

32/uu6 (bus)  
2000

## **Emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen in de teelt van snijmaïs in het zuidoosten van Noord-Brabant**

**Interpretatie van meetgegevens uit het demonstratieproject 'Bewust boeren voor  
een schone Maas' in 1997**

**J.W. Deneer  
R.A. Smidt  
R.C.M. Merkelbach  
A.M.A. van der Linden**

**BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"**  
Droevendaalsesteeg 32  
6708 PB Wageningen

**Rapport 645**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1999**

U311 906716

## REFERAAT

Deneer, J.W., R.A. Smidt, R.C.M. Merkelbach, A.M.A. van der Linden. *Emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen in de teelt van snijmaïs in het zuidoosten van Noord-Brabant; Interpretatie van meetgegevens uit het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas' in 1997, 1999*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 645. 56 blz. 10. fig.; 13 tab.; 26 ref.

Voor het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas' is gedurende 1997 een uitgebreid chemisch meetprogramma uitgevoerd bij drie snijmaïspcelen in de omgeving van Someren (Noord-Brabant). Het programma had ten doel informatie te verkrijgen omtrent de belangrijkste emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater in de snijmaïs. Voor de drie bestudeerde stoffen (metolachloor, atrazin en bromoxynil) speelden naast spuitdrift ook oppervlakkige afspoeling en transport via verwaaiing van gronddeeltjes een belangrijke rol bij de belasting van oppervlaktewater. Aanbevolen wordt om meer aandacht te besteden aan deze routes in het onderzoek en bij het ontwikkelen van beleid gericht op emissiereductie.

Trefwoorden: Emissie, gewasbescherming, Maas, snijmaïs, waterkwaliteit.

ISSN 0927-4499

© 1999 DLO Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO),  
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.  
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Projectnummer 86003

[Rapport 645/HM/02-99]

## **Inhoud**

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Algemeen	11
1.2 Doelstelling project	12
1.3 Meetprogramma 1997	13
2 Emissieroutes in de snijmaïsteelt	15
2.1 Algemeen	15
2.2 Sputdrift	16
2.3 Uitspoeling	17
2.4 Afspoeling	17
2.5 Atmosferische depositie	18
2.6 Stofverwaaiing	18
3 Beschrijving van de proefpercelen en bespuitingen	21
3.1 Algemeen	21
3.2 Percelen en bespuitingen	23
3.2.1 Proefperceel 1	23
3.2.2 Proefperceel 2	24
3.2.3 Proefperceel 3	25
4 Metingen	27
4.1 Algemeen	27
4.2 Beschrijving van de meetmethoden voor de verschillende routes	27
4.2.1 Sputdrift	27
4.2.2 Uitspoeling naar oppervlaktewater via ondiep grondwater en drains	28
4.2.3 Afspoeling	29
4.2.3.1 Perceel 1	29
4.2.3.2 Perceel 2	29
4.2.3.3 Perceel 3	30
4.2.4 Atmosferische depositie	30
4.2.5 Verwaaiing van gronddeeltjes	30
5 Resultaten en bespreking	31
5.1 Algemeen	31
5.2 Omvang van de emissieroutes	31
5.2.1 Sputdrift	31
5.2.2 Uitspoeling via drains en ondiep grondwater	33
5.2.3 Afspoeling	34
5.2.4 Atmosferische depositie	39
5.2.5 Verwaaiing van gronddeeltjes	40
5.3 Totale belasting van slootwater	41

6	Conclusies en aanbevelingen	45
6.1	Algemeen	45
6.2	Belangrijke emissieroutes	45
6.3	Aanbevelingen	46
6.3.1	Aanbevelingen voor de praktijk	46
6.3.2	Aanbevelingen voor onderzoek	46
6.3.3	Aanbevelingen voor beleidsontwikkeling	46
	Literatuur	49

### *Aanhangsels*

1	Specificaties van de bespuitingen tegen grassen en breedbladige onkruiden op de geselecteerde percelen te Someren	53
2	Overzicht van debieten en monstervolumina die zijn gebruikt om vrachten te berekenen	55

## Woord vooraf

In opdracht van de Noordbrabantse Christelijke Boerenbond (NCB) heeft DLO-Staring Centrum (SC-DLO) in samenwerking met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in 1997 een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd in het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas'. Dit project is in 1995 gestart in een samenwerkingsverband van de Noordbrabantse Christelijke Boerenbond (NCB), de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN), de Provincie Noord-Brabant, de gezamenlijke Oostbrabantse waterschappen en het Waterbedrijf Europoort. Agrariërs en loonwerkers hebben in dit project op praktijkschaal kennis gemaakt met driftbeperkende maatregelen, het gebruik van minder-milieubelastende middelen en het gebruik van aangepaste doseringen in de teelt van snijmais. Doel van het meetprogramma was het vaststellen van de emissieroutes die een rol spelen bij de belasting van oppervlaktewater in de teelt van snijmais, evenals het leveren van een bijdrage in het communicatieproces naar alle betrokkenen.

Het meetprogramma is in opzet, uitvoering en interpretatie ondersteund door een overleggroep met de volgende samenstelling:

M. van Engelen	(NCB)
L. Joosten	(VEWIN)
H. van der Loo	(GTD-Oostbrabant)
E. Matla	(Waterschap de Aa)
R. van de Heuvel	(Waterschap de Maaskant)
G. Verstappen	(DLV-Rundveehouderij)
A. Peeters	(DLV-Loonwerk)
A. Cornelese	(RIVM-LBG)
R. Smidt	(SC-DLO)
R. Merkelbach	(SC-DLO)

Naast de bijdragen van de hierboven genoemde personen is de rapportage van wetenschappelijk commentaar voorzien door de heren M. Leistra (SC-DLO), J.F.M. Huijsmans (IMAG-DLO) en A.M.A. van der Linden (RIVM-LBG).

Een woord van dank is op zijn plaats voor allen die een bijdrage hebben geleverd aan het project en wel in het bijzonder voor de heren J. Toonders (agrariër) en P. Sonnemans (loonwerker). Zonder de betrokkenheid van beide heren zou het niet mogelijk zijn geweest een meetprogramma van deze omvang uit te voeren.

## Samenvatting

Snijmaïs is qua areaal het grootste akkerbouwgewas van Nederland. Ontwikkelingen in de snijmaïs zijn dan ook van grote invloed op het realiseren van de doelstellingen wat betreft het terugdringen van de emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater. Helaas zijn er geen uitvoerige studies naar de emissiestromen vanuit snijmaïs. Het hier beschreven onderzoek, uitgevoerd in het kader van het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas', heeft als doelstelling het vergaren van informatie over de emissie naar oppervlaktewater van gewasbeschermingsmiddelen die worden gebruikt in de snijmaïs.

Gedurende het teeltseizoen 1997 werden op drie snijmaïspercelen in de omgeving van Someren in Noord-Brabant metingen verricht naar de bijdrage van verschillende emissieroutes van de onkruidbestrijdingsmiddelen metolachloor, atrazin en bromoxynil naar oppervlaktewater. Gedurende de meetperiode (tussen begin mei en begin juni) vonden op deze percelen in totaal vier bespuitingen plaats. Spuitdrift werd gemeten tijdens de bespuitingen. De concentraties van gewasbeschermingsmiddelen in ondiep grondwater werden op drie tijdstippen bepaald (25 april en 20 oktober 1997 en 31 maart 1998). Van het perceel afstromend water werd bemonsterd van half mei tot begin november 1997. De totale (droge plus natte) atmosferische depositie van gewasbeschermingsmiddelen werd bepaald van begin mei tot begin november 1997. Transport via sorptie aan verwaaide gronddeeltjes werd gemeten van half juni tot eind september 1997.

Voor de drie bestudeerde werkzame stoffen vormde de verwaaiing van spuitdruppeltjes (spuitdrift) een belangrijke aanvoerroute naar oppervlaktewater. De bespuitingen werden uitgevoerd onder vrij gunstige omstandigheden (gebruik kantdop, 1 m spuitvrije zone, spuitboomhoogte 0,6-0,8 m boven de grond, windsnelheden lager dan 2,3 m/s gecombineerd met een gunstige, niet naar de sloot toe gerichte, windrichting). De drift naar nabijgelegen oppervlaktewater (2,7 tot 4,2 m verwijderd van de buitenste reguliere spuitdop) bedroeg gemiddeld 0,2 tot 0,7 procent op het wateroppervlak.

De uitspoeling via drains en ondiep grondwater naar oppervlaktewater was niet goed te kwantificeren maar lijkt op basis van de beschikbare meetgegevens op de betreffende percelen slechts van ondergeschikt belang. Geen van de drie bestudeerde stoffen werd in ondiep grondwater aangetroffen en alleen atrazin werd incidenteel in drainwater aangetroffen in concentraties van maximaal 0,07 µg/l, slechts weinig boven de detectielimiet.

Afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen via water dat van het perceel afstroomt is als emissieroute alleen relevant als er binnen enkele weken na gebruik van het gewasbeschermingsmiddel voldoende neerslag valt om afstroming van het water over het oppervlak te bewerkstelligen. Hoge mate van afspoeling trad in het project alleen op bij doorsteken van de akkerrand. Bij aanwezigheid van een intacte hoge akkerrand werden voor metolachloor, atrazin en bromoxynil maximale concentraties in

afspoelend water gevonden van resp. 2,50 µg/l, 5,61 µg/l en 0,72 µg/l. Bij doorgestoken akkerrand werden voor dezelfde verbindingen maximale concentraties gemeten van resp. 80,2 µg/l, 43,8 µg/l en 17,3 µg/l. Doorsteken van de akkerrand leidde tot een twintig- tot tweehonderd-voudige hoeveelheid afspoelend gewasbeschermingsmiddel, vergeleken met niet doorsteken. De resultaten geven aan dat deze emissieroute onder omstandigheden waarbij water met gronddeeltjes over het perceel afstroomt substantieel bijdraagt aan de belasting van oppervlaktewater, met name voor matig tot sterk aan grond sorberende middelen

Atmosferische depositie werd voor atrazin en, in mindere mate, voor metolachloor geconstateerd, waarbij de maximaal optredende concentraties in het opgevangen water voor beide verbindingen resp. 1,18 µg/l en 0,63 µg/l waren. Bromoxynil werd in atmosferische depositie slecht éénmaal in een concentratie van 0,19 µg/l aangetroffen. Gezien de aard van deze emissieroute is het niet mogelijk een verband te leggen tussen het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en hun vóórkomen in de neerslag in de onmiddellijke nabijheid van de percelen.

Transport van werkzame stof naar oppervlaktewater via het verwaaien van gronddeeltjes met daaraan gesorbeerd gewasbeschermingsmiddel bleek vooral op te treden voor atrazin (maximale concentratie in de opgevangen fractie 6,41 µg/l) en in mindere mate voor metolachloor (maximale concentratie 0,86 µg/l). Voor bromoxynil speelde deze route geen rol van betekenis.

De totale belasting van oppervlaktewater (vracht per m<sup>2</sup> wateroppervlak gedurende het gehele teeltseizoen) werd voor de drie bestudeerde stoffen vooral bepaald door verwaaiing van spuitdruppels (drift) en in het geval van doorsteken van de akkerrand door oppervlakkige afspoeling. Voor atrazin was de hoeveelheid middel die via het inwaaien van gronddeeltjes het oppervlaktewater bereikte aanzienlijk. Ook andere routes dan spuitdrift dragen derhalve in belangrijke mate bij aan de belasting van oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen. Aanbevolen wordt dat aan deze routes in het onderzoek en bij het ontwikkelen het beleid gericht op emissiereductie meer aandacht wordt besteed.

Het aandeel van elk der routes verschilt tussen de drie bestudeerde gewasbeschermingsmiddelen, wat het gevolg is van verschillen in de fysisch-chemische eigenschappen van de drie stoffen.

Bromoxynil is in het demonstratieproject aanbevolen als relatief weinig milieu-belastende stof. Dit wordt ondersteund door de meetresultaten.

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

Anno 1997 zijn in Nederland meer dan 300 werkzame stoffen in uiteenlopende formuleringen toegelaten als gewasbeschermingsmiddel in de land- en tuinbouw. Binnen de landbouw worden gewasbeschermingsmiddelen toegepast in een breed scala van gewassen. Voor, tijdens en na de toepassing kunnen deze middelen op onbedoelde plaatsen in het milieu terechtkomen. De stoffen worden dan ook geregeld aangetroffen in oppervlakte-, grond- en regenwater. Chemische gewasbescherming blijkt herhaaldelijk tot ongewenste belasting van het milieu te leiden. Het probleem wordt veelal als complex ervaren vanwege de veelheid aan stoffen met uiteenlopende stofeigenschappen. De omvang van de routes waarlangs de stoffen in het milieu terechtkomen wordt sterk beïnvloed door gebiedskenmerken en weersinvloeden.

In het licht van deze complexiteit is in 1993 door een aantal partijen, waaronder de ministeries van LNV en VROM en het agrarisch en het fytofarmaceutisch bedrijfsleven, de Bestuursovereenkomst MJP-G getekend. Hiermee hebben de genoemde partijen de doelstellingen onderschreven die in het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G) (Min. van LNV, 1991) zijn geformuleerd. Het betreft hier een beperking van het verbruik en de emissie van chemische gewasbeschermingsmiddelen, naast een vermindering van de afhankelijkheid van dit soort middelen. Om deze doelstellingen te realiseren is een bedrijfsvoering nodig die minder leunt op de inzet van chemische middelen. Dit betekent o.a. dat er een verschuiving moet plaatsvinden van een preventieve naar een meer curatieve wijze van chemische gewasbescherming. Curatieve chemische gewasbescherming is zeer kennisintensief vanwege de sterke samenhang tussen het moment van spuiten, de ontwikkeling van de ziekte of plaag, de keuze van de middelen en de bijbehorende optimale dosering. Een en ander betekent dat tegen de achtergrond van opbrengstderiving en milieuwinst vaak moeilijke beslissingen moeten worden genomen.

Een omschakeling naar minder verbruik en emissie gaat niet van vandaag op morgen. Het betreft een langdurig leerproces, waarbij de agrariër een leerpad moet volgen waarin hij nieuwe risico's moet leren inschatten, zich nieuwe kennis moet eigen maken, vertrouwen moet krijgen in het eigen oordeel en nieuwe handelingen moet leren verrichten. Cruciaal in dit leerproces zijn instrumenten als voorlichting en stimulering.

Het verminderde gebruik en de verschuiving in het relatieve belang van de gebruikte typen middelen heeft geleid tot een verandering in het emissiepatroon van gewasbeschermingsmiddelen. Zo is de totale emissie naar bodem en grondwater aanzienlijk gedaald door een reductie in het gebruik van grondontsmettingsmiddelen (Commissie van Deskundigen, 1996). Vanwege het grote areaal van snijmaïs (het grootste akkerbouwgewas van Nederland) hebben ontwikkelingen in dit gewas een grote impact op het realiseren van nationale beleidsdoelstellingen. In 1995 is nog



geconstateerd dat het verbruik aan middelen in snijmaïs, voornamelijk herbiciden, nauwelijks afneemt. Mede doordat er geen uitvoerige studies zijn uitgevoerd naar de emissiestromen vanuit de snijmaïs is besloten om een dergelijk onderzoek alsnog te starten. Dit rapport geeft de achtergronden en resultaten van dat onderzoek.

## 1.2 Doelstelling project

In de emissie-evaluatie MJP-G in 1995 (Commissie van Deskundigen, 1996) is geconstateerd dat de emissie van gewasbeschermingsmiddelen in 1995 sterk is gereduceerd ten opzichte van de referentieperiode 1984-1988, maar dat de doelstelling voor 2000 nog niet is bereikt en een verdere reductie van de emissie van middelen noodzakelijk is. Deze reductie van de emissie kan onder andere worden bereikt door agrariërs in kleine groepen kennis te laten maken met nieuwe, minder milieubelastende vormen van (chemische) gewasbescherming. In het verleden is aangetoond dat een combinatie van onderzoek en demonstratie een belangrijke rol kan vervullen bij het implementeren van (nieuwe) maatregelen om de emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar het milieu te verminderen (Zuiveringschap West-Overijssel, 1990).

In 1995 is door de Noordbrabantse Christelijke Boerenbond (NCB), de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN), de Provincie Noord-Brabant, de gezamenlijke Oostbrabantse waterschappen en het Waterbedrijf Europoort het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas' gestart. In dit demonstratieproject wordt getracht het milieubewustzijn van de agrarische ondernemers te bevorderen door ze kennis te laten maken met de verschillende facetten van geïntegreerde onkruidbestrijding. In de praktijk betekent dit dat voorlichting over gewasbescherming wordt gecombineerd met spuitdemonstraties, veldexcursies en bedrijfskundige analyses. Doel van het project, dat wordt uitgevoerd op de Noord-Brabantse lokaties Someren en Wanroij, is het verminderen van de emissie van nutriënten en onkruidbestrijdingsmiddelen, om zodoende een bijdrage te kunnen leveren aan een verbetering van de waterkwaliteit van de Maas. Verbetering is zeer gewenst omdat de Maas steeds belangrijker wordt voor de bereiding van drinkwater, met name voor Rotterdam en omstreken.

In het demonstratieproject maken niet alleen agrariërs maar ook loonwerkers op praktijkschaal kennis met zaken als driftbeperkende maatregelen, mechanische onkruidbestrijding en de mogelijkheden van minder milieubelastende middelen gecombineerd met aangepaste doseringen. Door binnen het project een uitgebreid chemisch meetprogramma uit te voeren wordt niet alleen kennis verkregen omtrent de omvang van de verschillende emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater. Het meetprogramma vervult ook een functie in de communicatie met agrariërs en andere betrokkenen. Dit rapport beoogt een bijdrage te leveren aan het communicatieproces door een inzichtelijk beeld te schetsen van het belang van de verschillende emissieroutes in de maïsteelt.

### **1.3 Meetprogramma 1997**

In 1997 is het gebiedsbrede meetprogramma in oppervlaktewater in het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas' op de lokatie Someren uitgebreid met een aanvullend meetprogramma. Doel van het aanvullende meetprogramma was het vaststellen van de verschillende emissieroutes welke een rol spelen bij de belasting van het oppervlaktewater in de teelt van snijmaïs. Hierbij moet niet alleen gedacht worden aan drift, maar ook aan afspoeling vanaf perceel en talud, uitspoeling via drains, depositie uit de atmosfeer (regenwater) en het inwaaien van gronddeeltjes. Naast een semi-kwantitatieve bepaling van de omvang van deze routes is bekeken of aanpassingen in de bedrijfsvoering (emissiebeperkende maatregelen) in de praktijk leiden tot een vermindering van de emissie naar oppervlaktewater.

Het meetprogramma is opgesteld in nauwe samenwerking met de projectleiding van het demonstratieproject, te weten het Projectbureau van de Noord-Brabantse Christelijke Boerenbond (NCB), de bij het project betrokken medewerkers van De Landbouwvoorlichting (DLV), de Gemeenschappelijke Technologische Dienst van de vier Oostbrabantse waterschappen (GTD) en het Waterschap de Aa. De veldwerkzaamheden vonden steeds plaats in goed overleg met de betrokken agrariërs en loonwerkers. Het meetprogramma is technisch ondersteund door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Niet alleen leverden zij een grote bijdrage aan de bemonsteringen, ook alle chemische analyses vonden plaats op het RIVM.

Voor het meetprogramma in het demonstratieproject zijn in totaal drie percelen geselecteerd. Op deze percelen zijn tijdens en na toepassing van gewasbeschermingsmiddelen de emissiestromen gekwantificeerd. In hoofdstuk 3 worden de drie geselecteerde percelen beschreven, compleet met de inrichting van monstername-apparatuur en de bewerkingen die op de percelen hebben plaatsgevonden. In hoofdstuk 4 wordt een overzicht gegeven van de meetmethoden die voor kwantificering van de verschillende emissieroutes zijn gehanteerd. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de diverse metingen gepresenteerd.

In het laatste hoofdstuk worden conclusies gepresenteerd en worden aanbevelingen gedaan voor de praktijk, voor verder onderzoek naar de emissie van gewasbeschermingsmiddelen en voor beleidsontwikkeling.

## 2 Emissieroutes in de snijmaïsteelt

### 2.1 Algemeen

In 1995 bedroeg het totale gebruik aan gewasbeschermingsmiddelen uitgedrukt in werkzame stof in Nederland 10923 ton (Nefyto, 1996). Hiervan werden circa 3300 ton via diverse routes in de drie milieuc compartimenten lucht, bodem en grondwater, en oppervlaktewater geëmitteerd (Commissie van Deskundigen, 1996). Schattingen op basis van modelberekeningen wijzen uit dat het grootste gedeelte hiervan (circa 3100 ton, 95 procent) in de atmosfeer terecht komt. Een kleiner deel (circa 123 ton, 4 procent) bereikt de bodem en het grondwater, terwijl het oppervlaktewater met circa 46 ton (1,4 procent) werkzame stof wordt belast. Men dient hierbij te bedenken dat deze compartimenten aanzienlijk verschillen wat betreft hun grootte. Bovendien kunnen er binnen een milieuc compartiment zeer grote concentratieverschillen bestaan tussen lokaties.

De hoeveelheid en aard van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen verschillen uiteraard per gewas. Voor snijmaïs werd in 1995 in geheel Nederland circa 688 ton werkzame stof ingezet. Het betrof vooral herbiciden (435 ton werkzame stof) en minerale olie (239 ton). Van de herbiciden werd het grootste deel gevormd door atrazin (165 ton), bentazon (107 ton), metolachloor (57 ton) en pyridaat (56 ton) (CBS, 1997). De meest gebruikte middelen in Someren in 1995 waren atrazin, bromoxynil, metolachloor en pyridaat (NCB, 1997). Het belangrijkste verschil ten opzichte van de rest van Nederland is het lage gebruik van bentazon en het hoge gebruik van bromoxynil.

Hoewel de hoeveelheid werkzame stof die het oppervlaktewater bereikt slechts een gering deel van het totale gebruik uitmaakt, kunnen plaatselijk concentraties worden bereikt die leiden tot aantasting van de milieukwaliteit. Of dergelijke effecten optreden wordt niet alleen bepaald door de totale hoeveelheid (vracht) van een stof, maar ook door de tijdsduur waarbinnen deze vracht het compartiment bereikt. De combinatie van vracht, transporttijd, afbraaksnelheid, adsorptie en verdunning bepaalt welke concentratie het gewasbeschermingsmiddel in het compartiment zal bereiken. Transport van werkzame stof naar oppervlaktewater kan via verschillende routes plaatsvinden (fig. 1). Welke routes zijn te onderscheiden is bekend. Het belang van elk der routes is echter slechts moeilijk te kwantificeren, en wordt sterk beïnvloed door de eigenschappen van de verschillende stoffen, gebiedskenmerken, meteorologie, toedieningstechnieken etc. Hierdoor kunnen er tussen teelten grote verschillen bestaan wat betreft het belang van verschillende routes. Voor de maïsteelt, qua areaal het grootste akkerbouwgewas van Nederland, is nauwelijks specifieke informatie aanwezig omtrent het belang van de verschillende routes.

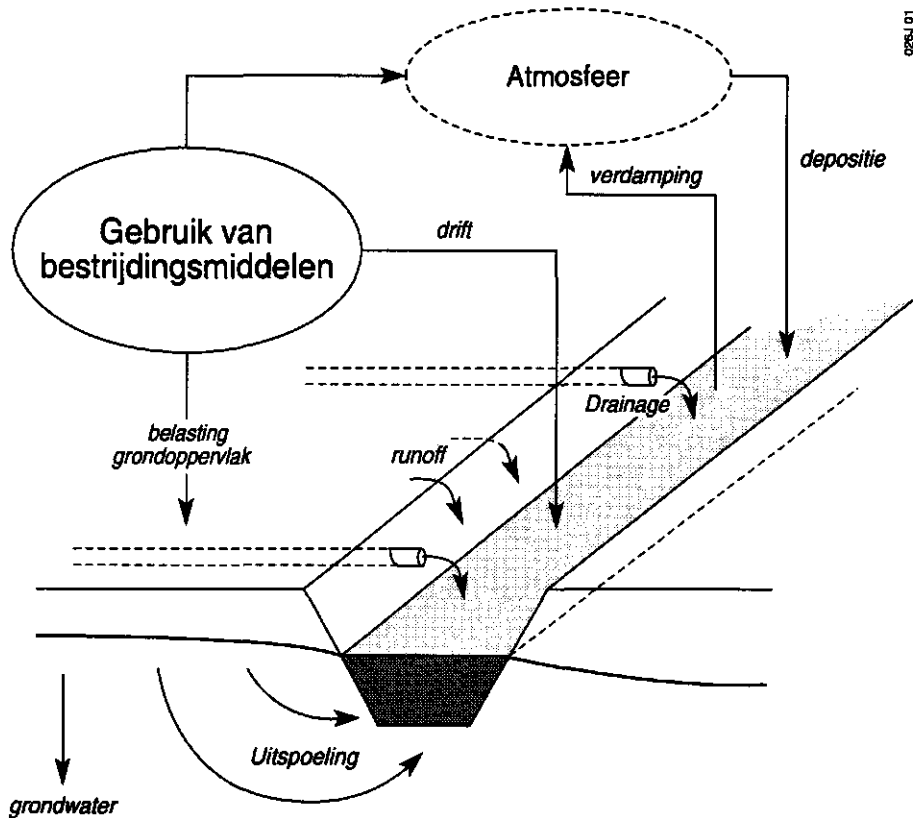


Fig. 1 Schematische weergave van de routes waarlangs gewasbeschermingsmiddelen het oppervlaktewater kunnen belasten

## 2.2 Spuitsdrift

Tijdens de bespuiting van een perceel kunnen druppeltjes spuitvloeistof verwaaien naar nabijgelegen waterlopen. De mate waarin dit optreedt is sterk afhankelijk van de omstandigheden waaronder de bespuiting wordt uitgevoerd (hoogte van de spuitboom, type doppen, windrichting en -snelheid, afstand tot de waterloop, gewasstadium). Voor metingen die onder praktijkomstandigheden zijn uitgevoerd worden dan ook sterk wisselende depositiepercentages gerapporteerd. In een recente studie voor akkerbouwgewassen werden bijv. depositiepercentages van 0,3 tot 12,6% van de dosis onder de spuitboom gemeten op drie meter afstand van de buitenste spuitdop (Van der Pas et al., 1997). Porskamp et al. (1995) rapporteren afhankelijk van de gebruikte spuittechniek depositiepercentages van 0,3 tot 3,9% op een wateroppervlak op twee tot drie meter afstand van de laatste spuitdop, waarbij de spuitboom zich 0,7 m boven het gewas (gemiddeld 0,5 m hoog) bevond. Door gebruik van luchtondersteuning bij de doppen werd een reductie van de emissie naar het wateroppervlak van 50% bereikt (Porskamp et al., 1995). Van de Peppel-Groen et al. (1995) vonden op twee tot drie meter afstand van de buitenste dop 3,0% depositie.

Doordat de concentratie van een gewasbeschermingsmiddel in de spuitvloeistof erg hoog is zal ook een geringe mate van spuitsdrift al snel leiden tot een aanzienlijke concentratie van een stof in het oppervlaktewater.

## 2.3 Uitspoeling

Bij uitspoeling kan een onderscheid worden gemaakt tussen verticale (diepe) uitspoeling en laterale (ondiepe) uitspoeling. Verticale uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen leidt tot chronische belasting van het grondwater en speelt vanwege de lange transporttijden voor de belasting van het oppervlaktewater een minder belangrijke rol dan laterale uitspoeling. Transport van middelen door laterale uitspoeling verloopt via ondiepe stroombanen naar het oppervlaktewater. Hierbij spelen zowel de hydrologie in het gebied als de eigenschappen van de stof en van de bodem een belangrijke rol. De mate waarin een stof uitspoelt wordt in hoge mate bepaald door de omzettingssnelheid in de bodem, de mate van sorptie van de stof aan bodemmateriaal, de opname door planten, de vervluchtiging vanaf gewassen en bodem, de waterdoorlaatbaarheid van een bodem en het neerslagoverschot. Van sterk sorberende of snel afbrekende stoffen zal een geringere fractie het oppervlaktewater bereiken. De concentratie van de stof in ondiep grondwater geeft een indicatie van het risico van lateraal uitspoelen van een verbinding. Indien de stof niet uitspoelt naar grondwater dan is de laterale uitspoeling wellicht ook van minder belang. In tegenstelling tot drift zal laterale uitspoeling in het algemeen leiden tot een langdurige belasting van het oppervlaktewater met relatief lage concentraties.

De omvang van laterale uitspoeling is niet goed bekend. De Geus-van der Eijk et al. (1997) hebben laten zien dat op zwellende/krimpde kleigrond haloxyfop in het bovenste grondwater voorkwam terwijl chloridazon en bentazon niet werden aangetroffen. De drie middelen werden alle aangetroffen in drainwater, waarbij bentazon pas negen maanden na toepassing in drainwater werd gevonden. Van der Pas et al. (1995) constateerden dat chloridazon in de meeste monsters drainwater van bloembollenpercelen in Wassenaar en St. Maartensbrug werd gevonden. Metamitron werd slechts in een zeer beperkt aantal (2 van de 25) monsters gevonden, terwijl carbendazim in een kwart (8 van de 32) monsters werd gemeten.

## 2.4 Afspoeling

Indien neerslag over het bodemoppervlak naar het oppervlaktewater stroomt zal hierin een gedeelte van het nog aanwezige gewasbeschermingsmiddel worden meegenomen, hetzij in opgeloste vorm danwel gesorbeerd aan meegevoerde gronddeeltjes. Transport via afspoeling zal vooral een rol spelen als er sprake is van intensieve neerslag. Vooral in de winterperiode kan in deze situatie de (schijn-) grondwaterspiegel boven maaiveldniveau stijgen. In het voorjaar en in de zomer (de periode die in dit project wordt beschreven) zal afspoeling vooral optreden als de infiltratiecapaciteit van de bovenste grond te laag is, bijv. door verslempen van de toplaag of door dichtrijden met zware machines of bij zeer hoge neerslagintensiteit.

In de buitenlandse literatuur over afspoeling worden vooral studies beschreven in gebieden met hellingen van meer dan 3%, of in sterk geaccidenteerde gebieden. Over de afspoeling vanaf relatief vlakke percelen, zoals die in Nederland het meest voorkomen, is weinig bekend. In een studie van Van der Pas et al. (1997) op een vlak perceel in Westmaas werd geconcludeerd dat bij zwaardere kleigronden

oppervlakteaftstroming slechts sporadisch voor zal komen, waarbij vooral de krimpscheuren, de verhoogde akkerranden en het ploegen op wintervoor belangrijke factoren zijn. Door verslemping van de toplaag bij lichtere zavelgronden en lemige zandgronden kan vaker oppervlakteaftstroming plaatsvinden, waarbij echter een verhoogde akkerrand transport naar het oppervlaktewater zal belemmeren.

Hoe groter de tijdsduur tussen de toepassing van een middel en het moment dat afspoeling optreedt, des te kleiner zal de fractie van de dosering zijn die afspoelt. In de tussenliggende tijd zal immers een deel van het middel worden afgebroken, verdampen of in de bodem dringen. Oppervlakkige afspoeling speelt dan ook vooral een rol indien hevige regenval optreedt binnen enkele weken na gebruik van het middel. In het geval dat afstromend water het oppervlaktewater bereikt kan dit resulteren in hoge concentraties van het gewasbeschermingsmiddel op de plaats van afspoeling (Wauchope, 1978).

## **2.5 Atmosferische depositie**

Tijdens en na de toepassing van een gewasbeschermingsmiddel zal een gedeelte via verdamping vanaf de grond of vanaf het gewas in de atmosfeer belanden. Een ander deel zal tijdens de bespuiting in de vorm van fijne aërosolen in de lucht komen. Beide vormen (verdampt danwel aërosol) kunnen via de atmosfeer snel en ver worden getransporteerd en uiteindelijk elders de grond of het oppervlaktewater bereiken. Uit metingen is gebleken dat in regenwater ook gewasbeschermingsmiddelen worden aangetroffen afkomstig van verder weg gelegen plaatsen (Heemraadschap Fleverwaard, 1993; Prov. Zuid-Holland, 1994; Van der Pas et al., 1997).

Depositie op de grond (of op het oppervlaktewater) kan optreden als droge of als natte depositie. In het eerste geval kan het gewasbeschermingsmiddel gesorbeerd zijn aan vaste deeltjes (stof) die uit de lucht vallen. Natte depositie treedt op als het middel eerst is opgenomen in neerslag, en samen hiermee de grond bereikt.

Uit studies naar de vervluchtiging van diverse gewasbeschermingsmiddelen vanaf verschillende gronden en gewassen is duidelijk geworden dat aanzienlijke hoeveelheden (enkele procenten tot tientallen procenten van de gebruikte hoeveelheid) via vervluchtiging de atmosfeer bereiken (Smit et al., 1997, 1998). Welk deel hiervan uiteindelijk na transport door de atmosfeer via natte of droge depositie neerdaalt is niet duidelijk. Tijdens het verblijf in de atmosfeer kunnen (foto-) chemische reacties optreden waardoor een deel van de stof wordt afgebroken. De snelheid waarmee dit gebeurt verschilt tussen verbindingen.

## **2.6 Stofverwaaiing**

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen adsorberen aan stofdeeltjes die vervolgens door verwaaiing in oppervlaktewater terecht komen. Van deze emissieroute wordt op basis van indicatieve berekeningen door CUWVO aangenomen dat de emissie naar oppervlaktewater slechts zeer beperkt is (minder dan 0,001% van de toegepaste

hoeveelheid; CUWVO, 1990). In de MJP-G-evaluatie 1995 wordt deze route niet kwantitatief beschreven door gebrek aan voldoende nauwkeurige informatie (Commissie van Deskundigen, 1996). Desalniettemin zijn er aanwijzingen dat ook in Nederland transport van gewasbeschermingsmiddelen via het verwaaien van stof plaats kan vinden (Goselink et al., 1993). In Nederland zal verwaaiing van stof (winderosie) vooral plaatsvinden in de Veenkoloniën, de Bollenstreek en het Noord-Limburgse aspergeteeltgebied (Eppink, 1982).

### **3 Beschrijving van de proefpercelen en bespuitingen**

#### **3.1 Algemeen**

Voor het meetprogramma zijn drie percelen geselecteerd in het demonstratiegebied ten zuiden van Someren. Op en rond deze percelen, die alle toebehoren aan deelnemers aan het demonstratieproject, zijn gedurende het teeltseizoen 1997 metingen verricht. Deze metingen hadden tot doel de routes te identificeren die een rol spelen bij de belasting van het oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen die in de teelt van snijmaïs worden toegepast.

Naast de voorwaarde dat op de percelen in 1997 snijmaïs moest worden geteeld, is bij de selectie van de proefpercelen vooral gekeken naar de afspoelingsgevoeligheid. In de wintermaanden is samen met DLV en Waterschap de Aa een ronde gemaakt in het gebied. Dit heeft geleid tot de selectie van een drietal percelen (fig. 2). Deze percelen werden alle gekenmerkt door lokale laagtes in het perceel op plaatsen dicht bij aangrenzende kavelsloten. Bij hevige regenval in de zomermaanden is de kans groot dat op deze punten oppervlakkige afvoer van water naar de aangrenzende sloot zal optreden. Op elk van de drie percelen zijn technische voorzieningen getroffen om metingen te kunnen verrichten. De meeste aandacht is uitgegaan naar perceel 1, vanwege a) het feit dat dit perceel gedraineerd is, b) het profiel en c) de afmetingen van de sloot langs het perceel. De meetintensiteit op de beide andere percelen is beperkt geweest.

Op de drie percelen hebben in totaal vier bespuitingen plaatsgevonden. In aanhangsel 1 wordt een samenvatting gegeven van de technische specificaties van de gebruikte spuitmachines. Tijdens de bespuitingen is op en rond de percelen de omvang van de spuitdrift bepaald. Vandaar dat bij de beschrijving meteorologische omstandigheden die heersten tijdens de bespuitingen zijn vermeld.



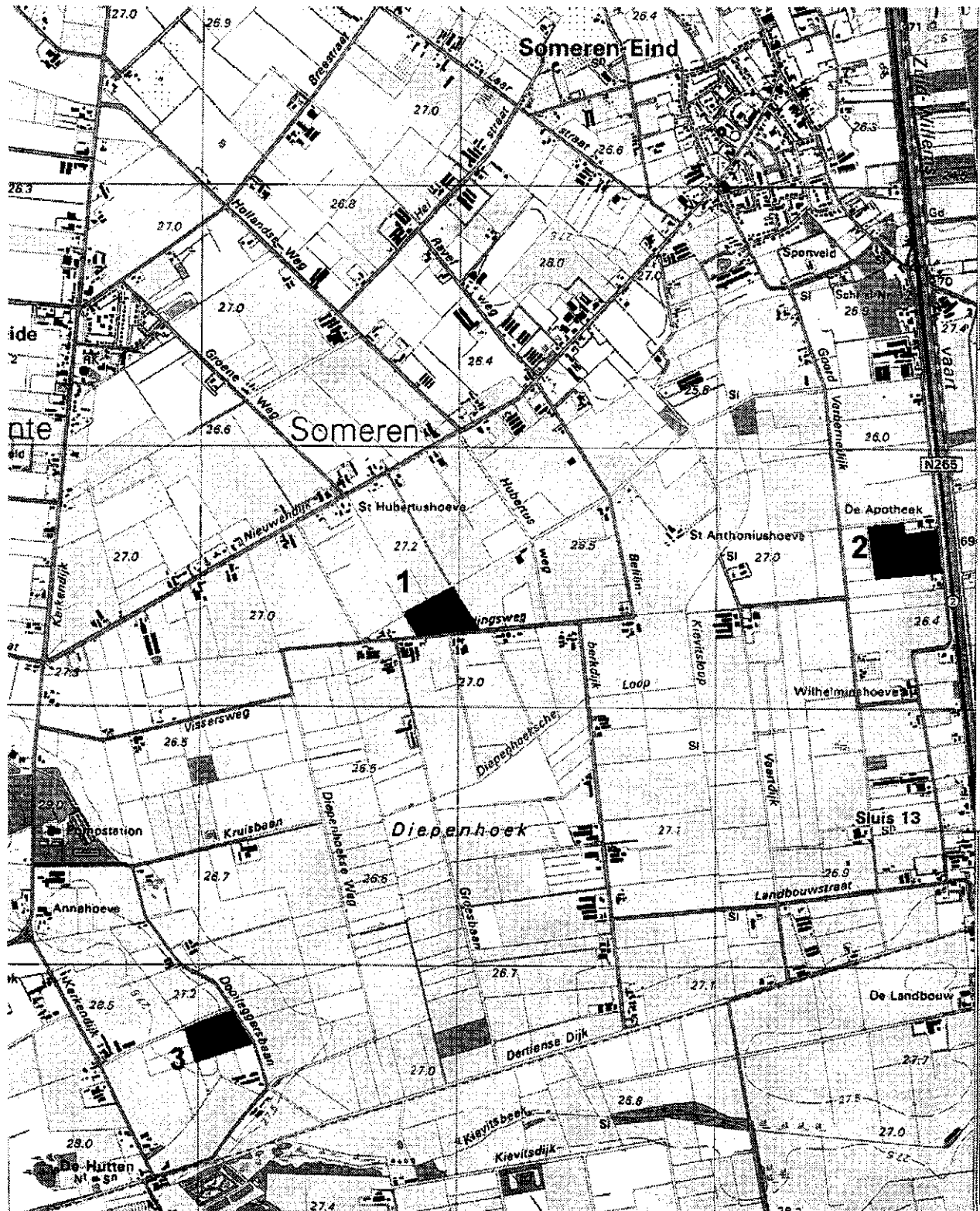


Fig. 2 Ligging van de proefpercelen 1, 2 en 3 binnen het projectgebied ten zuiden van Someren

## 3.2 Percelen en bespuitingen

### 3.2.1 Proefperceel 1

Dit perceel bevindt zich aan de Scheidingsweg te Someren en is gelegen tegenover huisnummer 7. Het betreft hier een gedraineerd snijmaïspanceel van circa 2,5 ha dat aan de noordzijde is begrensd door een watervoerende sloot die in beheer is bij het Waterschap de Aa (fig. 3).

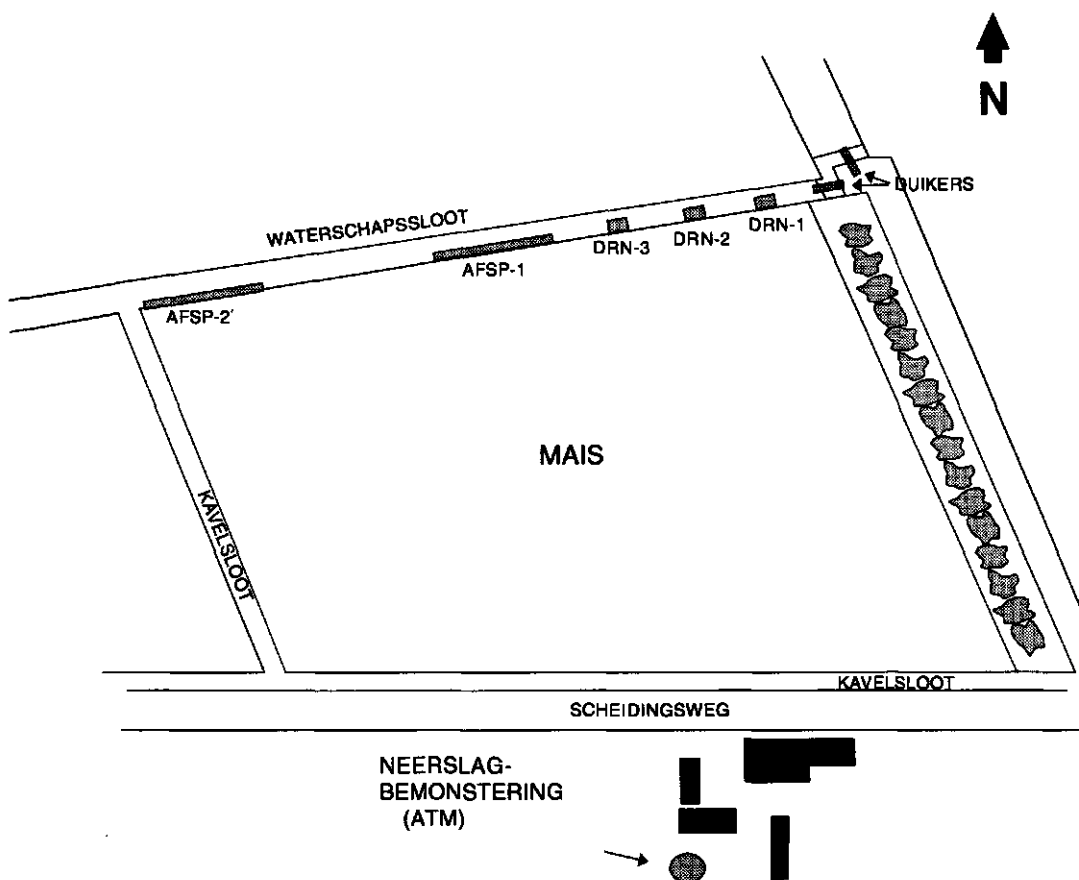


Fig. 3 Schematische weergave van proefperceel 1 inclusief de bemonsteringsapparatuur (DRN: drainbemonstering; AFSP: afspoelingsbemonstering)

Op perceel 1 zijn twee bespuitingen uitgevoerd, namelijk een vooropkomst bespuiting en een naopkomst bespuiting.

#### **Vooropkomst bespuiting**

Op 13 mei werd een grassenbestrijding uitgevoerd met Dual 720 Ec (metolachloor, 720 g/l) in een dosering van 2 l/ha. Het perceel werd rondom bespoten over de breedte van een volle boomlengte (22 m). De bespuiting werd uitgevoerd met een Douven veldspuit, gemonteerd op een MB Trac 900 Turbo (Staadegaard, Lieshout). De spuitboom was uitgerust met Teejet XR 110 05 VS spleetdoppen. Aan de buitenzijden van het perceel werd steeds een kantdop ingeschakeld (Teejet UB 85 04 SS),

gemonteerd in een aparte houder 20 cm buiten de laatste reguliere spuitdop. De afstand van de kantdop tot de insteek bedroeg 0,95 m. De spuitboom heeft aan weerszijden 22 doppen, hetgeen resulteert in een werkbreedte van 22 m. De vloeistofdosering werd ingesteld op 300 l/ha. Daarbij werd de spuitvloeistof verspoten onder een druk van 180 kPa (1,8 bar) bij een rijsnelheid van 6,5 km/uur. De spuitboomhoogte varieerde tussen 0,6 en 0,8 m. 13 Mei was een zonnige dag met een maximumtemperatuur van 21 °C. Er stond op het moment van bespuiting een zuid tot zuidoosten wind met een snelheid van 1,3 m/s, onder een hoek van 50 tot 90 graden op de sloot aan de noordzijde van het perceel. Registratie van de windsnelheid en -richting op 1,5 m hoogte tijdens de bespuitingen vond plaats met een datalogger (21X-micrologger, Campbell Scientific); de waarnemingen werden per 10 seconden gemiddeld.

#### ***Naopkomst bespuiting***

Op 4 juni 1997 werd een volveldsbespuiting uitgevoerd met 0,75 l/ha Gesaprim 500 FW (atrazin, 500 g/l) in combinatie met 0,31 l/ha Bropyr (10% bromoxynil; 30% pyridaat). Specificaties en instellingen van de spuitmachine waren gelijk aan die bij de vooropkomst bespuiting. De vloeistofdosering werd gemeten en bedroeg  $316 \pm 21$  l/ha. 4 Juni was een zonnige en zomerse dag met een maximum temperatuur van 25 °C. De zuidoosten wind was zwak (gemiddeld 2,3 m/s) en stond onder een hoek van 25 – 60 graden van de sloot af gericht.

### **3.2.2 Proefperceel 2**

Dit perceel bevindt zich aan een zandweg achter 'De Apotheek' gelegen tussen de Kanaaldijk-Zuid en de Goord Verbernedijk, vlakbij de Zuid-Willemsvaart (fig. 2). Het betreft hier een ongedraineerd maïspanceel van 4 ha dat gekenmerkt wordt door een laagte in het midden. Op het laagste punt wordt het perceel doorsneden door een kavelsloot (fig. 4; sloot-1).

Perceel 2 werd ingezaaid op 2 mei 1997. In plaats van een vooropkomst bespuiting werd dit perceel halverwege mei geëgd. Op perceel 2 werd alleen een naopkomst bespuiting uitgevoerd. Op 6 juni werd een volveldsbespuiting uitgevoerd met 1,5 l/ha Gesaprim 500 FW (atrazin, 500 g/l) in combinatie met 1,8 l/ha Litarol (bromoxynil, 250 g/l) en 0,3 l/ha Banvel 4S (dicamba, 480 g/l). De gebruikte spuitmachine was een Douven veldspuit gemonteerd op een MB Trac 800. De spuitboom was aan weerszijden voorzien van 23 doppen en had een totale werkbreedte van 23 m. De spuitboom was uitgerust met TeeJet XR 110 04 VS spleetdoppen en een TeeJet UB 85 04 SS kantdop, gemonteerd in een aparte houder, 20 cm buiten de laatste reguliere spuitdop. De afstand van de kantdop tot de insteek bedroeg 1,20 m.

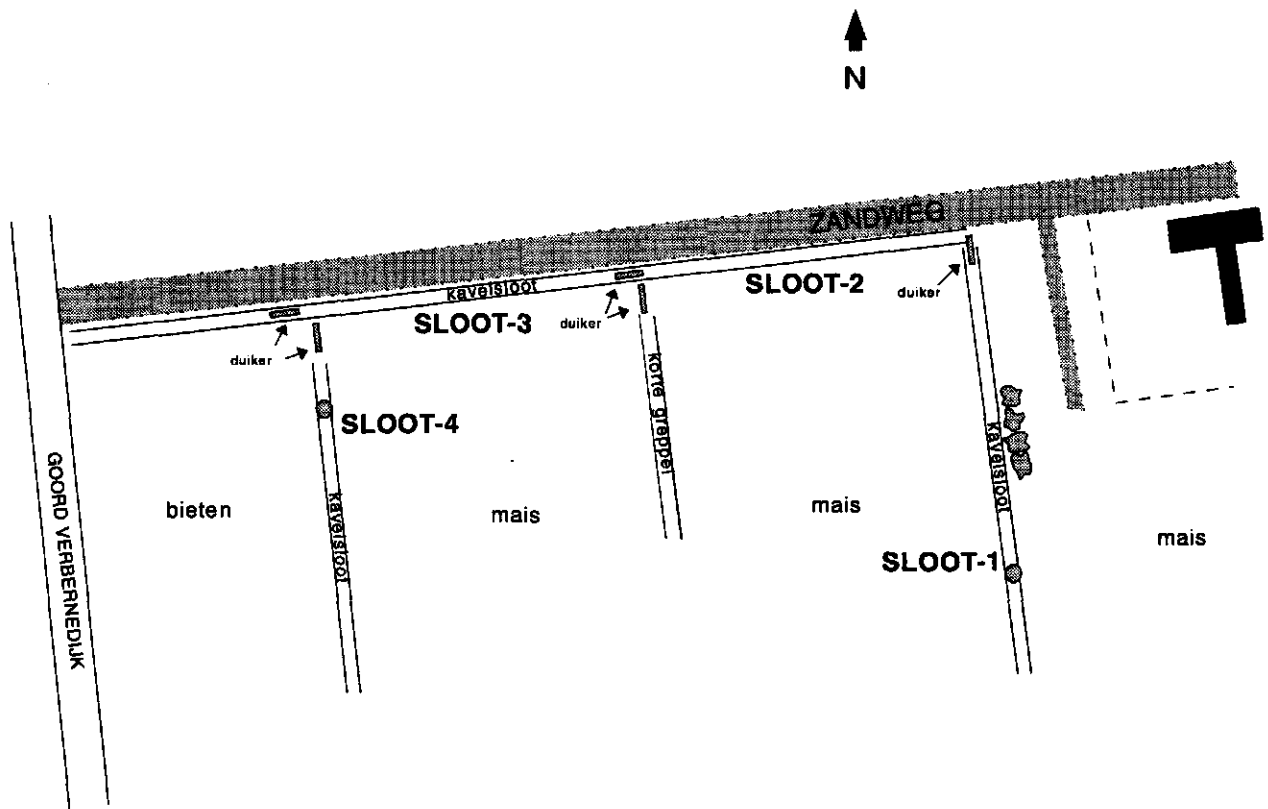


Fig. 4 Schematische weergave van proefperceel 2

De vloeistofdosing was ingesteld op 350 l/ha, waarbij de spuitvloeistof werd verspoten onder een druk van 380 kPa (3,8 bar). De rijsnelheid was circa 6 km/uur en de spuitboomhoogte varieerde tussen 0,6 en 0,8 m. 6 Juni was een echte zomerse dag, met een maximum temperatuur van 28 °C. De zuidoosten wind was zwak, gemiddeld  $2,2 \pm 0,4$  m/s, en stond onder een hoek van 50 tot 85 graden van de sloot af gericht. Registratie van de windsnelheid en -richting tijdens de bespuitingen vond plaats als vermeld bij perceel 1.

### 3.2.3 Proefperceel 3

Dit perceel is gelegen aan de Dooileggersbaan (fig 2.). Het betreft een bijna 3 ha groot snijmaïspaneel dat naar één kant helt. Aan deze zijde wordt het perceel begrensd door een waterschapssloot (sloot 1; fig. 5) en een kavelsloot (sloot 2; fig. 5).

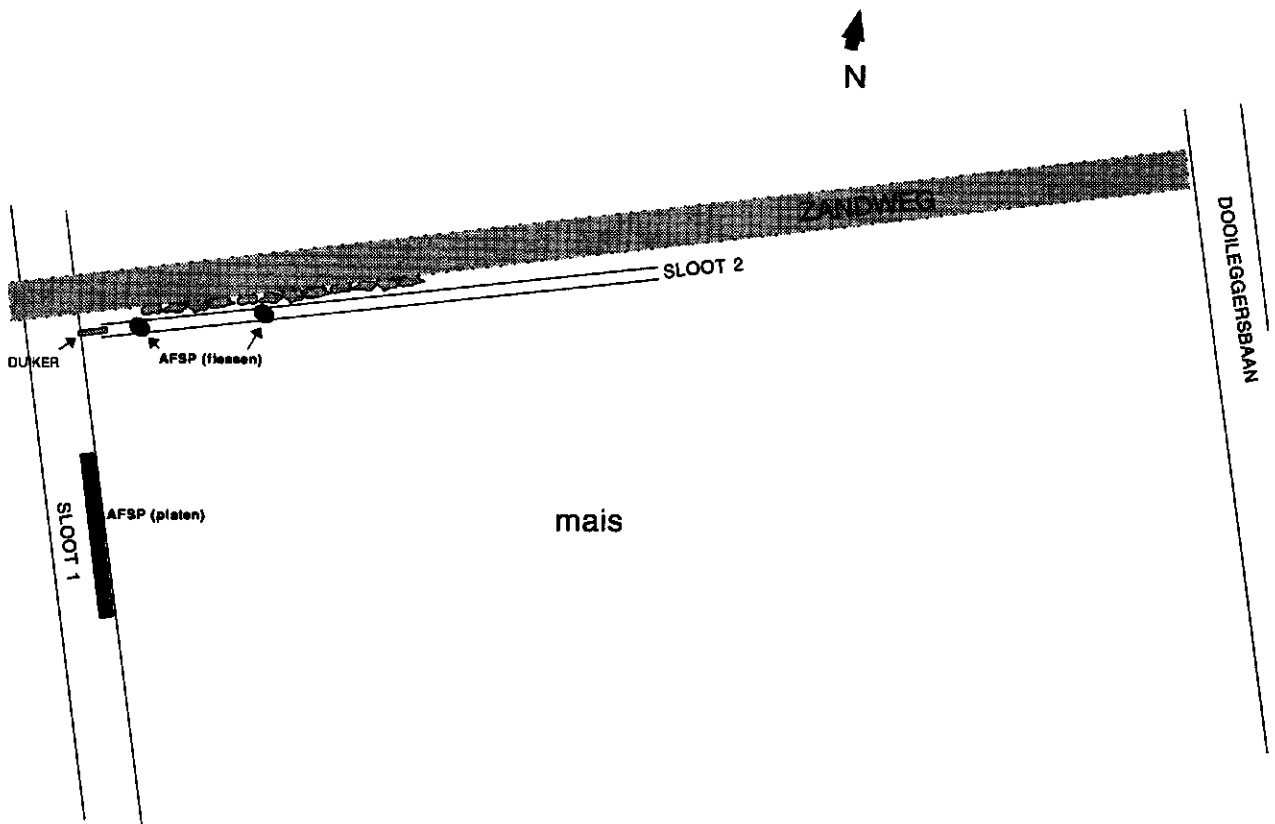


Fig. 5 Schematische weergave van proefperceel 3

Perceel 3 werd ingezaaid op 25 april 1997. In de eerste week van mei werd het perceel rondom bespoten met 2 l/ha Dual 720 Ec (metolachloor, 720 g/l). Bij deze vooropkomstbespuiting werden geen driftmetingen uitgevoerd.

Op 6 juni werd een volveldsbespuiting uitgevoerd met 1,34 l/ha Gesaprim 500 FW (atrazin, 500 g/l) in combinatie met 1,89 l/ha Bropyr (10% bromoxynil; 30% pyridaat) en 0,16 liter Litarol (bromoxynil, 250 g/l). Specificaties en instellingen van de spuitmachine waren gelijk aan die bij de vooropkomstbespuiting van perceel 1. De afstand van de kantdop tot de insteek van het talud bedroeg 0,95 m. Zoals vermeld bij de beschrijving van de bespuiting van perceel 2 was 6 juni een zomerse dag. De zuidoosten wind was zwak, gemiddeld  $2,2 \pm 0,4$  m/s en was tijdens de bespuiting onder een hoek van 60 tot 90 graden van sloot 1 af gericht.

## 4 Metingen

### 4.1 Algemeen

In tabel 1 wordt aangegeven welke emissieroutes op de drie percelen zijn bemonsterd. Op perceel 1 zijn alle emissieroutes bestudeerd, terwijl op perceel 2 en perceel 3 uitsluitend drift, afspoeling en uitspoeling naar het ondiepe grondwater zijn gemeten.

Tabel 1 Overzicht van de emissieroutes die op de verschillende percelen zijn bemonsterd

Perceel	Emissieroute					
	sputdrift	afspoeling	uitspoeling grondwater	uitspoeling drains	natte atmosferische depositie	verwaaiing stofdeeltjes
1	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X			
3	X	X	X			

### 4.2 Beschrijving van de meetmethoden voor de verschillende routes

#### 4.2.1 Spuitdrift

Driftmetingen werden op alle drie de percelen uitgevoerd op identieke wijze tijdens de toepassing. De spuitdruppeltjes werden opgevangen op collectoren van filtreerpapier (25 x 5 cm) in meetraaien die van tevoren waren uitgezet op het perceel, de perceelsrand, het sloottalud en het slootoppervlak. De collectoren werden binnen de meetraaien aaneengesloten weggelegd, haaks op de rijrichting en de sloot. Na de bespuiting werden de collectoren per meetpunt apart verzameld in glazen potten. Het effectief depositieoppervlak per meetpunt bedroeg 750 cm<sup>2</sup>. In het laboratorium werd aan elke pot 200 ml aceton toegevoegd voor de extractie van de gewasbeschermingsmiddelen. Tenslotte werden de extracten chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van de gewasbeschermingsmiddelen.

Ter controle van de concentratie aan werkzame stof in de spuitvloeistof en op de collectoren, werd de spuitvloeistof bemonsterd in de tank en tijdens de eerste spuitgang aan één van de spuitdoppen. Van deze monsters werd een deelmonster van 1 ml aan 100 ml aceton toegevoegd ter analyse in het laboratorium. Tevens werd 1 ml deelmonster aan 100 ml gezuiverd water (reversed osmosis water) toegevoegd. Van deze honderdmaal verdunde spuitvloeistof werd kort na de bespuiting 0,1 ml op een collector aangebracht. Deze zogenaamde recoverycollectoren werden op een aangrenzend perceel gelegd en na circa twee uur per drie stuks in één pot overgebracht en in het laboratorium op dezelfde wijze als de overige driftcollectoren geëxtraheerd.

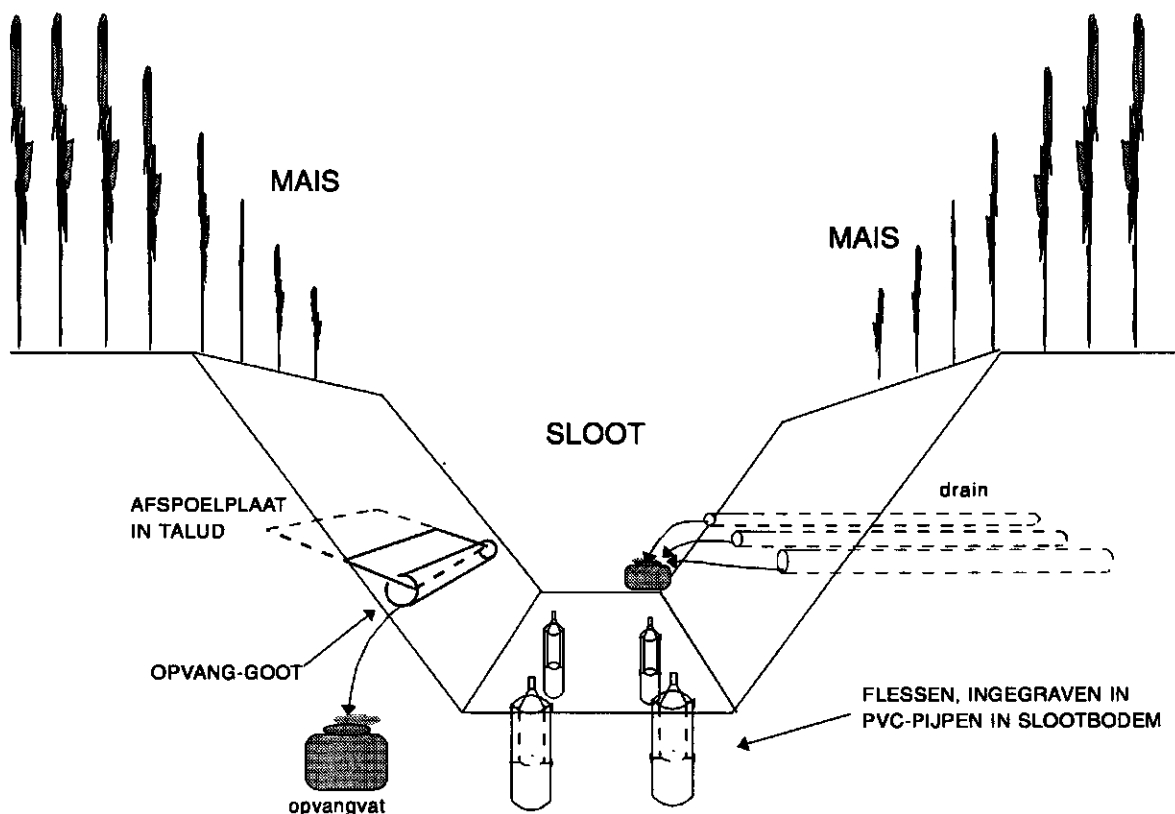


Fig. 6 Schematische weergave van de bemonsteringsapparatuur

#### 4.2.2 Uitspoeling naar oppervlaktewater via ondiep grondwater en drains

Het ondiepe grondwater (1,5 m beneden maaiveld) werd tijdens de eerste bemonstering (vóór het inzaaien van de maïs) op acht, en tijdens de tweede en derde bemonstering op twintig random gekozen plekken op elk der percelen bemonsterd. Voor elk perceel werden de aldus verkregen deelmonsters opgewerkt tot vier eindmonsters. Deze eindmonsters werden geëxtraheerd en chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen. Bemonstering vond op drie momenten plaats, namelijk op 25 april en 20 oktober 1997 en op 31 maart 1998.

Water dat door de drains op perceel 1 werd afgevoerd werd via kleine pvc-buizen, die in de drainagebuizen waren gestoken, naar een opvangvat (100 l) geleid (fig. 6). Op deze manier werden in totaal drie drainagebuizen bemonsterd. De drie geselecteerde drains lagen op 23 (DRN-1), 33 (DRN-2) en 42 m (DRN-3) van de duiker (fig. 3). Bij een drainafstand van 10 m en een lengte van 125 m werd het water van een totale oppervlakte van  $3 \times 10 \times 125 = 3750 \text{ m}^2$  opgevangen. De opvangvaten werden bemonsterd zodra deze water bevatten. De watermonsters werden vervolgens

geëxtraheerd en chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen.

### **4.2.3 Afspoeling**

Afspoeling werd gemeten op alle drie de percelen. Bij percelen 1 en 3 werden platen in het talud van het perceel geplaatst om het afstromende water op te vangen en naar opvangvaten te leiden. Door het ontbreken van een hoog talud was dit bij perceel 2 niet mogelijk. Op perceel 1 werd het afstromende water in twee polyethyleen opvangvaten verzameld. Op perceel 2 werd gebruik gemaakt van vier glazen opvangflessen. Op perceel 3 werd sloot 1 bemonsterd met platen en polyethyleen opvangvaten en in sloot 2 werden glazen opvangflessen gebruikt.

#### **4.2.3.1 Perceel 1**

Overtollig regenwater dat wegspoelde van het perceel werd op twee plaatsen opgevangen (fig. 3). Op de ene plaats kon het water vrij weglopen naar de sloot omdat daar de akkerrand was doorgestoken (AFSP-2); op de andere plaats vormde de akkerrand een barrière en werd het water aan de rand van het perceel tegengehouden (AFSP-1). Op beide plaatsen waren polyethyleen-platen (2 m x 0,4 m) in het talud gestoken. Aan de uiteinden van de platen waren PVC-buizen bevestigd waarmee het afspoelende water naar een polyethyleen opvangvat (100 l) werd geleid (fig. 6). De platen waren enigszins schuin in het talud gestoken, waarbij de platen zowel in lengte- als in dwarsrichting van de sloot hielden om afvoer van water via de buis naar het opvangvat mogelijk te maken. Links en rechts van elk opvangvat werden twee platen geplaatst, zodat per vat over een totale lengte van 8 m afspoelend water werd opgevangen. De beide opvangvaten werden zeven keer bemonsterd. De watermonsters werden geëxtraheerd en chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen.

#### **4.2.3.2 Perceel 2**

Wegens het ontbreken van een hoog talud aan de randen van de sloten bij perceel 2 was het niet mogelijk platen in het talud te plaatsen. Als alternatief werd gekozen voor het ingraven van glazen flessen in de bodem (fig. 6). De flessen werden op verschillende diepten in de slootbodem geplaatst met de bedoeling om per fles verschillend water te kunnen bemonsteren. De diep ingegraven flessen zouden het water bevatten dat als eerste in de sloot stroomde, terwijl de minder diep ingegraven flessen pas water zouden gaan bevatten als het waterpeil zou stijgen. Op deze wijze werden zowel bij SLOOT-1 als bij SLOOT-4 twee flessen ingegraven (fig. 4). De bedoeling was om de flessen te bemonsteren wanneer ze met hun hals boven het wateroppervlak uitstaken. Na monsternamen zou in het laboratorium extractie plaatsvinden, waarna de extracten zouden worden geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen.



### 4.2.3.3 Perceel 3

Bij perceel 3 werden in het talud van sloot 2 polyethyleenplaten gestoken en werden opvangbuizen en een opvangvat geplaatst (fig. 5). In sloot 1 werden op twee posities (AFSP-flessen) twee flessen ingegraven op de wijze zoals beschreven voor perceel 2 (fig. 6). Op beide punten was telkens één fles hoger geplaatst dan de andere. Wanneer de flessen water bevatten dan werd dit bemonsterd. Na extractie op het laboratorium vond chemische analyse plaats naar de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen.

### 4.2.4 Atmosferische depositie

Met een roestvrijstalen trechter met een diameter van 0,615 m werd regenwater opgevangen, dat werd verzameld in een roestvrijstalen vat ( $h \times d = 0,37 \text{ m} \times 0,29 \text{ m}$ ). Het vat stond opgesteld achter een aantal bedrijfsgebouwen ongeveer 100 m verwijderd van perceel 1 en andere maïspercelen (fig. 3). Het vat werd afgeschermd tegen zonnestraling door een grote kunststof ring waarop de stalen trechter rustte. De bovenrand van de trechter stond opgesteld op een hoogte van 1,20 m boven de grond. De opvangcapaciteit van de opstelling bedroeg 82 mm. Met een schrijvende regenmeter in de nabijheid van de meetopstelling werd de hoeveelheid en de intensiteit van de neerslag continu gevolgd. Het roestvrijstalen vat werd steeds bemonsterd zodra het water bevatte. De watermonsters werden vervolgens geëxtraheerd en chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen. De depositie (in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) werd berekend door de concentratie in de opgevangen depositie te vermenigvuldigen met de hoeveelheid neerslag die was geregistreerd door de regenmeter.

### 4.2.5 Verwaaiing van gronddeeltjes

Op drie punten in de kavelsloot naast perceel 1 werd stof opgevangen. Hiertoe werd op provisorische wijze een trechter (diameter 0,25 m) gekoppeld aan een glazen fles. Het geheel werd gemonteerd aan een opvangvat (drain of afspoeling) dat zich reeds in de sloot bevond. Op deze manier werden zowel stof als neerslag opgevangen. De flessen werden alleen bemonsterd als er neerslag in de flessen werd aangetroffen. Het opgevangen stof (incl. regenwater) werd bemonsterd, geëxtraheerd en geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen. De depositie (in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) werd berekend door de concentratie in het bemonsterde water te vermenigvuldigen met het opgevangen volume en te delen door het oppervlak van de gebruikte trechter. De opstelling om gronddeeltjes in te vangen is op 4 juni geplaatst, onmiddellijk na de toepassing van atrazin.

## **5 Resultaten en bespreking**

### **5.1 Algemeen**

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het meetprogramma 1997 kort besproken. Deze resultaten werden eind 1997 en begin 1998 op vier bijeenkomsten in Someren en Wanroij gepresenteerd aan de deelnemers van het project 'Bewust boeren voor een schone Maas'. Daarnaast hebben de deelnemers van het project in mei 1997 een bezoek gebracht aan proefperceel 1. Hierbij werd uitleg gegeven bij de verschillende meetopstellingen en werden vragen beantwoord die samenhangen met de emissieproblematiek in het algemeen. Hierbij waren naast de betrokken agrariërs ook medewerkers van de NCB, DLV, het Waterbedrijf Europoort en de Oostbrabantse waterschappen aanwezig.

### **5.2 Omvang van de emissieroutes**

Er zijn metingen verricht aan zes emissieroutes, waarbij de resultaten in eerste instantie worden gepresenteerd als analytisch-chemisch bepaalde concentraties in de verschillende monsters. Vervolgens werden op basis hiervan vrachten berekend en werd een beeld verkregen van de mate waarin de verschillende emissieroutes bijdragen aan transport van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater.

#### **5.2.1 Spuitdrift**

De drift is over het gehele profiel van de sloot gemeten in termen van depositie over een traject vanaf de laatste spuitdop tot het talud aan de overzijde van de sloot. In figuur 7 wordt voor de vier bespuitingen op drie percelen het verloop van drift als functie van de afstand tot de laatste spuitdop weergegeven. De afstand is gegeven als de afstand van het midden van de collector ten opzichte van de laatste reguliere spuitdop. De gebruikte kantdoppen zaten 0,2 m voorbij deze laatste dop. Voor een punt op 1 m vanaf de kantdop wordt in de figuren en tabellen daarom 1,2 m als afstand tot de laatste reguliere dop gegeven. Drift is weergegeven als hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel per oppervlakteenheid ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ). De gemiddelden van twee waarnemingen (twee meetraaien op dezelfde afstand tot de laatste dop) zijn voor alle bespuitingen weergegeven in tabel 2.

Depositie door spuitdrift daalt bij toenemende afstand tot de buitenste spuitdop, waarbij de depositie tot enkele tienden van procenten is gedaald op vijf meter afstand. Voor de drie percelen was de afstand tussen buitenste dop en slootoppervlak enigszins verschillend. Bovendien was de ligging van de sloten ten opzichte van de percelen en de windrichting tijdens toepassing enigszins verschillend voor de sloten. Dit heeft geresulteerd in verschillende deposities van werkzame stof op het wateroppervlak. In tabel 3 wordt aangegeven wat de gemiddelde depositie over de volledige breedte van de sloot was.

Tabel 2 Depositie door spuitdrift (gemiddelde  $\pm$  standaarddeviatie) in relatie tot de gemiddelde afstand tot de buitenste reguliere dop<sup>a</sup>

Gemiddelde afstand tot buitenste reguliere dop (meter)	Perceel 1, vooropkomst <sup>b</sup> ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Perceel 1, naopkomst <sup>c</sup> ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Perceel 3, naopkomst <sup>d</sup> ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Perceel 2, naopkomst <sup>e,f</sup> ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
0,00	19,3 $\pm$ 0,7	3,86 $\pm$ 0,01	6,7 $\pm$ 0,9	7,34
0,33	7,2 $\pm$ 1,0	4,3 $\pm$ 0,6	5,8 $\pm$ 0,8	
0,45				0,18
0,70	1,0 $\pm$ 0,8	2,4 $\pm$ 0,8	1,1 $\pm$ 0,7	
0,95				0,12
1,20	0,14 $\pm$ 0,08	0,4 $\pm$ 0,4	0,3 $\pm$ 0,2	
1,45				0,020
1,70	0,08 $\pm$ 0,02	0,1 $\pm$ 0,1	0,05 $\pm$ 0,01	
1,95				0,074
2,20	0,15 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	
2,45				0,035
2,70	0,03	0,03 $\pm$ 0,04	0,01 $\pm$ 0,01	
2,95				0,014
3,20	0,2 $\pm$ 0,1	0,02 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,03	
3,45				0,014
3,70	0,10 $\pm$ 0,04	0,03 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,01	
3,95				0,019
4,20	0,10 $\pm$ 0,06	0,03 $\pm$ 0,04	0,01 $\pm$ 0,01	
4,45				0,016
4,70	0,12 $\pm$ 0,02	0,03 $\pm$ 0,03	0,03 $\pm$ 0,03	
4,95				0,024
5,20	0,17 $\pm$ 0,08	0,01 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,05	
5,70	0,2 $\pm$ 0,2	0,08 $\pm$ 0,04	0,01 $\pm$ 0,01	

<sup>a</sup> De spuitboomhoogte was bij alle bespuitingen 0,6-0,8 m boven de grond.

<sup>b</sup> Metolachloor, nominale dosis 14,4  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Windsnelheid 1,3 m/s, richting 60  $\pm$  15° slootafwaarts; gemeten depositie onder de spuitboom 330  $\pm$  51 l/ha.

<sup>c</sup> Atrazin, nominale dosis 3,75  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Windsnelheid 2,3 m/s, richting 43  $\pm$  19° slootafwaarts; gemeten depositie onder de spuitboom 316  $\pm$  21 l/ha.

<sup>d</sup> Atrazin, nominale dosis 6,71  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Windsnelheid 2,2 m/s, richting 67  $\pm$  18° slootafwaarts; gemeten depositie onder de spuitboom 351  $\pm$  30 l/ha.

<sup>e</sup> Atrazin, nominale dosis 7,50  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Windsnelheid 2,2 m/s, richting 77  $\pm$  27° slootafwaarts; gemeten depositie onder de spuitboom 296  $\pm$  45 l/ha.

<sup>f</sup> Op perceel 2 zijn de driftmetingen in enkelvoud (één meetraai) uitgevoerd, op percelen 1 en 3 in tweevoud.

Tabel 3 Depositie op het wateroppervlak van de sloten die aan de percelen grenzen, uitgedrukt als percentage van de depositie onder de spuitboom

Perceel	Afstand sloot tot buitenste dop (m)	Gemiddelde depositie (%)	Windsnelheid (m/s)
1	3,20 – 4,20	0,7	1,3 – 2,3
2	2,95 – 3,45	0,2	2,2
3	2,70 – 3,20	0,5	2,2

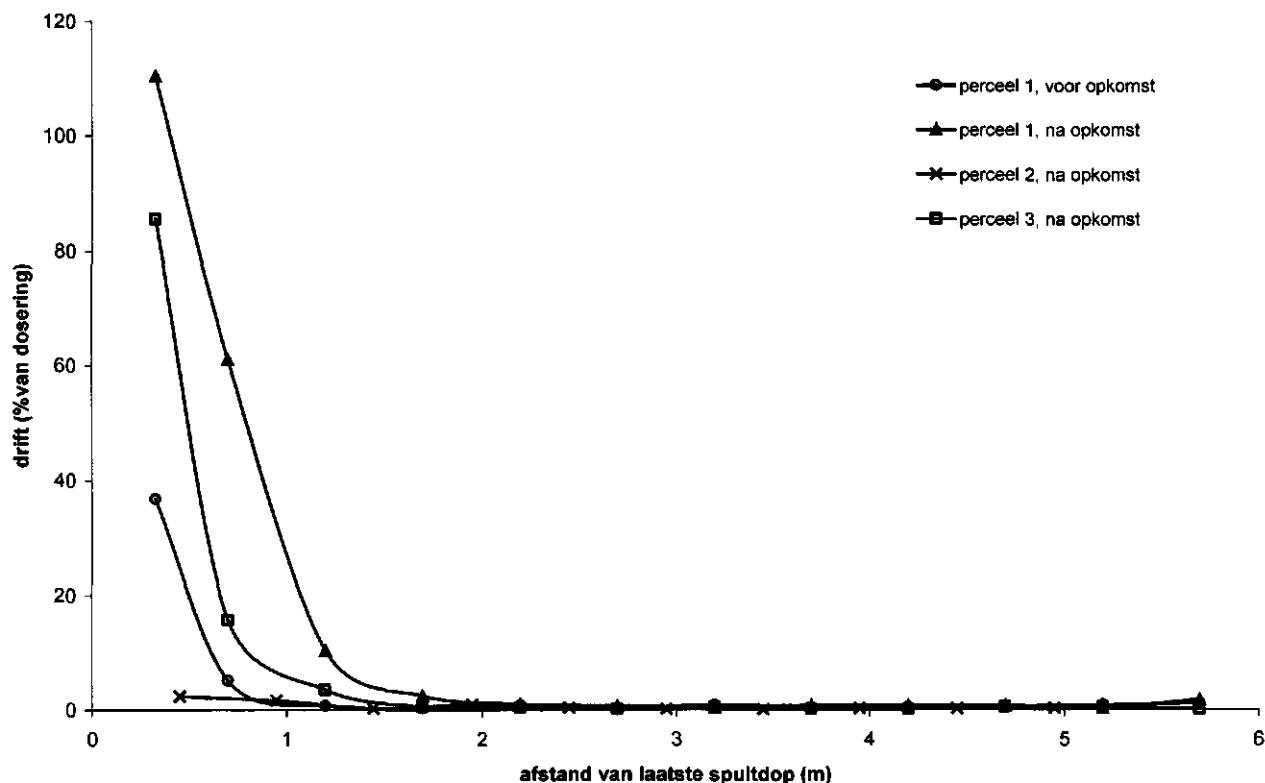


Fig. 7 Depositie gemeten tijdens de bespuitingen op percelen 1, 2 en 3

De verschillen tussen de beide meetraaien binnen één bespuiting zijn groot en variëren van ruim 50% bij de vooropkomst bespuiting op perceel 1 tot bijna 100% bij de naopkomst bespuiting op perceel 1. De variatie bij de driftmetingen op perceel 3 ter hoogte van de sloot bedraagt circa 65%. Dit betekent dat de grootte van de depositie op het slootoppervlak een factor twee kan afwijken van de hier gevonden gemiddelde waarden. Rekening houdend met deze factor twee zou het hoogste percentage drift op het slootoppervlak 1,4% van de referentiedosis bedragen. Deze getallen zijn gemiddeld lager dan de 0,3 – 3,9% die door Porskamp et al. (1995) worden gegeven voor reguliere spleetdoppen. In de IMAG-studie waren de hoogte van de spuitboom boven het maaiveld, de druppelgrootte, de gebruikte spuitdruk, de heersende windsnelheid en richting allen minder gunstig dan in de huidige situatie en er werd geen gebruik gemaakt van kantdoppen.

### 5.2.2 Uitspoeling via drains en ondiep grondwater

Op alle drie de percelen werd op drie tijdstippen (25 april en 20 oktober 1997 en 31 maart 1998) het ondiepe grondwater bemonsterd en geanalyseerd op metolachloor, atrazin en bromoxynil. Geen van de drie stoffen werd in het bemonsterde grondwater aangetroffen. Metingen uitgevoerd door het RIVM bevestigen het beeld dat atrazin meestal niet of slechts in zeer lage concentraties net boven de detectielimiet wordt aangetroffen in ondiep grondwater. In incidentele gevallen werd atrazin aangetroffen in

concentraties ruim boven de detectielimiet (tot 0,22 µg/l, Wanroy juni 1989) (A.M.A. van der Linden, RIVM, persoonlijke mededeling 1998).

Op perceel 1 werden drie drainbuizen bemonsterd. De meetresultaten laten zien dat alleen atrazin incidenteel in het bemonsterde drainwater voorkwam (tabel 4). Het ging in die gevallen om concentraties net boven de detectielimiet. De beide andere stoffen, metolachloor en bromoxynil, werden niet in het drainwater aangetroffen.

Tabel 4 Concentratie van metolachloor, atrazin en bromoxynil in water afkomstig uit drie drainagebuizen op perceel 1

Weeknr.	Concentratie in drainagewater (µg/l)								
	Metolachloor			Atrazin			Bromoxynil		
Buis	1	2	3	1	2	3	1	2	3
19	<0,1	n.b.	n.b.	<0,02	n.b.	n.b.	<0,1	n.b.	n.b.
21	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	n.b.	n.b.	<0,1	n.b.	n.b.
21	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	<0,02	0,05	<0,1	<0,1	<0,1
24	<0,1	<0,1	<0,1	0,05	0,06	0,06	<0,1	<0,1	<0,1
25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	0,05	0,07	<0,1	<0,1	<0,1
26	<0,1	n.b.	n.b.	<0,02	n.b.	n.b.	<0,1	n.b.	n.b.

n.b.: niet bemonsterd (geen water in opvangvat)

Er bestaat een discrepantie tussen de uitkomsten van de metingen voor atrazin in ondiep grondwater en die in drainwater. Atrazin werd kort na de toepassing in week 23 in het drainwater gevonden, maar de stof is niet in ondiep grondwater aangetroffen. Ook in onderzoek van De Geus-van der Eijk et al. (1997) verschenen de residuen eerder in het drainagewater, en waren de concentraties in drainagewater hoger dan in ondiep grondwater. Dit duidt op relatief snelle laterale afvoer en slechts geleidelijke penetratie naar de bemonsterde grondwaterdiepte.

Na week 26 was de waterstand in de sloot zeer hoog, waardoor mogelijk slootwater in de drains is geïnfiltreerd. De resultaten van de metingen na week 26 kunnen hierdoor niet als betrouwbaar worden beschouwd en zijn daarom niet in tabel 4 opgenomen.

Een bijkomende complicatie is dat de hoeveelheid opgevangen drainwater sterk in de tijd varieerde, van tien tot meer dan honderd liter per week. Doordat het opgevangen volume was beperkt tot honderd liter is het niet mogelijk betrouwbare vrachten te berekenen. Door deze complicaties is deze emissieroute niet te kwantificeren op basis van de beschikbare meetgegevens.

### 5.2.3 Afspoeling

Op perceel 1 werd op twee plaatsen afspoeling gemeten, namelijk op een plaats waar het water vrij kon weglopen naar de sloot omdat daar de akkerrand was doorgestoken en op een plaats waar het overtollige water aan de rand van het perceel werd tegengehouden door de oorspronkelijke ongeploegde akkerrand. Op beide plaatsen zijn de drie werkzame stoffen die zijn toegepast, metolachloor, atrazin en bromoxynil, tot afspoeling gekomen. De meetgegevens voor beide plaatsen zijn verzameld in tabel 5 en weergegeven in figuren 8 en 9.

Tabel 5 Concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in afspoelend water op perceel 1. Metolachloor werd in week 20 toegepast, terwijl atrazin en bromoxynil in week 23 werden gebruikt

Weeknr.	Niet doorgestoken			Doorgestoken		
	Metolachloor	Atrazin	Bromoxynil	Metolachloor	Atrazin	Bromoxynil
20	2,50	0,08	< 0,1	3,30	0,06	< 0,1
21	0,41	0,07	< 0,1	56,7	0,60	< 0,1
24	0,65	5,61	0,72	50,2	6,31	1,00
25	0,41	1,78	< 0,1	80,2	43,85	17,3
26	0,31	1,53	< 0,1	75,7	13,33	4,60
27	< 0,1	0,39	< 0,1	15,2	6,57	0,19
29	< 0,1	0,21	< 0,1	11,1	5,80	< 0,1
31	0,12	0,38	< 0,1	8,40	3,78	< 0,1
39	0,20	< 0,02	< 0,1	3,50	2,22	< 0,1
45	< 0,1	< 0,02	< 0,1	1,01	0,60	< 0,1

Atrazin werd reeds voor gebruik op perceel 1 aangetroffen in het verzamelde water. Bij controle bleek dat in de periode vóór week 22 de deksels van de opvangvaten enigszins lekten en de vaten langzaam volstroonden met slootwater. De aanwezigheid van atrazin is dan ook mogelijk het gevolg van het gebruik van atrazin op andere percelen, waarbij de stof in het oppervlaktewater terecht is gekomen. Het zou ook kunnen gaan om een restant van het middel uit voorgaande jaren dat via het grondwater het oppervlaktewater bereikt of dat nog op het oppervlak van het perceel aanwezig was.

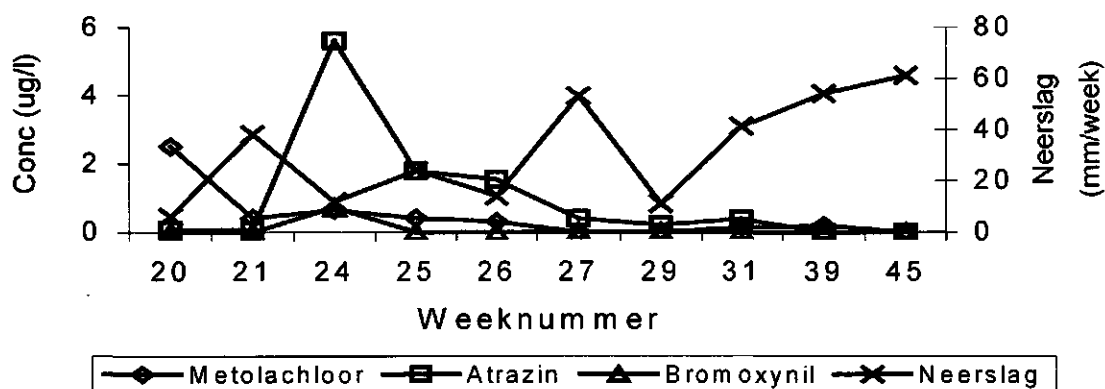


Fig. 8 Concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in het afgespoelde water en wekelijkse neerslag voor perceel 1, niet-doorgestoken akkerrand

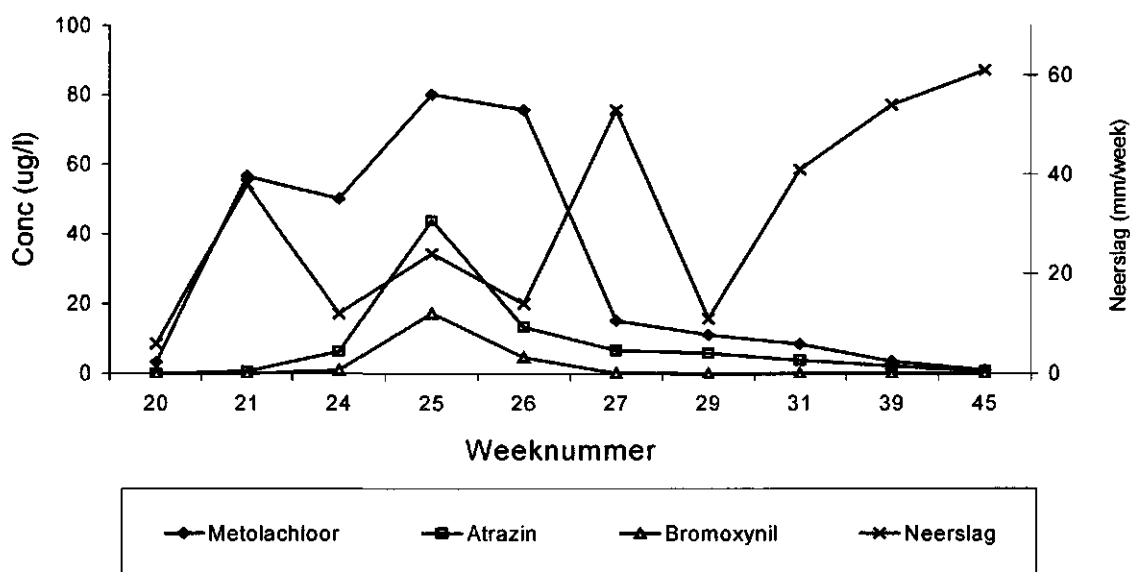


Fig. 9 Concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in het afgespoelde water en wekelijkse neerslag voor perceel 1, doorgestoken akkerrand

Voor alle drie de stoffen geldt dat in het water dat afspoelde op de plaats waar de akkerrand was doorgestoken beduidend hogere concentraties van de werkzame stoffen werden aangetroffen dan in het water dat afspoelde van de niet-doorgestoken plaats. Via de plaats waar de rand was doorgestoken werden veel gronddeeltjes met het afstromende water meegevoerd, wat op de niet-doorgestoken plaats niet het geval was. Mogelijk dat sorptie van gewasbeschermingsmiddel aan de meegevoerde gronddeeltjes het grote verschil in concentratie tussen de twee plaatsen heeft veroorzaakt. Als voorbehandeling voor de chemische analyse van de watermonsters heeft men grof materiaal laten bezinken, er is echter niet gefiltreerd. Het is daarom niet uitgesloten dat door de aanwezigheid van zwevend materiaal in het geëxtraheerde water relatief hoge concentraties van hieraan gesorbeerde gewasbeschermingsmiddelen mee zijn geëxtraheerd. De drie stoffen hebben sorptiecoëfficiënten voor organisch materiaal ( $K_{om}$ ) variërend van  $70 \text{ dm}^3/\text{kg}$  (atrazin) tot  $100 \text{ dm}^3/\text{kg}$  (bromoxynil en metolachloor), zodat duidelijke sorptie aan bodemdeeltjes plaats vindt (Linders et al., 1994; Van Rijn et al., 1995; Hornsby et al., 1996).

Metolachloor en atrazin werden tot ruim twee maanden na toepassing in het afspoelende water aangetroffen, terwijl bromoxynil slechts tot drie weken na toepassing werd gevonden. De concentraties van de gewasbeschermingsmiddelen namen in de tijd af. Van atrazin en metolachloor is beschreven dat zij voldoende lange halfwaardetijden hebben om tot enkele weken na gebruik te kunnen afspoelen (Lydy et al., 1996; Buttle, 1990). Bromoxynil wordt in bodem en water sneller afgebroken dan de andere twee middelen (Linders et al., 1994; Van Rijn et al., 1995; Hornsby et al., 1996). Bovendien werd bromoxynil in beduidend lagere doseringen gebruikt dan de andere twee middelen, zodat de concentraties van dit middel sneller beneden de detectielimiet zullen dalen. Beide factoren dragen er toe bij dat bromoxynil minder lang in afspoelend water wordt waargenomen dan metolachloor en atrazin.

De situatie op percelen 2 en 3 week qua afspoeling sterk af van de situatie op perceel 1. Langs perceel 1 lag een hoge akkerrand die afspoeling tegenging. Doorsteken van de rand leidde tot een forse toename van het volume afspoelend water. Langs percelen 2 en 3 lag geen verhoogde akkerrand. De verwachting is dan ook dat op deze percelen de hoeveelheid afspoelend gewasbeschermingsmiddel het midden houdt tussen de twee relatief extreme situaties op perceel 1. Men dient echter te bedenken dat ook andere factoren zoals de bodemgesteldheid van het perceel etc. van invloed zullen zijn op de hoeveelheid afstromend water.

De bemonsteringstechniek die bij percelen 2 en 3 werd gebruikt, waarbij flessen in de slootbodem werden ingegraven, bleek in de praktijk niet goed te voldoen. Voor deze percelen konden hierdoor minder meetwaarden worden verzameld dan voor perceel 1. De getallen worden echter toch gerapporteerd, omdat zij laten zien dat ogenschijnlijk droog staande kavelsloten ten tijde van neerslag water afvoeren waarin zich aanzienlijke hoeveelheden gewasbeschermingsmiddelen kunnen bevinden.

Bij perceel 2 bleek het slechts ten dele mogelijk om de afspoeling te bepalen. Een van de plaatsen waar flessen waren ingegraven (positie SLOOT-4) bleek het merendeel van de tijd droog te staan. Hier werd slechts na vier perioden van intensieve neerslag water in de ingegraven flessen gevonden (tabel 7). De andere plaats waar flessen waren ingegraven bleek een groot deel van de tijd onder water te staan, zodat de flessen niet meer bemonsterd konden worden.

*Tabel 7 Gemiddelde concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in water afspoelend vanaf perceel 2 (sloot-4). Op dit perceel werden in week 23 atrazin en bromoxynil gebruikt, terwijl metolachloor niet is toegepast*

Weeknr.	Metolachloor (µg/l)	Atrazin (µg/l)	Bromoxynil (µg/l)
19	< 0,1	0,08	< 0,1
25	1,20	1,24	0,34
27	< 0,1	5,26	< 0,1
31	< 0,1	3,39	< 0,1

Atrazin werd reeds vóór de toepassing in lage concentraties gevonden (tabel 7), wat mogelijk het gevolg was van gebruik van het middel in voorgaande jaren. Metolachloor werd in het opgevangen water gevonden terwijl dit middel niet op perceel 2 is toegepast. De herkomst van dit middel is onduidelijk. Het is niet het gevolg van gebruik in eerdere jaren, omdat in dat geval het middel ook al in week 19 zou zijn gevonden.

Ook sloot 2 naast perceel 3 bleek gedurende een groot deel van de meetperiode droog te staan. Hier zijn slechts op drie tijdstippen metingen verricht, die zijn weergegeven in tabel 8. Het monstervolume van deze metingen bedroeg 1 liter.



Tabel 8 Gemiddelde concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in afspoelend water bij sloot 2 (droogstaand) naast perceel 3. Op dit perceel werd metolachloor in week 18 toegepast, terwijl atrazin en bromoxynil in week 23 werden gebruikt

Weeknr.	Metolachloor (µg/l)	Atrazin (µg/l)	Bromoxynil (µg/l)
19	10,5	1,3	< 0,1
21	4,0	0,8	< 0,1
27	2,8	14,5	0,4

Aan de opstelling van sloot 1 bij perceel 3 zijn gedurende langere tijd gehalten in het afspoelend water bepaald. Deze zijn in tabel 9 en in fig. 10 weergegeven. Hieruit blijkt dat alle drie de gemeten verbindingen afspoelden.

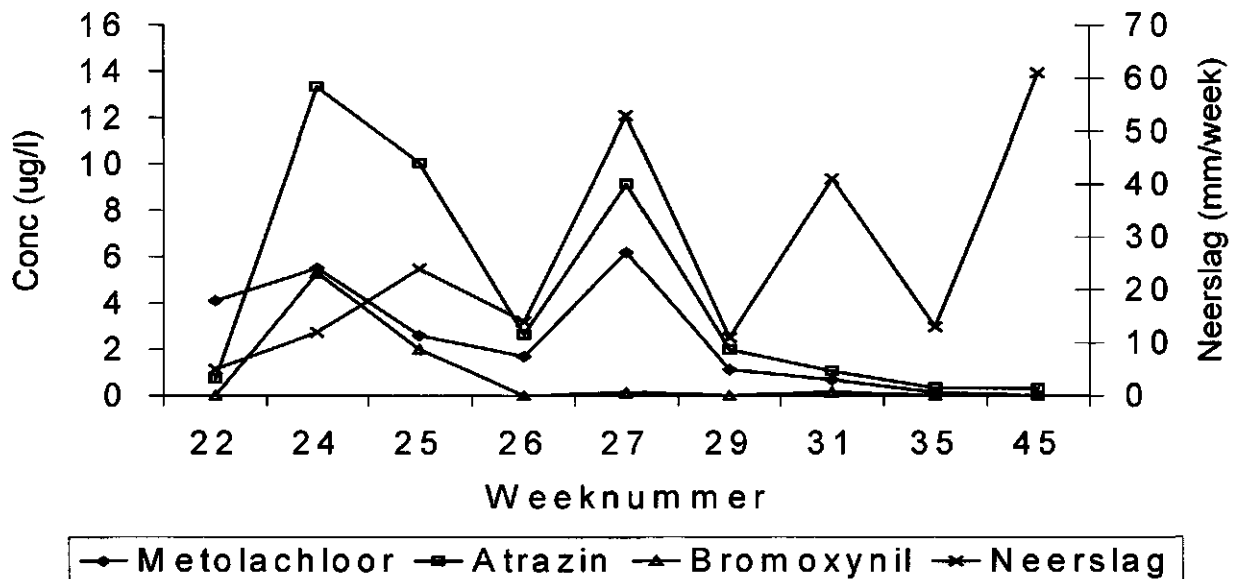


Fig. 10 Concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in water afgespoeld van perceel 3 bij sloot 2, en de wekelijkse neerslag

Ook bij perceel 3 werden metolachloor en atrazin gedurende circa twee maanden na toepassing nog in het afspoelende water waargenomen, zij het in steeds lager wordende concentraties. Bromoxynil werd in het water afgespoeld bij deze sloot langer aangetroffen dan bij perceel 1. Dit middel werd op perceel 3 in een hogere dosering gebruikt dan op perceel 1.

*Tabel 9 Concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in water afgespoeld bij sloot 1 van perceel 3 (watervoerend). Op dit per perceel werd metolachloor in week 18 toegepast, terwijl atrazin en bromoxynil in week 23 werden gebruikt*

Weeknr.	Metolachloor (µg/l)	Atrazin (µg/l)	Bromoxynil (µg/l)
22	4,10	0,73	< 0,1
24	5,50	13,34	5,30
25	2,60	10,05	2,00
26	1,70	2,64	< 0,1
27	6,20	9,16	0,15
29	1,13	1,99	< 0,1
31	0,68	1,06	0,15
35	0,14	0,34	< 0,1
45	< 0,1	0,32	< 0,1

Een complicatie bij de interpretatie van de meetwaarden is dat zich in de opvangvaten bodemmateriaal bevond. Dit materiaal werd bij bemonstering van het van perceel 1 afgespoelde water niet verwijderd. Kort na gebruik van het gewasbeschermingsmiddel zal er sorptie van het middel aan de bodemdeeltjes in de vaten optreden. Dit gesorbeerde materiaal kan in een latere fase, als er relatief schoon water van het perceel afspoelt, desorberen waardoor het bemonsterde water in het opvangvat een te hoge concentratie van het gewasbeschermingsmiddel bevat. Dit heeft mogelijk geresulteerd in een afvlakking van de golf van afspoelend gewasbeschermingsmiddel over een langere periode. Het vat bij perceel 3 werd regelmatig ontdaan van vrijwel alle bodemmateriaal. Ook hier werd het gewasbeschermingsmiddel nog relatief lang na gebruik in het bemonsterde water gevonden. Het lijkt daarom niet waarschijnlijk dat het lang na gebruik aantreffen van het gewasbeschermingsmiddel in afspoelend water uitsluitend een artefact van de meetmethode is.

In het water afgespoeld van de percelen 2 en 3 en in het water van perceel 1 bij niet doorgestoken rand was de concentratie van atrazin hoger dan de concentratie van metolachloor. Daarentegen was de concentratie van metolachloor in het water dat afstroomde bij de doorgestoken rand (perceel 1) hoger dan de concentratie van atrazin. Indien de hoge concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in water bij de doorgestoken akkerrand het gevolg is van sorptie aan bodemdeeltjes duidt dit er op dat metolachloor sterker sorbeert dan atrazin. Dit komt overeen met de hogere  $K_{om}$  van metolachloor.

#### **5.2.4 Atmosferische depositie**

De concentraties aan metolachloor, atrazin en bromoxynil die werden bepaald in de atmosferische depositie opgevangen naast perceel 1 zijn weergegeven in tabel 10. Het betreft het totaal aan natte plus droge depositie geanalyseerd in het regenwater.

*Tabel 10 Concentraties ( $\mu\text{g/l}$ ) van metolachloor, atrazin en bromoxynil gemeten in regenwater als gevolg van natte plus droge atmosferische depositie*

Weeknr.	Metolachloor	Atrazin	Bromoxynil
18	0,20	0,13	< 0,1
19	0,30	0,05	< 0,1
20	0,63	0,18	< 0,1
20	0,63	0,05	< 0,1
21	< 0,1	0,09	< 0,1
22	< 0,1	0,02	< 0,1
24	0,20	1,18	0,19
25	< 0,1	0,28	< 0,1
26	< 0,1	0,23	< 0,1
27	< 0,1	0,07	< 0,1
28	< 0,1	0,06	< 0,1
29	< 0,1	0,05	< 0,1
31	< 0,1	< 0,02	< 0,1
33	< 0,1	< 0,02	< 0,1
35	< 0,1	< 0,02	< 0,1
39	< 0,1	< 0,02	< 0,1
41	< 0,1	0,08	< 0,1
45	< 0,1	< 0,02	< 0,1

Transport via de atmosfeer verloopt in het algemeen snel en over grote afstanden, waarbij een sterke mate van menging optreedt. De afstand die stoffen in de atmosfeer kunnen overbruggen is sterk afhankelijk van hun gevoeligheid voor (fotochemische) omzettingen. Stabiele verbindingen kunnen grote afstanden afleggen, waarbij zij gebieden bereiken waar van (landbouwkundig) gebruik van de betreffende verbindingen in het geheel geen sprake is geweest. Het verband tussen de concentraties van gewasbeschermingsmiddelen in (droge en natte) atmosferische depositie en hun gebruik ter plekke is daardoor niet eenduidig.

Bromoxynil is van de drie gemeten verbindingen het minst stabiel in water en bodem. De geschatte halfwaardetijd in de atmosfeer is echter langer dan voor metolachloor en atrazin (612 uur versus 2,3 en 4,7 uur; Meylan en Howard, 1993). Dat bromoxynil amper in atmosferische depositie wordt aangetroffen wijst er op dat kleinere hoeveelheden van het middel de atmosfeer bereiken.

De hoge concentraties van de drie gewasbeschermingsmiddelen in week 24 zijn waarschijnlijk het gevolg van het niet gebruiken van een wet-only regenvanger. Hierdoor hebben mogelijk ook stofdeeltjes en ingevangen druppeltjes spuitvloeistof uit het omringende gebied een bijdrage geleverd aan de gemeten totale depositie.

### 5.2.5 Verwaaiing van gronddeeltjes

Naar aanleiding van waarnemingen in het veld werden begin juni op perceel 1 flessen geplaatst om stof te verzamelen. Op zes tijdstippen werd het stof inclusief regenwater in de flessen bemonsterd. De concentraties gewasbeschermingsmiddelen die in de monsters werden gevonden zijn weergegeven in tabel 11. De bemonsteringen zijn pas ruim twee weken na de bespuiting met metolachloor begonnen. De metingen voor dit middel geven waarschijnlijk geen goed beeld van de direct na bespuiting opgetreden concentraties.

Tabel 11 Concentraties ( $\mu\text{g/l}$ ) van metolachloor, atrazin en bromoxynil in regenwater opgevangen met stofvangers

Weeknr.	Metolachloor	Atrazin	Bromoxynil
24	0,86	6,41	< 0,1
25	0,31	0,77	< 0,1
26	0,54	0,56	< 0,1
27	< 0,1	0,20	< 0,1
33	< 0,1	< 0,02	< 0,1
39	0,13	< 0,02	< 0,1

De werkzame stof bromoxynil is nooit in de monsterflessen aangetoond, atrazin en metolachloor daarentegen wel. De hoogste concentratie van beide stoffen werd aangetoond op 11 juni. Voor atrazin is dit midden in het toepassingsseizoen; voor metolachloor is dit ruim erna. De concentratie van het middel nam af in de tijd. Eind september werd geen van de stoffen meer aangetoond in het regenwater met opgevangen stof.

Met de gebruikte stofvangers werden niet alleen gronddeeltjes ingevangen. Ook regenwater is in de fles terecht gekomen. Eventueel konden ook zeer fijne spuitdruppeltjes (van andere percelen) in de fles terechtkomen. In de buurt van een perceel bevinden zich meer gronddeeltjes per  $\text{m}^3$  in de lucht en zijn de transportafstanden klein. Hierdoor worden door de stofvangers meer gronddeeltjes ingevangen dan door de vangers voor (totale) atmosferische depositie. In regenwater werden beduidend lagere concentraties gevonden (tabel 10) zodat het grootste deel van de gemeten hoeveelheid werkzame stof in de stofvangflessen waarschijnlijk aan de ingevangen gronddeeltjes was gehecht.

### 5.3 Totale belasting van slootwater

De concentraties die zijn geassocieerd met elk der emissieroutes zijn in detail beschreven in de paragrafen 5.2.1 t/m 5.2.5. Per route kan op basis van de gemeten concentraties en bekende debieten (zie aanhangsel 2) een wekelijkse vracht (in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) op het oppervlaktewater worden berekend, waarna deze vrachten over de gehele meetperiode van begin mei tot half november 1997 kunnen worden gesommeerd. Op deze wijze kan een beeld worden verkregen van de bijdrage van elk der emissieroutes aan het totale massatransport naar de sloot over een groeiseizoen. De emissie via ondiep grondwater en drains is zo gering dat deze in de verdere beschouwing is weggelaten.

Voor elk der routes wordt het belang van de geëmitteerde vrachten aangegeven door alle beschikbare gegevens van de verschillende percelen en bespuitingen te combineren en uit te drukken als een bereik (minimale – maximale vracht) voor de betreffende route. De belasting door spuitdrijf bij de vier bespuitingen varieerde van 0,19 tot 0,70%. Het bereik voor de afspoeling over een slootdeel van 8 m wordt gegeven door de drie verschillende bestudeerde situaties. De laagste mate van afspoeling wordt verkregen als een hoge akkerrand aanwezig is (perceel 1, niet doorgestoken). Als geen rand aanwezig is (perceel 3), dan zal er iets meer afspoeling optreden, terwijl de meeste afspoeling optreedt als de rand doorgestoken is (perceel 1,

doorgestoken). Atmosferische depositie is slechts op één plaats gemeten, zodat geen bereik voor de metingen kan worden aangegeven. Verwaaiing via gronddeeltjes is weliswaar bemonsterd in drie flessen, maar deze monsters zijn voor meting gemengd tot één monster, zodat ook voor deze route geen bereik kan worden gegeven.

Tabel 12 Geschatte vrachten ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) over de hele meetperiode (begin mei t/m half november 1997) voor de belangrijkste emissieroutes naar oppervlaktewater

Emissieroute	Emissie naar slootoppervlak		
	Metolachloor	Atrazin	Bromoxynil
Spuitdrift	634-979	143-295	22-101
Afspoeling	6,5 <sup>a</sup> -1148 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup> -275 <sup>b</sup>	0,6 <sup>a</sup> -64,3 <sup>b</sup>
Atmosferische depositie	24,6	38,8	2,3
Verwaaiing van gronddeeltjes	35,8 <sup>c</sup>	142	0,0 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Afspoeling bij niet doorgestoken akkerrand.

<sup>b</sup> Afspoeling bij doorgestoken akkerrand.

<sup>c</sup> Stofvangers werden pas na toepassing van atrazin en bromoxynil geplaatst; de totale verwaaiing van metolachloor met gronddeeltjes was wellicht hoger dan het hier gegeven getal.

<sup>d</sup> Bromoxynil zou gedeponereerd kunnen zijn maar als gevolg van omzetting in regenwater weer verdwenen. Een belasting door bromoxynil is niet uit te sluiten.

De getallen in tabel 12 lijken op het eerste gezicht te duiden op grote verschillen tussen de verbindingen wat betreft de mate waarin spuitdrift optreedt. Deze verschillen zijn echter deels veroorzaakt door verschillen in de gebruikte doseringen. Om de werkelijke verschillen tussen de stoffen wat betreft het belang van de verschillende emissieroutes te kunnen beoordelen worden in tabel 13 de 'genormaliseerde vrachten' gegeven, waarbij wordt aangenomen dat elk der stoffen in dezelfde dosering is gebruikt (1 kg/ha). Atmosferische depositie is niet te normaliseren omdat de bron van deze emissie, en daarmee de gebruikte dosering, niet bekend is. Deze emissieroute is daarom in tabel 13 weggelaten.

Tabel 13 Geschatte genormaliseerde vrachten ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) voor de belangrijkste emissieroutes naar oppervlaktewater, uitgaande van een verondersteld gebruik van 1 kg/ha werkzame stof

Emissieroute	Emissie naar slootoppervlak		
	Metolachloor	Atrazin	Bromoxynil
Spuitdrift	190-700	190-700	190-700
Afspoeling	4 <sup>a</sup> -797 <sup>b</sup>	35 <sup>a</sup> -734 <sup>b</sup>	19 <sup>a</sup> -2058 <sup>b</sup>
Verwaaiing van gronddeeltjes	25 <sup>c</sup>	379	0,0 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Afspoeling bij niet doorgestoken akkerrand.

<sup>b</sup> Afspoeling bij doorgestoken akkerrand.

<sup>c</sup> Stofvangers werden pas na toepassing van atrazin en bromoxynil geplaatst; de totale verwaaiing van metolachloor met gronddeeltjes was wellicht hoger dan het hier gegeven getal.

<sup>d</sup> Bromoxynil zou gedeponereerd kunnen zijn maar als gevolg van omzetting in regenwater weer verdwenen. Een belasting door bromoxynil is niet uit te sluiten.

Spuitdrift wordt vooral bepaald door de toedieningstechniek en de op het moment van toepassing heersende windrichting en -snelheid. Stofeigenschappen spelen nauwelijks een rol bij het optreden van drift.

Het belang van afspoeling varieert zeer sterk met de situatie (wel of niet doorgestoken akkerrand). Voor de bestudeerde stoffen trad de minste afspoeling op bij perceel 1 met een niet-doorgestoken, intacte hoge akkerrand, terwijl de grootste afspoeling

werd waargenomen op perceel 1 bij doorgestoken akkerrand. De afspoeling van perceel 3, waarbij geen akkerrand aanwezig was, bedroeg voor atrazin en bromoxynil 1,5 maal de afspoeling bij niet-doorgestoken rand, en was voor metolachloor 2,5 maal die bij niet-doorgestoken rand. In de situatie zonder doorgestoken akkerrand treedt voor atrazin iets meer afspoeling op dan voor metolachloor en bromoxynil. Deze twee verbindingen sorberen iets sterker aan organisch stof ( $K_{om} \approx 100 \text{ dm}^3/\text{kg}$ ) dan atrazin ( $K_{om} \approx 70 \text{ dm}^3/\text{kg}$ ) en hebben daardoor bij niet doorgestoken rand wellicht sterker de neiging om op het veld achter te blijven. Bij doorsteken van de akkerrand spoelen bodemdeeltjes mee naar de sloot. Dit heeft tot gevolg dat de afspoeling relatief sterk toeneemt voor stoffen die goed aan grond sorberen. Dit verklaart waarom bij doorsteken van de rand de afspoeling voor metolachloor en bromoxynil tweehonderdmaal resp. honderdmaal toeneemt, terwijl de afspoeling voor atrazin twintigmaal zo hoog wordt. Het belang van afspoeling is sterk afhankelijk van de lokale situatie en van de eigenschappen van het gewasbeschermingsmiddel. Voor de Nederlandse praktijk is slechts weinig bekend over deze emissieroute. De resultaten van deze studie geven aan dat deze route onder omstandigheden waarbij water met gronddeeltjes van het perceel afstroomt voor matig tot sterk aan bodem sorberende gewasbeschermingsmiddelen substantieel bijdraagt aan de belasting van oppervlaktewater.

Voor atrazin geldt dat bij niet doorgestoken akkerrand het inwaaien van gronddeeltjes een bijdrage aan de emissie kan leveren die vergelijkbaar is met die van spuitdrift. Voor metolachloor is dit niet duidelijk door het ontbreken van voldoende gegevens omtrent de inwaaiing van stofdeeltjes kort na toepassing van het middel. Dat bij chemische analyse de concentratie van bromoxynil beneden de detectielimiet was hoeft niet te betekenen dat er in het geheel geen emissie van deze stof via het verwaaien van gronddeeltjes heeft plaatsgevonden. De lage concentratie kan ook het gevolg zijn van de snelle afbraak van deze stof in het milieu.

Het aandeel van elk der routes is ten dele afhankelijk van het gekozen gewasbeschermingsmiddel. Fysisch-chemische stoffeigenschappen spelen een rol bij de omvang van de emissieroutes. Algemeen geldt echter voor de drie bestudeerde verbindingen dat bij een niet doorgestoken akkerrand spuitdrift de belangrijkste emissieroute is. Bij een doorgestoken akkerrand levert afspoeling voor alle drie de verbindingen een zeer grote bijdrage aan de emissie. In de onmiddellijke nabijheid van de plaats waar de afspoeling plaatsvindt is deze route qua emissie vergelijkbaar met spuitdrift.

## **6 Conclusies en aanbevelingen**

### **6.1 Algemeen**

Het meetprogramma en de daarbij behorende expertise van onderzoekersmedewerkers hebben een duidelijke meerwaarde gegeven aan het demonstratieproject 'Bewust boeren voor een schone Maas'. Tijdens het veldbezoek werden de deelnemers aan het project bewust gemaakt van de vele emissieroutes die een rol spelen bij de belasting van het oppervlaktewater in Nederland. De kritische en praktijkgerichte vragen die een dergelijk veldbezoek met zich meebrengt ondersteunen dit uitgangspunt. De meetresultaten geven aan waar de knelpunten zitten en vormen zo de basis voor het formuleren van haalbare oplossingsrichtingen.

### **6.2 Belangrijke emissieroutes**

Uit de gepresenteerde meetwaarden blijkt dat in het bestudeerde gebied naast spuitdrift ook andere emissieroutes een bijdrage leveren aan de totale belasting van oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen. Met name oppervlakkige afspoeling en de verwaaiing van grondeeltjes dragen aanzienlijk bij tot de totale emissie naar oppervlaktewater.

Het belang van elk der routes wordt deels bepaald door externe (meteorologische) factoren zoals de windsnelheid en -richting tijdens de toepassing van het middel, de hoeveelheid neerslag na toepassing etc. Ook lokale factoren zoals de aard van het bodemmateriaal, drainage, gewashoogte, reliëf en hellingsgraad van het perceel zijn van invloed op de mate waarin de verschillende routes een rol spelen. Doordat deze factoren sterk kunnen verschillen tussen lokaties en gewassen zal ook het belang van de routes van lokatie tot lokatie kunnen verschillen.

Een andere complicerende factor is dat het belang van een route deels wordt bepaald door de fysisch-chemische eigenschappen van het gebruikte gewasbeschermingsmiddel. Het belang van de verschillende emissieroutes verschilde hierdoor enigszins tussen de drie bestudeerde verbindingen. Voor alle drie de verbindingen waren echter spuitdrift en, bij doorgestoken akkerrand, oppervlakkige afspoeling de belangrijkste routes.

Bromoxynil is in het demonstratieproject aanbevolen als relatief weinig milieubelastende stof. Dit wordt ondersteund door de meetresultaten; de stof wordt in de verschillende compartiment in het geheel niet of slechts in zeer lage concentraties aangetroffen. Dit wordt mede veroorzaakt door de snelle afbraak van deze verbinding.

## **6.3 Aanbevelingen**

### **6.3.1 Aanbevelingen voor de praktijk**

1. Onder de heersende omstandigheden werd een relatief lage (< 1%) spuitdrift naar het oppervlaktewater geconstateerd. Dit is waarschijnlijk mede het gevolg van het gebruik van kantdoppen in combinatie met een 1 m brede spuitvrije zone. Tevens werd gebruik gemaakt van een beperkte spuitboomhoogte en was de windsnelheid kleiner dan 2,3 m/s.
2. Gezien de hoge concentraties die kunnen afspoelen verdient het de voorkeur om in de periode van enkele weken na de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen het doorsteken van de akkerrand zo veel mogelijk achterwege te laten.
3. Het verdient aanbeveling om de verwaaiing van gronddeeltjes kort na toepassing van gewasbeschermingsmiddelen tegen te gaan. Dit zou onder andere kunnen door niet met al te fijne kluit te werken of door het aanbrengen van een anti-stuifdek. Eggen binnen enkele dagen na toepassing van de middelen is met het oog op verspreiding van gewasbeschermingsmiddelen niet raadzaam.

### **6.3.2 Aanbevelingen voor onderzoek**

4. Het positieve effect van het gebruik van kantdoppen dient verder te worden onderzocht onder reproduceerbare omstandigheden, zodat kennis wordt verkregen omtrent de invloed van externe factoren zoals windsnelheid, gewashoogte, spuitvolume en -druk, rijnsnelheid etc. op de driftkarakteristiek van kantdoppen.
5. Gezien het belang van afspoeling als emissieroute verdient het aanbeveling om verder onderzoek naar deze route te doen. Het verdient aanbeveling om het afstromende water op te vangen door middel van pvc-goten en opvangvaten.
6. Bij de methodiek voor het opvangen van drainagewater zijn vaten van 100 l te beperkt. Voor grote afvoervolumina is een debiet-proportionele bemonsteringsmethode meer geschikt.
7. Bepaling van de atmosferische depositie kan beter gebeuren door naast de opvang voor de totale depositie ook een wet-only regenvanger te gebruiken, zodat onderscheid kan worden gemaakt tussen natte en droge atmosferische depositie.

### **6.3.3 Aanbevelingen voor beleidsontwikkeling**

8. Ook andere routes dan spuitdrift dragen in belangrijke mate bij aan de belasting van oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen. Deze routes dienen bij het ontwikkelen van beleid dat is gericht op emissiereductie meer aandacht te krijgen.



9. Demonstratieprojecten leveren relevante gegevens om de problematiek van de verspreiding van gewasbeschermingsmiddelen inzichtelijk naar de doelgroep te communiceren.

## Literatuur

Buttle, J.M., 1990. *Metolachlor transport in surface runoff*. J. Environ. Qual. 19, 531-538.

CBS, 1997. *Gewasbescherming in de land- en tuinbouw, 1995*. Centraal Bureau voor de Statistiek. Heerlen.

Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G (1996). *MJP-G emissie-evaluatie 1995*. Einddocument. Ministerie LNV/IKC-L. Ede.

CUWVO, 1990. *Emissieproblematiek agrarische bedrijven en bestrijdingsmiddelen. Een verkennende studie naar de emissie naar oppervlaktewater van bestrijdingsmiddelen gebruikt in de land- en tuinbouw*. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, Werkgroep VI. Den Haag.

Eppink, L.A.A.J., 1982. *A survey of wind and water erosion in the Netherlands and an inventory of Dutch erosion research*. Mededeling no. 59. Vakgroep Cultuurtechniek Landbouw Hogeschool Wageningen. Wageningen.

Geus-van der Eijk, J.G. de, L.J.T. van der Pas, M. Leistra, M.I. Mul, C. Vader, A.M. Matser, J.H. Smelt, J. Roelsma, 1997. *Uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen vanuit de akkerbouw en groenteteelt op kleigrond naar grondwater en waterlopen*. DLO-Staring Centrum rapport 556. SC-DLO. Wageningen.

Goselink, G.R.A., H.N.M. Ferdinandus, S.E.A.T.M. van der Zee, 1993. *De verplaatsing van aan grond gehechte bestrijdingsmiddelen als gevolg van winderosie*. Wetenschapswinkel Landbouwuniversiteit, rapport no. 93. Wageningen.

Heemraadschap Fleverwaard, 1993. *Bestrijdingsmiddelen in neerslag en in oppervlaktewater*. Heemraadschap Fleverwaard. Lelystad.

Hornsby, A.G., R.D. Wauchope, A.E. Herner, 1996. *Pesticide properties in the environment*. Springer. New York.

Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp, J.C. van de Zande, 1997. *Drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie van de drift van spuitvloeistof bij bespuitingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en de boomteelt (stand van zaken december 1996)*. IMAG rapport 97-04. Instituut voor Milieu- en Agritechniek, IMAG-DLO. Wageningen.

Linders, J.B.H.J., J.W. Jansma, B.J.W.G. Mensink, K. Otermann, 1994. *Pesticides: benefaction or pandora's box?* RIVM rapport 679101014. RIVM. Bilthoven.

Lydy, M.J., D.S. Carter, C.G. Crawford, 1996. *Comparison of gas chromatography/mass spectrometry and immunoassay techniques on concentration of atrazine in storm runoff*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 31, 378-385.

Meylan, W.M., P.H. Howard, 1993. *Computer estimation of the atmospheric gas-phase reaction rate of organic compounds with hydroxyl radicals and ozone*. Chemosphere 26, 2293-2299.

Ministerie van LNV, 1991. *Meerjarenplan Gewasbescherming*. Den Haag.

NCB, 1997. *Bewust boeren voor een schone Maas*. Jaarverslag 1997. Projectbureau Noord-Brabantse Christelijke Boerenbond. 26-3-1997. Tilburg.

Nefyto, 1996. *Landbouw en chemische gewasbescherming in cijfers (gegevens over 1995)*. Nederlandse Stichting voor Fytofarmacie. Den Haag.

van der Pas, L.J.T., J.J.T.I. Boesten, R. Gerritsen, M. Leistra, 1995. *Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Metingen van bestrijdingsmiddelen in regenwater, drainwater en waterlopen*. DLO-Staring Centrum rapport 387.3. SC-DLO. Wageningen.

van der Pas, L.J.T., J.G. de Geus-van der Eijk, M. Leistra, M.I. Mul, J.H. Smelt, H.P. Versluis en O.H. Boersma, 1997. *Overwaaien, atmosferische depositie en afspoelen van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en groenteteelt op kleigrond*. DLO-Staring Centrum rapport 506. SC-DLO. Wageningen.

van de Peppel-Groen, A.E., R.A. Smidt, M. Leistra, 1995. *Overwaaien van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen bij bespuiting in de bloembollenteelt*. DLO-Staring Centrum rapport 367. SC-DLO. Wageningen.

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen, J.F.M. Huijsmans, J.C. van de Zande, 1995. *Emissiebeperkende spuittechnieken voor de akkerbouw. De invloed van luchtondersteuning, dopkeuze en teeltvrije zone op de emissie buiten het perceel*. IMAG rapport 95-19. Instituut voor Milieu- en Agritechniek, IMAG-DLO. Wageningen.

Provincie Zuid-Holland, 1994. *Bestrijdingsmiddelen in neerslag in Zuid-Holland*. Rapport Provincie Zuid-Holland. Maart 1994. Den Haag.

van Rijn, J.P., N.M. van Straalen, J. Willems, 1995. *Handboek bestrijdingsmiddelen. Gebruik & milieu-effecten*. VU Uitgeverij. Amsterdam.

Smit, A.A.M.F.R., F. van den Berg, M. Leistra, 1997. *Estimation method for the volatilization of pesticides from fallow soil*. DLO Winand Staring Centre, Environmental Planning Bureau Series 2. Wageningen.

Smit, A.A.M.F.R., M. Leistra, F. van den Berg, 1998. *Estimation method for the volatilization of pesticides from plants*. DLO Winand Staring Centre, Environmental Planning Bureau Series 4. Wageningen.

Wauchope, R.D., 1978. *The pesticide content of surface water draining from agricultural fields – A review*. J. Environ. Qual. 7, 459-472.

Zuiveringschap West-Overijssel, 1990. *Bestrijdingsmiddelengebruik en oppervlaktewaterkwaliteit in een fruitteeltgebied in de Noordoostpolder*. Zwolle.

## Aanhangsel 1 Specificaties van de bespuitingen tegen grassen en breedbladige onkruiden op de geselecteerde percelen te Someren

		Rondom		Volvelds		
Doel		vooropkomstbesp.		naopkomstbesp.		
Perceel		1	3	1	3	2
Loonbedrijf		A	A	A	A	B
Datum bespuiting		13 mei	week 23	4 juni	6 juni	6 juni
Doserings (l/ha)	Dual 720 EC	2,0	2,0			
	Bropyr			0,31	1,89	
	Litarol				0,158	1,8
	Gesaprim 500 FW			0,75	1,34	1,5
	Banvel 4S					0,3
Doserings (g/ha)	Metolachloor	1440	1440			
	Bromoxynil			31,25	228,5	450
	Pyridaat			93,75	568	
	Atrazin			375	671	750
	Dicamba					144
Merk/type	sputmachine	Douven				
	doppen	TeeJet XR 11005 VS			TeeJet XR 11004 VS	
	kantdop	TeeJet UB 8504 SS				
Instellingen	vloeistofdoserings (l/ha)	300			400	
	rijnsnelheid (km/u)	7,0			5,4	
	sputdruk (bar)	1,8			3,8	
	boomhoogte (m)	0,6-0,8			0,6	

**Aanhangsel 2 Overzicht van debieten en monstervolumina die zijn gebruikt om vrachten te berekenen**

Week Nr.	Perceel 1 Niet doorgestoken (liter)	Perceel 1 Doorgestoken (liter)	Perceel 3 (liter)	Atmosferische depositie (mm neerslag)	Stofvanger (mm neerslag)
18				20	
19				20	
20	6	6		19	
21	100	100		38	
22			5	5	
24	10	40	10	12	12
25	10	40	10	24	24
26	9	3	15	14	14
27	100	100	10	53	53
28				6	
29	6	20	10	11	
31	55	100	2	41	
33				10	0
35			10	13	
39	19	11		54	54
41				3	
45	30	35	1	61	