03	51	1.08	25	0
ui	0.11	79	0.01	20	0
Peen	1.20	28	0.00	50	0
wintertarwe	0.10	18	0.48	6	0

Met een BRI-lucht waarde van 0.20 wordt op een gangbaar bedrijf op zandgrond de streefwaarde van 0,70 kg actieve stof per ha voor de BRI-lucht niet overschreden. Er moet echter wel de kanttekening geplaatst worden dat de BRI-lucht voor het individuele gewas peen per ha wel een overschrijding van de BRI-lucht noteert als gevolg van bespuitingen met metoxuron. Zie ook bijlage 4 voor de grafische weergave van de BRI en MBP-waarden op een geïntegreerd bedrijf op kleigrond. Met deze spuitmethoden blijft de milieubelasting via verspreiding door de lucht dus binnen de algemeen geaccepteerde grenzen. Ook voor de BRI- grondwater (0.46 ppm) en de BRI-bodem (32 kg dagen/ha) blijft de geïntegreerde methode binnen de norm (van respectievelijk 0.5 ppm en 200 kg dagen/ha).

De enige streefwaarde die overschreden wordt is, net als bij het geïntegreerde systeem op zand, die voor de MBP-waterleven: in 40% van de gevallen. Dit wordt veroorzaakt door de bespuitingen met metoxuron en metribuzin in respectievelijk peen en aardappel. De MBP-bodemleven blijft namelijk met 0% van de toepassingen die een overschrijding hebben ook binnen de gewenste waarden.

5.5 Neveneffecten op niet- doelorganismen van chemische

onkruidbestrijding in gangbare en geïntegreerde landbouw

5.5.1 Herbiciden: effect op niet-waardplanten

In het algemeen worden herbiciden als vloeistof toegepast in opgeloste vorm. Herbiciden kunnen daarnaast echter ook als vaste stof (poeder, stof, microcapsule of korrelvorm) en als fumigant (in de gasfase) toegepast worden. Emissies van herbiciden in de atmosfeer kunnen op verschillende momenten plaatsvinden; tijdens het transport van applicatie apparatuur naar het doel (gewas, grond, etc.), tijdens toepassing en door verdamping na toepassing. Wanneer herbiciden in vloeibare vorm toegepast worden is de neerwaartse drift van druppels de meest waarschijnlijke verspreidingsroute.

De verspreiding via de neerwaartse drift op korte afstanden (<10m) ligt over het algemeen in de orde van 1-10% van de toegepaste dosis op het gewas/veld. Voor grotere afstanden zijn geen kwantitatieve data bekend. Volgens Parkin *et al.* (1985) kan 1 tot 4 % van de dosis toegepaste pesticide door neerwaartse drift over meer dan 75 m verspreid worden (Parkin, Outram *et al.* 1985).

Nadat het pesticide het doelorganisme bereikt heeft kunnen er diverse verspreidingsroutes onderscheiden worden: lekken in de grond, afspoeling in omringend oppervlakte water, vervluchtiging en verdamping van deeltjes in de atmosfeer.

De voornaamste route voor herbiciden de atmosfeer in, gaat via vervluchtiging na toepassing van de herbiciden. Er is weinig bekend over de fytotoxiciteit van herbiciden die door de lucht verspreid kunnen worden, omdat het moeilijk is om de effecten van de middelen te scheiden van effecten veroorzaakt door andere stress factoren. De verwachting is echter niet dat de hoeveelheden lethaal zullen zijn of direct effect zullen sorteren, waarschijnlijker is het optreden van subtiele effecten zonder enige visuele symptomen (Follak and Hurlle 2003).

Om deze reden is zeer weinig informatie bekend over de achteruitgang van biochemische processen en hun verband met de groei, overleving en reproductie van de individuele plant of plantenpopulatie in het veld als gevolg van herbiciden. Er zijn echter wel recente laboratoriumstudies uitgevoerd waarin is gekeken naar de effecten van herbicidenconcentraties in de lucht op individuele planten. Franzaring *et al.* (2001) toonden aan dat de groei en metabolisme van niet-doelplanten gehinderd werden door sublethale herbicidenconcentraties in de atmosfeer (Franzaring, Kempenaar *et al.* 2001).

Daarnaast hebben Follak & Hurlle (2003) een studie uitgevoerd waaruit blijkt dat lage concentraties metribuzin in de lucht de fotosynthese van blootgestelde bladeren van zonnebloemen (concentraties > 0.135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en de fotosynthese van bladeren ontwikkeld na de blootstelling (concentraties > 0.641 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) hinderen.

Uit onderzoek uitgevoerd in Nederland (De Snoo and Van der Poll 1999) (Kleijn and Snoeiing 1997) en Groot-Brittannië (Marrs, Frost *et al.* 1991) blijkt dat niet-gewas planten in de randen van bespoten velden een verminderde groei en de randen zelf een andere soortensamenstelling tov de randen van onbespoten velden hebben. De emissieroute van de herbiciden is hierbij echter niet duidelijk (via de lucht of druppels, grondwater, etc.). Daarnaast is er echter ook een studie waarin geen effecten werden waargenomen van herbiciden op de randen van bespoten velden. Waarschijnlijk hangt het effect op de vegetatie in de randen af van het type bespuiting, plantensoort en herbicide (Zwenger and Pestemer 2000).

Ondanks het gebrek aan achtergrondinformatie over de route die een herbicide na bespuiting aflegt, blijkt uit de studies wel dat er een redelijke kans is dat niet-doelplanten na toepassing tijdelijk het risico lopen beïnvloed te worden door de herbiciden, waarbij dit risico groter is naarmate de plant dicht bij het doel in de buurt staat. Over de precieze afstanden is echter niet een eenduidig antwoord te geven, er is nog onvoldoende bekend over de emissie naar en verspreiding van herbiciden in de lucht.

5.5.2 Herbiciden: effect op waterleven.

Er is weinig informatie beschikbaar over veldstudies naar de effecten van herbiciden op aquatische niet-doelorganismen.

De enige veldstudie is gedaan door Fairchild en Sappington (2002) die naar de effecten van metribuzin op waterorganismen in het water keken (Fairchild and Sappington 2002). Aan vijvers werden verschillende concentraties metribuzin toegevoegd. Vervolgens bestudeerden ze zes weken lang de concentratie van metribuzin in het water en de waterkwaliteit, Periphyton biomassa (het geheel van vast- en aangehechte

planten en dieren dat op ondergedoken objecten groeit), biomassa van algen, de soortensamenstelling van de algenpopulaties, overleving van vissen en de groei van vissen. Er bleek dat er geen effecten op deze waarden was. Uit eerder laboratoriumonderzoek van Fairchild *et al.* (1998) bleek echter dat metribuzin bij dezelfde concentratiereeks extreem giftig is voor algensoorten zoals selenastrum, chlorella en chlamydomonas en waterplanten zoals eendekroos, waterpest, vederkruid en gehoornd doornblad (Fairchild, Ruessler *et al.* 1998). De halfwaardetijd van het middel in het veldexperiment was 5 dagen, hetgeen redelijk snel is en volgens de auteurs wellicht het uitblijven van effect op deze organismen in het veldexperiment verklaart.

Uit laboratoriumproeven met glyfosaat (Abdelghani, Tchounwou *et al.* 1997) en diquat (Paul, Simonin *et al.* 1994) op diverse baarssoorten en rivierkreeft, bleek dat deze bij bepaalde concentraties dodelijk waren. Voor glyfosaat lagen deze concentraties zelf een factor drie lager dan de gewoonlijk gebruikte veldconcentraties (3l glyfosaat/ha). Voor diquat zijn deze concentraties aan elkaar gelijk. Het is echter niet waarschijnlijk dat deze concentraties ook daadwerkelijk in het water voorkomen; er wordt immers niet direct in het water gespoten.

Het maakt echter wel duidelijk dat er met bepaalde herbiciden wel rekening met het waterleven gehouden moet worden, ook al omdat uit paragraaf 5.2 en 5.4 blijkt dat het percentage toepassingen voor de MBP-waterleven dat een overschrijding geeft 20% of hoger (afhankelijk van systeem en bodemsoort) ligt.

5.5.3 Herbiciden: effect op vogels en invertebraten

De afgelopen 30 jaar zijn de populaties van bepaalde insectengroepen en vogels in landbouwgebieden sterk afgenomen. Deze afname is gecorreleerd aan de veranderingen in landbouwpraktijk in deze periode. Onkruiden spelen in dit proces een grote rol; ze zorgen voor de diversiteit op landbouwgronden. Planten hebben een sleutelrol in terrestrische ecosystemen, ze vormen de primaire productie waarop voedselketens worden gebouwd. Bladeren en stengels, pollen en nectar kunnen allen een bijdrage leveren aan de voedselvoorziening van diverse organismen. Naast het leveren van voedsel, hebben planten nog andere functies zoals het leveren van schuilplaatsen en voortplantingsplaatsen. In land- en tuinbouwgebieden hebben onkruiden waarschijnlijk een aandeel in of vervullen deze rollen volledig.

De belangrijkste onkruiden die zaad leveren voor het dieet van vogels zijn *Stellaria media* en soorten van *Polygonaceae* en *Chenopodiaceae*. Deze soorten zijn de afgelopen jaren echter niet afgenomen in aantal en kunnen de afname van de vogelpopulaties niet verklaren. Onkruiden zijn echter ook van belang voor invertebraten die door vogels gegeten worden. Alle vogels, ook de vogels die als adult alleen plantaardig materiaal in hun dieet hebben, voeden hun jongen met invertebraten. De belangrijkste invertebraten die door vogels gegeten worden, zijn de Arachnida (spinnen en mijten), waarvan de spinnen de belangrijkste groep vormen, de kevers (Coleoptera) en dan met name de loopkevers (Carabidae), snuitkevers (Curculionidae), sprinkhanen, krekels (Orthoptera), vliegen (Diptera), mieren (Hymenoptera) en vlinders en motjes (Lepidoptera).

Van al deze invertebraten is van de loopkevers (Carabidae), de krekels, sprinkhanen (Orthoptera) en de larven van vlinders en motjes (Lepidoptera) aangetoond dat veranderingen in hun populatieaantallen verband houden met de afname van de vogelpopulaties (Marshall, Brown *et al.* 2003).

De afname van deze invertebraten is voor een groot deel veroorzaakt door insecticiden, maar ook herbiciden en veranderingen in grondbewerkingen hebben een groot aandeel in deze afname. In een proef van Moreby and Southway (1999) in Groot-Brittannië zijn percelen die behandeld zijn met herbiciden en onbehandelde percelen met elkaar vergeleken. Onbehandelde percelen hadden een veel grotere diversiteit aan invertebraten, met name in Carabidae, Orthoptera en Lepidoptera, de soorten die ook voor vogels van belang zijn (Moreby and Southway 1999).

Een voorbeeld van een insect waarbij de invloed van herbiciden onomstotelijk is bewezen is de bladkever de groene zuringhaan (*Gastrophysa polygoni*). Deze kever leeft voornamelijk op varkensgras (*Polygonum aviculare* L.) en haagwinde (*F. convulvulus*) en heeft een geringe verspreiding. Larven van deze kever die op 2,4 D behandelde planten voeden, hadden een hogere mortaliteit als larven op herbicide vrije planten. Daarnaast was deze kever in het geheel niet aanwezig in veldjes die behandeld waren met een mengsel van de herbiciden dicamba en dichlorprop (Sotherton 1982).

Effecten van herbiciden zijn dus meest indirecte effecten, veroorzaakt door de verdwijning of vermindering van onkruiden in het gewas. Directe effecten van herbiciden op insecten zijn zeldzaam, hoewel Ahn *et al.*

(2001) aantoonde dat glufosinate-ammonium bij de concentratie die ook in boomgaarden gebruikt worden, effect had op de levenscyclus van diverse predatore arthropoden (Acari: Tetranychidae).

Door het gebruik van herbiciden te reduceren neemt het aantal onkruidsoorten weer toe, tenzij dit gecompenseerd wordt door meer en effectievere mechanische bestrijdingsmethoden. Het aandeel van de nieuwe soorten in de totale biomassa zal echter gering zijn. De grootste toenames in onkruid aantallen worden gevonden in soorten die al voor de reductie algemeen voorkwamen, de meer zeldzame soorten hebben een kleinere toename.

5.5.4 Herbiciden: effect op overige organismen.

Er zijn maar weinig studies gedaan naar het effect van herbiciden op bodemorganismen. In dit geringe aantal studies waren wel effecten gevonden van herbiciden op bodemorganismen zoals bacteriën, schimmels en protozoa. In de meeste gevallen nam hun aantal af en waren de effecten niet direct toxisch. Alleen sommige triazine herbiciden waren dodelijk (Freemark and Boutin 1995). Glyfosaat reduceert de groei van ectomycorrhizische schimmels van coniferen, welke van groot belang zijn voor de groei en ontwikkeling van zaailingen (Chakravarty and Chatarpaul 1990). Dit zijn de enige directe effecten die gevonden zijn, de meeste effecten zijn indirect: het verdwijnen van bepaalde onkruidsoorten die als waardplant, schuilplaats of reproductieplaats dienen (Freemark and Boutin 1995). Uit studies naar zoogdieren bleek dat populaties alleen als gevolg van indirecte effecten zijn afgenomen, nooit als gevolg van directe toxiciteit. Alleen de afname van plantensoorten die als voedsel en schuilplaats dienden hebben voor de reductie van enkele soorten, voornamelijk knaagdieren, gezorgd (Freemark and Boutin 1995).

6 Discussie & leemtes in kennis

6.1 Energie

Uit de energiebepalingen is gebleken dat op bedrijven waar biologisch geteeld wordt het energieverbruik zowel op zand- als op kleigrond (respectievelijk 2252.21 voor zand en 3051.25 MJ/ha voor klei) rond de 1.5 maal hoger ligt dan op geïntegreerde (respectievelijk 1544.75 voor zand en 1621.10 MJ/ha voor klei) en gangbare (respectievelijk 1791.46 voor zand en 1831.45 MJ/ha voor klei) bedrijven.

Deze verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door het branden van onkruiden in peen en ui in de biologische teelt (zowel op zand als klei in peen en in ui 7130,5 MJ/ha), hetgeen in dit systeem de meeste energie vraagt. In het gangbare en ook het geïntegreerde systeem zijn dat de uien- en suikerbietenteelt, waarbij in de gangbare teelt minder energie op kleigrond wordt verbruikt (2659 MJ/ha) als op zand (3656.75 MJ/ha) net als in de geïntegreerde teelt (op klei 2202 MJ/ha t.o.v. 2274 MJ/ha op zand). Daarnaast is in de berekeningen niet de energie die nodig is voor handwieden betrokken. Deze bedraagt 0,6 MJ/kg en is dus persoonsgebonden. Bij de aantal uren handwieden die in hoofdstuk 2.1 bij de biologische teelt worden genoemd (gemiddeld rond de 50 uur/hectare) komt er per hectare voor handwieden door scholieren van 60 kg, 1800 MJ bij. Wanneer dit meegerekend kost biologisch zelf 2,6 keer zoveel energie als geïntegreerd. Indien op het biologisch bedrijf de onkruiden echter wat geavanceerder mechanisch bestreden worden door bijvoorbeeld schoffelen met vingerwieden te combineren kan het aantal wieduren terug. De vermeerdering van energiegebruik voor de onkruidbestrijding in biologische teelt vergeleken bij geïntegreerde teelt zal daarmee tussen de factor 1,5 en 2,6 komen te liggen.

Het verschil tussen gangbaar en geïntegreerd is minder groot; het energieverbruik ligt bij benadering afhankelijk van het grondtype 1.13 tot 1.16 keer hoger op gangbare bedrijven, voornamelijk als gevolg van de energiewaarde van de herbiciden zelf.

Het is met de huidige informatie onmogelijk iets over de effecten op het milieu van dit verschil in energiegebruik te zeggen. Om de energie die in de biologische onkruidbestrijding extra wordt verbruikt om te zetten naar een verhoogd effect op het milieu tov de andere systemen, is meer informatie nodig. Om daar meer inzicht in te verkrijgen moeten hele sectoren doorgerekend worden. De energie benodigd om de brandstof en machines te produceren en de effecten van die industrieën op het milieu moeten dan bijvoorbeeld bepaald worden. Op dit moment hebben we daartoe niet voldoende gegevens. Wel vormen de berekeningen in dit rapport de indicatie dat de biologische teelt meer energie verbruikt voor onkruidbestrijding.

De hoeveelheden energie die echter voor de onkruidbeheersing in alle systemen gebruikt worden zijn relatief laag als men naar de totale energieconsumptie op de bedrijven zou kijken. Zo bedraagt bijvoorbeeld de energie-inhoud van de kunstmest (stikstof, kali en fosfaat) die op een gemiddeld geïntegreerd bedrijf op zand gebruikt wordt, 12296.4 MJ/ha en op klei 11794.2 MJ/ha, zo'n factor tien hoger dus dan de energie nodig voor de totale onkruidbestrijding.

6.2 Effecten op niet-doelorganismen

De mate waarin niet-waardplanten beïnvloed worden door herbiciden en de gevolgen daarvan op de concurrentie tussen planten, hun reproductie en groei en daarmee de samenstelling van een vegetatie is niet eenduidig vast te stellen.

Uit de bepalingen van de BRI-lucht, de maatstaf voor de emissie van herbiciden naar de lucht, in de paragrafen 5.2 en 5.4, blijkt dat zowel het gangbare als het geïntegreerde systeem op zowel klei- als zandgrond op bedrijfsniveau binnen de norm van 0.7 kg actieve stof/ha blijven. Dat houdt in dat gedurende 1 jaar op een bedrijf waar de verdeling van de gewassen gelijk is over het grondoppervlak, de emissie naar de lucht binnen de norm blijft.

Hiermee is echter niet gezegd dat er geen schade aan niet-waardplanten optreedt ten gevolge van de fractie verbruikte actieve stof die wel verdampt. De fractie verdampte actieve stof was namelijk in geen van de gevallen nul. Ze varieerde van 0.07 kg actieve stof/ha voor een geïntegreerd systeem op zand tot 0.30 kg actieve stof/ha voor een gangbaar systeem op zand. Zoals in paragraaf 5.5.1 is beschreven blijkt dat er maar zeer weinig informatie bekend is over de gevolgen van een sublethale herbicidosis in de atmosfeer op de biochemische processen van de plant en hun verband met de groei, overleving en reproductie van de individuele plant of plantenpopulatie als gevolg van herbiciden (Follak and Hurlle 2003). Toch kan, ondanks dit gebrek aan fundamentele kennis, op basis van de uitgevoerde studies wel een effect (niet-zichtbaar, indirect) op niet-doelplanten verwacht worden. De mate waarin niet-waardplanten beïnvloed worden door herbiciden en de gevolgen daarvan op de concurrentie tussen planten, hun reproductie en groei en daarmee de samenstelling van een vegetatie kan echter op basis van de op dit moment beschikbare informatie niet bepaald worden.

De gerapporteerde effecten op alle andere terrestrische organismen zijn veelal indirect, dat wil zeggen deze organismen worden bij de gebruikte doseringen niet zichtbaar beschadigd of gedood. Hun aantallen zijn de afgelopen jaren echter wel afgenomen met zo'n dertig procent, waarvan het grootste gedeelte veroorzaakt wordt door afname en verandering van de voedselbron, de habitat, enz.

Zowel herbiciden als mechanisatie hebben er voor gezorgd dat onkruiden zowel in aantal als in de hoeveelheid soorten minder voorkomen.

Door herbicidegebruik worden de diverse onkruidsoorten elk in een verschillende mate in hun aantal beperkt. Het ene onkruid zal zich sneller herstellen na bespuiting als het andere. Dit geldt in zekere zin ook voor mechanische methoden: er zullen bepaalde onkruiden voordeel hebben van de behandeling tov andere kruiden. Door beide methoden wordt de samenstelling van de onkruidpopulatie beïnvloed.

Bij biologische systemen, waarbij dus alleen mechanisch onkruid wordt bestreden, zijn de aantallen onkruiden die in het veld blijven staan t.o.v. chemisch echter groter en ook is de hoeveelheid soorten die voorkomt groter.

Door het gebruik van herbiciden te reduceren (door van een gangbaar systeem om te schakelen naar geïntegreerde systemen) neemt het aantal onkruidsoorten weer toe. Het aandeel van de nieuwe soorten in de totale biomassa zal echter gering zijn. De grootste toenames in onkruid aantallen worden gevonden voor soorten die voor de reductie al voorkwamen, de meer zeldzame soorten hebben een kleinere toename. In het algemeen is de diversiteit in een biologisch systeem het grootst, gevolgd door geïntegreerd. De gangbare systemen hebben de minste diversiteit aan onkruidsoorten en zullen dus ook de minste kansen aan andere organismen bieden om te overleven.

Het verschil tussen de effecten op het milieu van biologische, geïntegreerde en gangbare systemen, zal dus afhangen van de mate waarin de teler erin slaagt een perceel onkruidvrij te houden en de hoeveelheid verschillende onkruidsoorten. In biologische systemen is dit een tijdrovend karwei omdat er ook altijd een deel handmatig verwijderd moet worden en lukt het onkruidvrij houden in mindere mate dan met chemische middelen. Wanneer de mechanische systemen in de toekomst echter zodanig verbeterd zouden worden dat het mogelijk is dezelfde onkruiddruk te bereiken als met herbiciden zal het positieve verschil in effect op niet doelorganismen waarschijnlijk verminderen of zelfs verdwijnen. Over effecten op bodemorganismen is nog te weinig bekend om een verschil in effect te kunnen beschrijven.

Voor aquatische organismen zijn de effecten minder duidelijk. Voor mechanisatie geldt dat er geen effecten zijn, maar de effecten van herbiciden zijn sterk afhankelijk van de toegepaste dosering en lekkage naar het water.

Uit de modelberekening blijkt dat in zowel gangbaar als geïntegreerd de effecten op waterleven op kleigronden groter zijn dan op zand. (De MBP-waterleven toonde een hoger aantal overschrijdingen van de norm op klei dan op zand op zowel gangbare als geïntegreerde bedrijven). Dit is echter een modelwaarde, waar veel aannames zijn gedaan omtrend de driftpercentages, windsnelheden, waterstromingen, volume van het water en afspoeling.

Eindconclusie is dat de milieubelasting van niet-chemische onkruidbestrijding waarschijnlijk lager ligt dan bij chemische bestrijding. Met zekerheid kan dit echter niet gesteld worden omdat er nog te weinig informatie bekend is over de effecten van energiegebruik op milieu en de (indirecte) effecten van mechanisatie en directe en indirecte effecten van herbiciden op niet-doel organismen en onkruiden.

7 Literatuur

- Abdelghani, A. A., P. B. Tchounwou, et al. (1997).
"Toxicity evaluation of single and chemical mixtures of Roundup, Garlon-3A, 2,4-D, and Syndets surfactant to Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*), Bluegill Sunfish (*Lepomis microchirus*), and Crawfish (*Procambarus* spp.)." Environmental Toxicology and Water Quality **12**(3): 237-243.
- Ahmed, S. A., A. W. M. Ali, et al. (1987).
"Effect of weed control on the diversity and abundance of insects in potatoes." Acta Horticulturae **220**: 417-424.
- Bleeker, P., A. Jukema, et al. (2002).
Bedrijfseconomische beoordeling van onkruidbestrijdingsstrategieën. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.: 1-24.
- Bruinsma, A., J. Spruijt, et al. (2003).
Mechanische onkruidbestrijding- Bedrijfseconomische evaluatie van geïntegreerde strategieën. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.: 1-18.
- Chakravarty, P. and L. Chatarpaul (1990).
"Non-target effect of herbicides:1. Effect of glyphosate and hexazinone on soil microbial activity, microbial population, and in-vitro growth of ectomycorrhizal fungi." Pesticide Science **28**: 233-241.
- De Snoo, G. R. and R. J. Van der Poll (1999).
"Effect of herbicide drift on adjacent boundary vegetation." Agriculture, Ecosystems and Environment **73**: 1-6.
- Dekkers, W. A. (2002). Kwantitatieve informatie
Akkerbouw en Vollegroondsgroenteteelt 2002. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving: 1-320.
- Fairchild, J. F., D. S. Ruessler, et al. (1998).
"Comparative sensitivity of five species of macrophytes and six species of algae to atrazine, metribuzin, alachlor, and metolachlor." Environmental Toxicology and Chemistry **17**(9): 1830-1834.
- Fairchild, J. F. and L. C. Sappington (2002).
"Fate and effects of the triazinone herbicide metribuzin in experimental pond mesocosms." Archives of Environmental Contamination and Toxicology **43**: 198-202.
- Follak, S. and K. Hurle (2003).
"Effect of airborne bromoxynil-ocatanoate and metribuzin on non-target plants." Environmental Pollution **126**: 139-146.
- Franzaring, J., C. Kempenaar, et al. (2001).
"Effects of vapours of chlorpropham and ethofumesate on wild plant species." Environmental Pollution **114**: 21-28.
- Freemark, K. and C. Boutin (1995).
"Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America." Agriculture, Ecosystems and Environment **52**: 67-91.

- Heydel, L., M. Benoit, et al. (1999).
 "Reducing atrazine leaching by intergrating reduced herbicide use with mechanical weeding in corn (*Zea mays*)." European Journal of Agronomy **11**: 217-225.
- Kleijn, D. and G. I. J. Snoeiijng (1997).
 "Field boundary vegetation and the effects of agrochemical drift: botanical change caused by low levels of herbicide and fertilizer." Journal of Applied Ecology **34**: 1413-1425.
- Marrs, R. H., A. J. Frost, et al. (1991).
 "Assessment of the effects of herbicide spray drift on selected species of conservation interest: The effect of plant age and surrounding vegetation structure." Environmental Pollution **69**: 223-235.
- Marshall, E. J. P., V. K. Brown, et al. (2003).
 "The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields." Weed Research **43**: 77-89.
- Mombarg, H. F. M., W. Sukkel, et al. (2003).
 De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Lelystad, Applied Plant Research.
- Moreby, S. J. and S. E. Southway (1999).
 "Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in southern England." Agriculture, Ecosystem and Environment **72**: 285-297.
- Oostenburg, E. B. (2000).
 Effecten van cross-compliance maatregelen in de maïsteelt op weidevogels. Veenwouden, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek: 1-30.
- Parkin, C. S., I. Outram, et al. (1985).
Application and Biology. E. S. E. Southcombe, Croydon: BCPC Press: 211-220.
- Paul, E. A., H. A. Simonin, et al. (1994).
 "The toxicity of diquat, endothall and fluridone to the early life stages of fish." Journal of Freshwater Ecology **9**(3): 229-239.
- Simonich, S. L. and R. A. Hites (1995).
 "Global distribution of persistent organochlorine compounds." Science **269**: 1851-1854.
- Sotherton, N. W. (1982).
 "The effects of herbicides on the chrysomelid beetle *Gastrophysa polygoni* (L.) in the laboratory and field." Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie **94**: 446-451.
- Sukkel, W. and A. Garcia Diaz (2002).
 VEGINECO Final Report. Lelystad, Applied Plant Research.
- Van der Weijden, W. (2003).
 Atlas toont invloed landbouw op vogelstand. Agrarisch Dagblad.
- Wijnands, F. G., P. Van Asperen, et al. (2003).
 Geïntegreerde gewasbescherming. Ontwerpen, testen en verbeteren. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. (PPO B.V.): 1-44.
- Wilson, J. D., A. J. Morris, et al. (1999).
 "A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change." Agriculture, Ecosystem and Environment **75**: 13-30.

Woittiez, R. D., G. H. Horeman, et al. (1996).

MJP-G emissie-evaluatie 1995: achtergronddocument. Ede, Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G: 127.

Zwenger, P. and W. Pestemer (2000).

"Testing the phytotoxic effects of herbicides on higher terrestrial non-target plants using a plant life cycle test." Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft **17**: 711-718.

Bijlagen

De bijlagen zijn te omvangrijk voor plaatsing op internet en zijn daarom niet in deze pdf versie opgenomen. Deze zijn eventueel bij de auteur op te vragen.