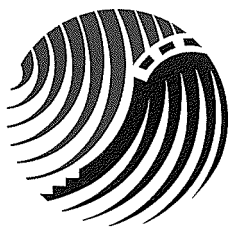


Drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen

Evaluatie van de drift van spuitvloeistof bij
bespuitingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en
de boomteelt (stand van zaken december 1996)

J.F.M.. Huijsmans,
H.A.J. Porskamp en
J.C. van de Zande

imag-dlo



© 1997
IMAG-DLO
Postbus 43 – 6700 AA Wageningen
Telefoon 0317-476300
Telefax 0317-425670

ISBN 90-5406-153-7
NUGI 849

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

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the institute.

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)

*Spray drift (reduction) in crop protection
application technology. Evaluation of spray drift
in orchards, field crops and nursery tree crops
spraying (state-of-the-art December 1996)*

J.F.M. Huijsmans,
H.A.J. Porskamp en
J.C. van de Zande

imag-dlo



Abstract

J.F.M. Huijsmans, H.A.J. Porskamp and J.C. van de Zande, 1997. Spray drift (reduction) in crop protection application technology. Evaluation of spray drift in orchards, field crops and nursery tree crops spraying. (state-of-the-art December 1996). DLO Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Report 97-04, IMAG-DLO, Wageningen, (in Dutch, with summary in English), 38 pp.

The spraying of crop protection chemicals should result in a more direct application to the crop providing better coverage and prevention of spray drift to soil, surface water and air. A literature study was carried out to collect drift data from field experiments in orchards, field crops and nursery trees. Spray drift is quantified for reference spraying techniques, expressed as soil deposition on a zone at 2.25-3.25 m (field crops) or 4.5-5.5 m (orchards) distance downwind of the last crop row. Spray drift and reduction on this zone is quantified for orchard sprayers (cross-flow fan sprayer with reflection shields, tunnel sprayer) and field crop sprayers (air-assisted boom sprayer, field sprayer with shielded sprayer-boom, tunnel sprayer) spraying.

Keywords: crop protection, pesticides application, spray drift, field boom sprayer, orchard sprayer, air-assistance, shielded sprayer boom, tunnel sprayer, nozzle type, emission, deposition

Voorwoord

Bij de toelating van gewasbeschermingsmiddelen speelt de emissie naar het oppervlaktewater een belangrijke rol. Een substantieel deel hiervan wordt gevormd door de druppeldrift.

In deze rapportage staat de drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen centraal. Op verzoek van het College Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB) is een evaluatie gemaakt van de optredende drift bij bespuitingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en de boomteelt naar de stand van de kennis in december 1996.

Het concept rapport is door het CTB voor commentaar aan de belanghebbenden en de beleidsinstanties toegezonden. Na bespreking hiervan zijn de relevante zaken verwerkt in dit rapport.

De begeleiding vanuit het CTB is verzorgd door mevr.dr.ir. M.C. Lans en drs. P.J.M. van Vliet.

Ir. A.A. Jongebreur
directeur

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
2 Begrippen	13
3 Meetmethodiek en onderzoeken	15
4 Evaluatie situaties in de fruitteelt	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij	20
4.3 Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij en een windsingel op de rand van het rijpad	21
4.4 Indicatie invloed bladhoeveelheid aan bomen	22
4.5 Invloed van de windsnelheid	22
4.6 Discussie	22
4.7 Conclusies	24
5 Evaluatie situaties in de volveldsteelten	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Drift bij veldspuiten	26
5.3 Invloed spuittechniek	29
5.4 Invloed windsnelheid, gewas, sloot en teelt/spuitvrije zone	30
5.5 Discussie	30
5.6 Conclusies	32
5.7 Drift bij vliegtuigspuiten	32
5.7.1 Driftonderzoek	32
5.7.2 Discussie en conclusie	33
6 Evaluatie situaties in de boomteelt	35
6.1 Inleiding	35
6.2 Lage teelten	35
6.3 Laanbomenteelt	35
6.4 Discussie	36
6.4 Conclusies	36
7 Aanbevelingen en leemten in kennis	37
Summary	38
Literatuur	39

Samenvatting

In het MJP-G zijn gefaseerd de doelstellingen aangegeven voor de reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en de beperking van emissies. Voor de besluitvorming over driftreductie, de onderbouwing van driftreducerende maatregelen en de beoordeling van de toelaatbaarheid van middelen zijn gegevens over optredende drift nodig.

Vanuit het College Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB) is behoefte aan actuele informatie over de hoeveelheid drift op het oppervlaktewater, als input voor verdere toxiciteitsbeoordelingen. Optredende drift is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals spuittechniek, doptype, gewashoogte, spuitboomhoogte, windsnelheid, rijrichtingsoriëntatie t.o.v. sloot, windrichting, etc.. Driftbeperking kan worden bereikt door gebruik van o.a. luchtondersteuning en afschermingen en het gebruik van speciale doppen zoals antidrifttop en kantdoppen. Het effect van factoren die van invloed zijn op het spuitproces en de driftemissie en van emissiebeperkende maatregelen heeft de afgelopen jaren in het onderzoek veel aandacht gehad.

In de voorliggende rapportage zijn beschikbare gegevens over optredende drift van spuitvloeistof bij de verschillende toepassingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en de boomteelt samengevat. Voor de weergave van de drift naar een sloot en de driftreductie is gekozen voor de stroken:

insteek tot insteek: 0,75 - 4,75 m vanaf het hart van de laatste rij (volvelds)
3,0 - 7,0 m vanaf de laatste bomenrij (fruitteelt)

wateroppervlak: 2,25 - 3,25 m vanaf het hart van de laatste rij (volvelds, aardappelteelt)
4,5 - 5,5 m vanaf de laatste bomenrij (fruitteelt)

Deze afstanden betekenen voor de aardappelteelt:

insteek tot insteek: 0,625 - 4,625 vanaf de laatste spuitdop
wateroppervlak: 2,125 - 3,125 vanaf de laatste spuitdop

Fruitteelt

Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij

Dwarsstroomspuit (standaard)

Als standardsituatie is in de fruitteelt gekozen voor een bespuiting met een dwarsstroomspuit, de bomen in het blad (LAI van 1,5-2) en een windsnelheid van gemiddeld 3 m/s. Uitgaande van deze situatie en een standaardsloot bedraagt de drift op de strook voor het gehele compartiment oppervlaktewater (van insteek tot insteek, van 3-7 m van de laatste bomenrij) gemiddeld 7,4 %. De drift op 4,5-5,5 m van de laatste bomenrij (de plaats waar zich bij de standaardsloot het wateroppervlak bevindt) bedraagt 6,8 % van de dosering.

Tunnelspuit

Bij gebruik van een tunnelspuit neemt de drift over de strook 4,5 tot 5,5 m en 3 tot 7 m naast de laatste bomenrij met gemiddeld 85 % af ten opzichte van een dwarsstroomspuit.

Dwarsstroomspuit met reflectieschermen

Door het plaatsen van reflectieschermen op een dwarsstroomspuit neemt de drift over de strook 4,5 tot 5,5 m naast de laatste bomenrij met gemiddeld 55 % af en over de strook 3 tot 7 m met 64%.

Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij en een windsingel op de rand van het rijpad

Een in het blad zittende windsingel geeft een driftreductie van 70-90 % op de grondstrook 0-3 m achter de windsingel ten opzichte van de situatie zonder windsingel.

Invloed bladhoeveelheid aan bomen en invloed van de windsnelheid

De drift naar de grond buiten het perceel kan bij een bespuiting van kale bomen 2 tot 3 maal zo hoog zijn dan bij de situatie met de bomen in het blad.

Tot 7 m van de laatste bomenrij is er in het gebied 1-6 m/s geen duidelijk effect van de windsnelheid op de drift naar de grond buiten het perceel. Op grotere afstand neemt de drift toe bij hogere windsnelheden.

Volveldsteelten

Veldspuiten

Als standaardsituatie is voor de volveldsteelten gekozen voor een bespuiting van aardappelen met een conventionele spuit gedurende een groeiseizoen met een gemiddelde windsnelheid van 3 m/s. De gewashoogte is gemiddeld 50 cm boven maaiveld en de spuitboomhoogte 70 cm boven het gewas. Het spuitvolume is 300 l/ha en er wordt gespoten met een spuitdop met een druppelgroottespectrum in de BCPC-klasse midden.

Uitgaande van deze situatie en een standaardsloot bedraagt de drift voor de strook 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop op maaiveldniveau (de plaats waar zich bij de standaardsloot het wateroppervlak bevindt) 5,4 % van de dosering per oppervlakte-eenheid.

Luchtondersteuning

Door het toepassen van luchtondersteuning op een veldspuit neemt de emissie naar de grond aan de benedenwindse zijde op de strook 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop met gemiddeld meer dan 50% af. Dit geldt zowel bij een fijn (150 l/ha) als bij een middelgroot druppelgroottespectrum (300 l/ha).

Afgeschermd spuitboom

Door het gebruik van afschermingen aan de spuitboom van een veldspuit neemt de emissie naar de grond aan de benedenwindse zijde op 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop met gemiddeld 50% af. Veel is echter afhankelijk van de constructie van de afschermingen.

Tunnelspuit

Door afscherming van de spuitdoppen met een tunnel, die juist over een bed met bloembollen past, werd op 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop een driftreductie van gemiddeld meer dan 90% bereikt ten opzichte van de conventionele veldspuit.

Algemeen interacties

Door interacties van factoren die van invloed zijn op het spuitproces (doptype, spuitboomhoogte, windsnelheid en -richting, gewashoogte, etc.) is het moeilijk de verschillende onderzoeken in de literatuur eenduidig met elkaar te vergelijken. Het analytisch doorrekenen van alle combinaties van afzonderlijk in te stellen parameters met een computersimulatiemodel biedt dan uitkomst.

Vliegtuigspuiten

Op basis van het beschikbare Nederlands onderzoek is het niet mogelijk een tabel op te stellen voor de optredende drift bij vliegtuigbespuitingen. De berekende drift geeft een kwalitatief inzicht. De data zijn echter te beperkt en moeilijk onderling vergelijkbaar door de grote variatie in omstandigheden en toegepaste spuituitrusting.

Uit een model voor het berekenen van de drift op grote afstand van de perceelsrand bij vliegtuigspuiten wordt uitgegaan van een drift van ongeveer 10% op 50 m van de perceelsrand. In het buitenland (met name de Verenigde Staten) is meer informatie beschikbaar over de optredende drift bij vliegtuigbespuitingen. Deze informatie is echter moeilijk vertaalbaar naar de Nederlandse situatie (spuittechniek, perceelsgrootte, gewas).

Boomteelt

De teelt van boomkwekerijgewassen kan wat de bespuiting betreft in twee hoofdgroepen worden ingedeeld nl. in de lage teelten die naar beneden gericht bespoten worden en in de

laanbomenteelt.

Uit de aanwezige meetresultaten bij de lage teelten kunnen nog moeilijk duidelijke conclusies getrokken worden. Door het aanbrengen van een scherm (50% open) op de perceelsrand kon de drift tot maximaal 60-80 % omlaag gebracht worden. Een gedragen spuitboom op 30 cm boven het gewas gaf op het wateroppervlak emissies beneden de 3%.

In de laanbomenteelt zijn in 1996 de eerste driftmetingen uitgevoerd. Op het moment van samenstellen van het rapport waren nog onvoldoende resultaten beschikbaar.

Aanbevelingen en leemten in kennis

Een aantal in potentie driftbeperkende technieken (prototypen) zijn niet opgenomen in deze rapportage. Veel van deze technieken bevinden zich nog in een prototypestadium of worden nog niet in de praktijk gebruikt. Een procedure (criteria) zou uitgewerkt moeten worden, wanneer een techniek aangemerkt kan worden als driftbeperkende spuittechniek.

Het profiel van een sloot en de dimensies zullen van invloed zijn op de belasting van het oppervlaktewater. Factoren als de drift naar het dieper liggend wateroppervlak (ten opzichte van het maaiveldniveau) en de afspoeling van het talud zullen nader onderzocht moeten worden om hier eenduidige uitspraken over te kunnen doen. Deze factoren zullen dan onderzocht moeten worden in relatie tot onder andere de windsnelheid en spuittechniek.

Van de volgende situaties zijn geen eenduidige onderzoeksresultaten voorhanden:

Fruitteelt

- vergelijking tussen een dwarsstroomspuit en een axiaalspuit;
- effect van bladhoeveelheid aan de boom;
- bespuiting van een laatste bomenrij geplant op de slootkant, waarbij deze van één kant wordt bespoten.

Volveldsteelten

- een eenduidige definitie van een driftarme spuitdop en een kantdop en het effect hiervan op de drift; van meerdere dooptypen (o.a. lucht-vloeistofmengdoppen) is de drift en het driftbeperkend effect onbekend;
- drift bij de toepassing van rijenspuiten, rugspuiten en vliegtuigbespuitingen
- het effect van gewashoogte en positie laatste dop ten opzichte van de rand van het gewas op de emissie naast het perceel;

Boomteelt

In de boomkwekerij is tot op heden een beperkt aantal driftmetingen uitgevoerd. Enkele driftbeperkende ideeën (o.a. windscherm) zijn in deze metingen meegenomen. Een verdere onderbouwing van de optredende drift bij bespuitingen in de boomkwekerij is noodzakelijk.

Door interacties van factoren die van invloed zijn op het spuitproces (doptype, spuitboomhoogte, windsnelheid en windrichting, gewashoogte, etc.) is het moeilijk de verschillende onderzoeken uit de literatuur eenduidig met elkaar te vergelijken. Het analytisch doorrekenen van alle combinaties van afzonderlijk in te stellen parameters met een computersimulatiemodel biedt dan uitkomst.

Windsnelheid is een belangrijke factor voor de optredende drift. De optredende windsnelheden verschillen mogelijk per regio; differentiatie naar regio zou dan overwogen kunnen worden.

De vele nieuwe ontwikkelingen op technisch gebied bieden perspectief in relatie tot de beperking van de drift. Door onderzoek kan en moet dit gekwantificeerd worden.

1 Inleiding

In het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G, 1991) zijn gefaseerd de doelstellingen aangegeven voor de reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en de beperking van emissies. Voor de besluitvorming over driftreductie, de onderbouwing van driftreducerende maatregelen en de beoordeling van de toelaatbaarheid van middelen zijn gegevens over optredende drift nodig.

Het College Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB) heeft behoefte aan actuele informatie over de hoeveelheid drift op het oppervlaktewater, als input voor verdere toxiciteitsbeoordelingen. De optredende drift is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals spuittechniek, doptype, gewashoogte, spuitboomhoogte, windsnelheid, rijrichtingsoriëntatie t.o.v. sloot, windrichting, etc.. Driftbeperking kan worden bereikt door gebruik van o.a. luchtondersteuning en afschermingen en het gebruik van speciale doppen zoals antidrifttop en kantdoppen. Het effect van factoren die van invloed zijn op het spuitproces en op de driftemissie en van emissiebeperkende maatregelen heeft de afgelopen jaren in het onderzoek veel aandacht gehad.

In de voorliggende rapportage zijn beschikbare gegevens over optredende drift van spuitvloeistof bij de verschillende toepassingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en de boomteelt samengevat. De driftgegevens zijn zoveel mogelijk weergegeven in de vorm van drifttabellen waarin het verband tussen de afstand naast het perceel en de driftdepositie is gegeven. Emissiebeperkende mogelijkheden of maatregelen (teeltmaatregelen, technische oplossingen) worden benoemd en het emissiereducerend effect aangegeven.

De inventarisatie beperkt zich tot beschikbaar veldonderzoek naar de optredende drift en belasting van oppervlaktewater, zoals dit onder Nederlandse omstandigheden kan optreden. Hierbij is uitgegaan van een (realistische) "worst case" benadering. Dit geldt zowel voor de gewassen als voor de meteorologische omstandigheden. Uitspraken over driftbeïnvloedbare factoren die via modelberekeningen ingeschat zouden kunnen worden, zijn niet verwerkt in deze rapportage. Concreet betekent dit voor de volveldsbespuitingen dat berekeningen met het driftmodel IDEFICS (Holterman et al., 1994) niet zijn meegenomen.

In hoofdstuk 2 van deze rapportage worden enkele begrippen vastgelegd. In hoofdstuk 3 wordt kort ingegaan op het meten van de drift. Vervolgens worden situaties in de fruitteelt (hoofdstuk 4), situaties in de volveldsteelten (hoofdstuk 5) en situaties in de boomteelt (hoofdstuk 6) besproken. Bij de volveldsteelten wordt kort ingegaan op vliegtuigspuiten.

2 Begrippen

De voornaamste van de in dit rapport gebruikte begrippen zullen hieronder worden toegelicht. Deze zijn afgestemd op de MJP-G emissie evaluatie 1995 (Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G, 1996).

Emissie: uitstroom van gewasbeschermingsmiddelen naar milieucompartimenten (lucht, bodem, grondwater en oppervlaktewater) uit een al of niet bedekt beteelbaar oppervlak inclusief eventuele bufferzones of een ander object, zoals een erf of bedrijfsgebouw vóór, tijdens of na het toepassen van het middel in het kader van landbouwkundige activiteiten.

De druppeldrift naar de bodem of het oppervlaktewater buiten het perceel wordt uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte eenheid.

Voor het berekenen van de druppeldrift naar het oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van een **standaardsloot**. Deze sloot heeft een breedte van 4 m (van insteek tot insteek), een diepte van 1,75 m (van bodem tot maaiveld) en een breedte van de slootbodem van 0,5 m. Bij een waterhoogte van 0,25 m is de waterbreedte in de sloot 1 m. De insteek van de sloot is gedefinieerd als de plaats waar de helling van het talud en het maaiveldoppervlak elkaar snijden.

De **druppeldrift** kan worden weergegeven als (over de afstand gewogen) percentage van de dosering op de strook insteek tot insteek of op de strook boven het wateroppervlak op maaiveldniveau. Deze laatste maat geeft enerzijds een overschatting van de belasting van het water. Porskamp et al. (1995b) vonden dat het niveau van de druppeldriftdepositie op het wateroppervlak 30 % lager kan zijn dan midden boven het wateroppervlak op maaiveldniveau. Dit verschil werd in het ene meetjaar significant aangetoond en in het andere jaar niet. In de sloot treedt kennelijk een herverdeling van de depositie op. Anderzijds zal door afspoeling van het talud een extra belasting van het oppervlaktewater kunnen optreden.

Een **teeltvrije zone** is een strook van het beteelbaar oppervlak die niet beteeld is met hetzelfde gewas en als zodanig ook niet gespoten wordt. Hieronder vallen tevens een kavelpad, schouwpad en houtwal. De breedte van de strook is gelijk aan de afstand van het hart/midden van de buitenste zaai-, poot-, plant- of bomenrij tot de insteek van de sloot of een anderszins aangegeven perceelsgrens. Deze definitie kan onafhankelijk van een gewas of groeistadium van een gewas worden toegepast; de definitie neemt niet weg dat binnen een teeltvrije zone loof, bladeren of takken van het te bespuiten gewas aanwezig kunnen zijn.

In principe zou bij de volveldsteelten de breedte van een teeltvrije zone gedefinieerd kunnen worden met de afstand tussen de laatste spuitdop en de insteek. Hierbij is een differentiatie naar spuitmachine én gewas noodzakelijk.

In de MJP-G-evaluatie '95 (Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G, 1996) is voor de fruitteelt uitgegaan van een teeltvrije zone van 3 m (spuitpad tussen laatste bomenrij en insteek sloot) en voor de volveldsteelten een teeltvrije zone van 75 cm. Deze 75 cm werd gekozen als zijnde de gebruikelijke rijafstand in de aardappelteelt. Voor de aardappelteelt betekent dit dat de afstand van de laatste spuitdop tot de insteek 62,5 cm is.

Dit betekent dat voor de weergave van de drift en de driftreductie gekozen kan worden voor de stroken:

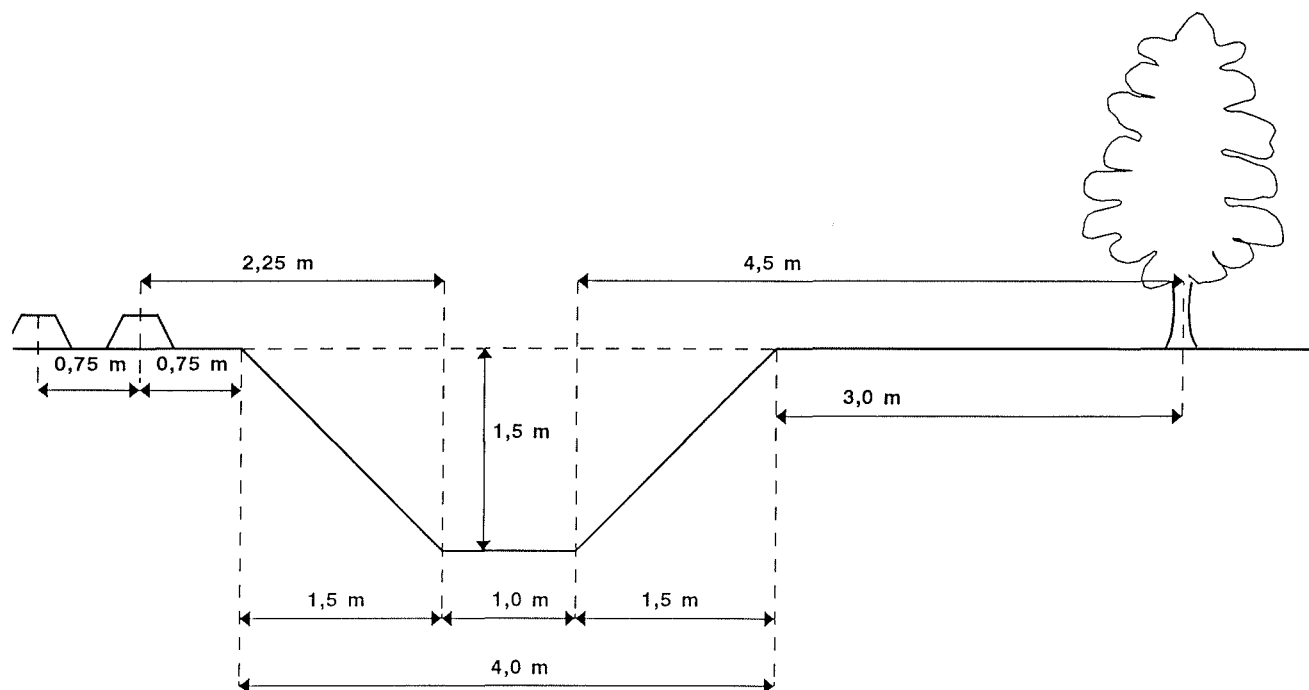
insteek tot insteek: 0,75 - 4,75 m vanaf het hart van de laatste rij (volvelds)
3,0 - 7,0 m vanaf de laatste bomenrij (fruitteelt)

wateroppervlak: 2,25 - 3,25 m vanaf het hart van de laatste rij (volvelds, aardappelteelt)
4,5 - 5,5 m vanaf de laatste bomenrij (fruitteelt)

Deze afstanden betekenen voor de aardappelteelt:

insteek tot insteek: 0,625 - 4,625 vanaf de laatste spuitdop

wateroppervlak: 2,125 - 3,125 vanaf de laatste spuitdop



Figuur 1 Schematische weergave van de plaats van de sloot, het talud en het wateroppervlak ten opzichte van de laatste gewasrij in aardappelen en de laatste bomenrij in de fruitteelt.

Figure 1 Representation of the place of the ditch, embankments and water surface, and the last rows of a potato crop and a tree row in an orchard.

3 Meetmethodiek en onderzoeken

Bepaling hoeveelheid drift

Voor het bepalen van de hoeveelheid drift worden collectoren op vaste plaatsen aan de benedenwindse zijde van een te bespuiten gewasbaan of perceel neergelegd. De druppels die opgevangen worden, kunnen actieve stof (gewasbeschermingsmiddel), fluorescerende stof of kleurstoffen bevatten. Na een bespuiting worden de collectoren afgespoeld en de oplossing wordt gaschromatografisch, fluorimetrisch of colorimetrisch geanalyseerd (Miller, 1993). Protocollen voor eenduidige driftmetingen zijn momenteel (in ISO-verband) in ontwikkeling.

Representativiteit van metingen met tracer-kleurstoffen voor deposities van bestrijdingsmiddelen

In Onderzoek in het kader van het Meerjarenplan Gewasbescherming (1995) wordt gerapporteerd dat onderzoek is uitgevoerd naar de meetmethodiek voor het verantwoord kwantificeren van de depositie en emissie van bestrijdingsmiddelen bij de toediening. Zowel de meetprocedures als het gebruik van tracers vroegen nader onderzoek. In dit kader is specifiek onderzoek uitgevoerd naar respectievelijk de opzet van het onderzoek (betrouwbaarheid en hoeveelheid metingen) en de geschiktheid van kleurstoffen als tracers bij depositie- en driftexperimenten in plaats van bestrijdingsmiddelen, waarvan de analyses veel kostbaarder zijn.

Experimenten in o.a. appelboomgaarden, lelie-velden en proefopstellingen hebben aangetoond dat depositie- en driftmetingen met de kleurstoffen Brilliant Sulfoflavin (BSF) en briljant black (BB) vrijwel dezelfde resultaten geven als metingen met diverse bestrijdingsmiddelen toegediend als handelsprodukt (mogelijk effect van formuleringsstoffen). Bij deze experimenten werd aan de spuitoplossingen met de tracers 0,1% uitvloeier toegevoegd. Vergeleken met enigszins vluchtige bestrijdingsmiddelen of middelen met een vrij snelle fotochemische omzetting of opname in blad, zijn drift- en depositiemetingen met tracers zelfs nauwkeuriger. Menging van de kleurstoffen met spuitoplossingen bleek in de geteste combinaties (beperkt aantal) ook geen duidelijke afwijkingen te geven. Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan gesteld worden dat depositie- en driftmetingen betrouwbaar met de twee genoemde kleurstoffen kunnen worden uitgevoerd. De representativiteit van de vele drift- en depositieproeven is hiermee voldoende gewaarborgd.

Onderzoek

In Duitsland (BBA, Ganzelmeier et al., 1995) en Nederland (IMAG-DLO, Porskamp et al., 1994, 1995, 1997) is de laatste jaren veel onderzoek uitgevoerd naar de drift bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. De toegepaste meettechniek voor het vaststellen van de druppeldrift is in deze onderzoeken vergelijkbaar. Beide maken gebruik van (dezelfde) tracers en driftcollectoren die op verschillende afstanden van het bespoten oppervlak vlakvelds worden weggelegd. Echter bij de weergave van de drift op deze verschillende afstanden wordt door BBA en IMAG-DLO een verschillend nulpunt gekozen. Bij de BBA ligt het nulpunt bij volveldstoepassingen een spuitdopafstand buiten de laatste spuitdop en bij de fruitteelt is het nulpunt gelijk aan het midden van de spuitmachine. IMAG-DLO gaat in de volveldsteelten uit van de afstand tot de laatste spuitdop (bij aardappelen 12,5 cm buiten het hart van de laatste aardappelrij) en bij de fruit- en laanbomenteelt van de afstand tot de laatste boomrij. Voor deze verschillende nulpuntkeuze wordt in het vervolg van deze rapportage gecorrigeerd.

Het BBA driftonderzoek in Duitsland is uitgevoerd aan (standaard) spuittechnieken. Hierbij werden geen onderlinge vergelijkingen tussen verschillende spuittechnieken uitgevoerd. In de fruitteelt werd een groot aantal driftmetingen uitgevoerd, waarbij spuitomstandigheden, spuittechniek en afstelling tussen de diverse metingen verschillen vertoonden. Het onderzoek naar de drift bij volveldsbespuitingen werd uitgevoerd bij een bespuiting van onbeteelde grond en graan.

Het IMAG-DLO onderzoek in Nederland heeft als opzet gehad het bepalen van het effect van emissiebeperkende maatregelen. Hierbij werden driftmetingen uitgevoerd aan de emissiebeperkende techniek en tegelijkertijd aan een standaardtechniek. Het emissiereducerend effect werd weergegeven ten opzichte van de standaard (referentie). Om een betrouwbaar beeld van de emissiereducerende maatregel te krijgen werden de vergelijkende metingen op

verschillende tijdstippen gedurende een meetdag herhaald en op verschillende tijdstippen (dagen) in het jaar en eventueel over meerdere jaren. Dit werd gedaan om andere weersomstandigheden en eventueel een ander groeistadium van het gewas in het onderzoek te betrekken. De afstelling van de te onderzoeken spuittechnieken werd zoveel mogelijk gelijk gehouden om een betrouwbaar beeld van de drift te verkrijgen. Deze opzet van de metingen werd toegepast bij de bespuitingen in de fruitteelt, de akkerbouwmatig geteelde gewassen (aardappelen en bollen) en bij bespuitingen in de laanbomenteelt.

Weergave resultaten

Bij de weergave van de resultaten geeft BBA zowel een gemiddelde drift als een 95-percentiel waarde. Deze laatste waarde is de bovenwaarde van het 95% betrouwbaarheidsgebied voor de metingen. Een 95- percentielwaarde is een maat om een beeld te geven van de drift die gemeten is onder vele verschillende omstandigheden, zoals dit is gebeurd in het fruitteeltonderzoek van de BBA. Hierbij worden de vele metingen (verschillende apparatuur en afstellingen, wisselende boomgaarden en spuitomstandigheden) samengevoegd tot een geheel. Bij minder dan 20 steekproeven (BBA-volveldsmetingen) wordt de 95-percentielwaarde de hoogste gemeten waarde. Het IMAG-DLO geeft een totaal gemiddeld beeld van de optredende drift bij de voorkomende gemiddelde windsnelheid (en spreiding) tijdens de metingen. Voor het onderzoek in aardappelen betekent dit een gemiddelde van de metingen die gedurende 3 jaar zijn uitgevoerd. De totaalgemiddelde drift is berekend uitgaande van de daggemiddelden en jaargemiddelden. In de fruitteelt is de gemiddelde drift bepaald aan de hand van een regressieanalyse per jaar.

4 Evaluatie situaties in de fruitteelt

Definities

fruitteelt:	groot fruit
tunnelspuit:	een spuittechniek voor het verspuiten van gewasbeschermingsmiddelen dat het te behandelen object minimaal aan de bovenzijde en twee zijkanten omsluit (tunnel) en waarbij het middel in de tunnel wordt verspoten.
reflectiescherm:	een uitbouw van een dwarsstroomspuit, waarbij een verticaal scherm aan de andere kant van de bomen dan de zijde waar vandaan de spuitvloeistof wordt verspoten hangt, dat de door de bomen heengespoten spuitvloeistof tegenhoudt, verzamelt en recirculeert.
windscherm:	een op het moment van de toepassing van het gewasbeschermingsmiddel aanwezige natuurlijke barrière van tenminste gelijke hoogte als de hoogte van het gewas ten tijde van de bespuiting.
standaard	Als standaard voor de optredende drift wordt de volgende situatie gehanteerd: - een dwarsstroomspuit voorzien van werveldoppen die een vloeistofafgifte hebben van 0,4-0,5 l/min bij een spuitdruk van 7 bar; - een boomgaard met bomen die in het blad zitten, met een Leaf Area Index (LAI) van 1,5-2 en met een rijafstand van 3 m; - een windsnelheid van 3 m/s waarbij de wind vrijwel haaks op de bomenrij richting sloot staat en waarbij de drift aan de benedenwindse zijde is gemeten.

4.1 Inleiding

Bij de bespuitingen in de fruitteelt zijn verschillende situaties te onderscheiden. Voor de drift zijn naast de spuittechniek ook van belang de aanwezigheid van een windsingel, de bladhoeveelheid aan de bomen en de windsnelheid. In de volgende paragrafen worden de gemeten cq. geschatte driftgegevens (gerekend vanaf 3 m van de laatste bomenrij) en eventuele driftreducties weergegeven bij (figuur 2):

- 1 van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij:
 - A met een dwarsstroomspuit;
 - B met een tunnelspuit;
 - C met een dwarsstroomspuit met reflectieschermen;
 - D met een axiaalspuit;
- 2 van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij en een windsingel op de rand van het rijpad;
- 3 indicatie invloed bladhoeveelheid aan de bomen;
- 4 invloed windsnelheid.

In de fruitteelt bestaat momenteel ca. 50% van de spuitapparatuur uit dwarsstroomspuiten en 50 % uit axiaal- of radiaalspuiten. Daarnaast wordt in de praktijk op zeer beperkte schaal gebruik gemaakt van tunnelspuiten en dwarsstroomspuiten met reflectieschermen. Bij dwarsstroomspuiten zijn de spuitdoppen verticaal boven elkaar geplaatst en worden de spuitdruppels door de luchtstroom vrijwel horizontaal naar de bomen toe gespoten.

Bij de axiaal- of radiaalspuiten wordt de luchtstroom waaivormig naar de bomen gericht, waardoor de luchtstroom met de druppels gedeeltelijk naar beneden, horizontaal en schuin naar boven is gericht. Afhankelijk van de grootte van de spuitdop wordt verneveld (fijne druppel) of "snelgespoten" (grote druppel). In de praktijk worden vele dopgroottes gebruikt.

Bij tunnelspuiten wordt de vloeistof die niet op de bladeren wordt afgezet teruggevangen via schermen en gerecirculeerd. Bij het Closed Loop System (CLS) wordt de lucht voor de luchtondersteuning van de druppels uit de tunnel aangezogen.

Een dwarsstroomspuit met reflectieschermen is gebaseerd op het dwarsstroomprincipe met twee reflectieschermen, die tijdens een bespuiting aan de andere zijde van de te bespuiten bomenrijen hangen. De schermen hebben als doel het opvangen van de niet afgezette druppels en het terugvoeren van de lucht naar de boom.

Aan de hand van de resultaten van in Nederland en Duitsland uitgevoerd veldonderzoek en van literatuurgegevens wordt in de volgende paragrafen de verwachte drift naar de grond of driftreductie aangegeven voor de genoemde situaties.

In het kader van deze studie is als uitgangssituatie een dwarsstroomspuit genomen die voorzien is van werveldoppen die bij een druk van 7 bar een vloeistofafgifte hebben van 0,4-0,5 l/min. Naar verwachting zullen er geen grote afwijkingen optreden in drift naar de grond en naar de lucht bij gebruik van verschillende typen dwarsstroomspuiten.

Als standaardsituatie voor de boomgaard is uitgegaan van bomen die in het blad zitten; de rijafstand is 3 m en de Leaf Area Index (LAI) bedraagt 1,5-2. De gemiddelde windsnelheid is 3 m/s. De driftpercentages naar de grond naast het perceel worden uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard. Alle in dit rapport genoemde getallen zijn gebaseerd op de situatie, waarbij de wind vrijwel haaks op de bomenrij staat en waarbij aan de benedenwindse zijde is gemeten.

(next page)

Figure 2 Representation of used spraying systems and situations in orchard spraying.

1 Spraying towards the tree crop with a path alongside the last tree-row:

A with a cross-flow fan sprayer

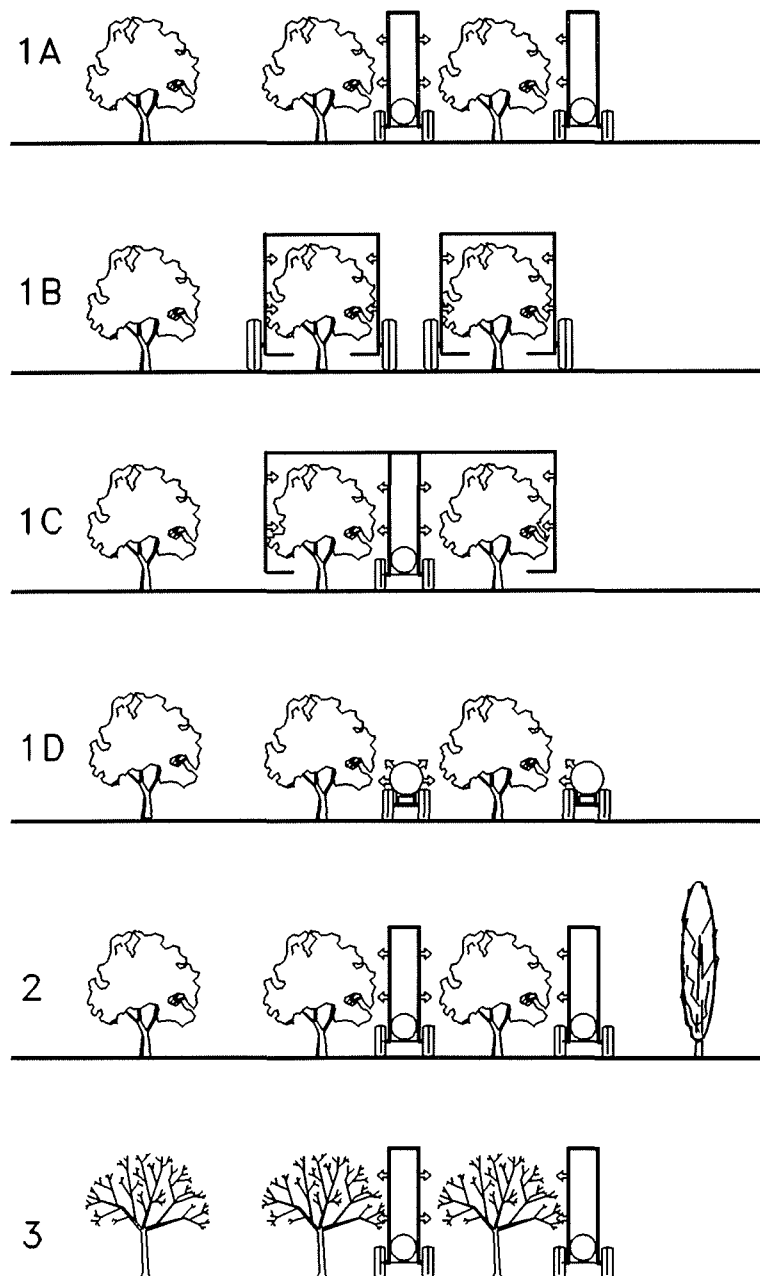
B with a tunnel sprayer

C with a cross-flow fan sprayer with reflection shields

D with an axial-flow fan sprayer

2 Spraying towards the tree crop with a path alongside the last tree-row and a wind-break on the edge of the field and the use of a cross-flow fan sprayer.

3 Indication of the effect of the amount of leaves on the trees.



Figuur 2 Overzicht van de verschillende bespuitingen en situaties in de fruitteelt

- 1 Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij;
 - A met dwarsstroomspuit;
 - B met tunnelspuit;
 - C met dwarsstroomspuit met reflectieschermen;
 - D met axiaalspuit;
- 2 Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij en een windsingel op de rand van het rijpad bij een bespuiting met een dwarsstroomspuit;
- 3 Indicatie invloed bladhoeveelheid aan de bomen.

4.2 Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij

Driftonderzoek in Nederland

Door Porskamp et al. (1994a en 1994b) zijn in 1992 en 1993 vergelijkende driftmetingen uitgevoerd met een dwarsstroomspuit, een tunnelspuit en een dwarsstroomspuit met reflectieschermen (fig.2 situatie 1A, 1B en 1C). Hierbij werden de buitenste vijf rijen bomen van een boomgaard bespoten en werd de drift naar de grond bepaald binnen en buiten het perceel. In tabel 1 is de drift naar de grond gegeven voor de strook 3 tot 7 m vanaf de laatste bomenrij. Voor de dwarsstroomspuit is tevens de standaardafwijking (std.) van de verschillende metingen weergegeven. De gemiddelde windsnelheid bedroeg 2,3 m/s.

Tabel 1 Gemiddelde drift naar de grond buiten het perceel bij fruitteeltsputten uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid (bewerkt naar Porskamp et al., 1994 a en b; figuur 2 situatie 1A, 1B en 1C).

Table 1 Averaged spray drift to the soil, leeward side of the sprayed orchard at different distances to the last row, as a percentage of the application rate per surface area (after Porskamp et al., 1994a and 1994b; figure 2 situation 1A, 1B and 1C).

Afstand tot laatste bomenrij [m]	Drift [%]		
	Dwarsstroom gem. std.	Tunnelspuit	Dwarsstroom met reflectieschermen
3,00	14,8 4,7	3,4	6,4
3,25	13,0	2,4	4,5
3,50	11,5	1,9	3,7
3,75	10,3	1,5	3,3
4,00	9,3 4,2	1,4	3,3
4,25	8,5	1,2	3,3
4,50	7,8	1,1	3,3
4,75	7,2	1,1	3,3
5,00	6,7 3,6	1,0	3,2
5,25	6,3	0,9	2,9
5,50	5,9	0,9	2,6
5,75	5,5	0,8	2,3
6,00	5,1 2,5	0,8	2,0
6,25	4,7	0,7	1,7
6,50	4,3	0,7	1,5
6,75	3,9	0,6	1,5
7,00	3,5 1,5	0,6	1,7

Voor de eerste 3 m vanaf de laatste bomenrij zijn geen driftgegevens naar de grond beschikbaar. Wel is de drift naar de grond in het perceel gemeten tussen de tweede en derde bomenrij vanaf de rand van het perceel. Bij de dwarsstroomspuit bedroeg de drift naar de grond in het perceel gemiddeld 26 %, bij de tunnelspuit was dit 11 % en bij de dwarsstroomspuit met reflectieschermen gemiddeld 27 %. De verwachting is dat de drift naar de grond op de strook van 0-3 m vanaf de laatste bomenrij zal liggen tussen deze waarden en de drift op 3 m afstand. Uitgaande van een standaard dwarsstroomspuit en een standaard sloot bedraagt de drift voor het gehele compartiment oppervlaktewater (van insteek tot insteek, van 3-7 m van de laatste bomenrij) gemiddeld 7,4 %. De drift op 4,5-5,5 m van de laatste bomenrij (de plaats waar zich bij de standardsloot het wateroppervlak bevindt) bedraagt 6,8 % van de dosering.

Driftonderzoek in Duitsland

Door Ganzelmeier et al. (1995) zijn in Duitsland in de jaren 1989-1991 driftmetingen uitgevoerd in o.a. de fruitteelt (vooral appelboomgaarden). De proeven werden volgens een standaardprocedure uitgevoerd door de chemische industrie en handel. Het onderzoek werd voornamelijk uitgevoerd met axiaalspuiten (fig. 2 situatie 1D). In tabel 2 is een samenvatting van de gemiddelde drift naar de grond gegeven voor kale bomen en bomen in het blad.

Tabel 2 Gemiddelde drift op de grond naast het perceel op verschillende afstanden tot de laatste bomenrij voor kale en bladrijke bomen, uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid (bewerkt naar Ganzelmeier et al., 1995).

Table 2 *Averaged spray drift to the soil, leeward side of the sprayed orchard at different distances to the last row for trees with and without leaves, as a percentage of the application rate per surface area (after Ganzelmeier et al., 1995).*

Afstand tot laatste bomenrij [m]	Drift [%]			
	Kale bomen		Bomen in blad	
	gem.	std.	gem.	std.
5	18,16	6,03	9,18	5,46
7	12,02	4,25	4,92	2,79
10,5	8,21	3,38	2,62	1,75
12	5,74	2,59	1,84	1,34
17	2,89	1,49	0,91	0,73
22	1,90	1,09	0,51	0,42
32	0,89	0,60	0,22	0,18
42	0,17	0,11		
52	0,10	0,05		

De gemiddelde drift naar de grond bij "kale" bomen blijkt twee- tot driemaal zo hoog te zijn dan bij de bomen die in het blad zitten. Dit resultaat wordt gevormd door een combinatie van spuittechnische effecten (type machine, spuitdop en spuitdruk), weersomstandigheden (windsnelheid) en bladeffect van de bomen. Bomen die in het blad zitten vangen veel meer spuitvloeistof dan vrijwel kale bomen. De drift naar de grond over de eerste vijf meter vanaf de laatste bomenrij is in dit onderzoek niet opgenomen.

Overig onderzoek

Door De Heer en Schut (1986) zijn metingen van de drift naar de grond verricht, doch deze zijn veelal alleen in de boomgaard uitgevoerd en niet zonder meer vergelijkbaar met metingen van de drift naast het perceel. Door Baas (1994) zijn metingen uitgevoerd met een dwarsstroomspuit en een tunnelspuit. Deze metingen waren gericht op het bepalen van de optredende concentraties pesticiden in de lucht tijdens en kort na een toediening. Meting van de drift op de grond direct naast het perceel was in dit onderzoek niet opgenomen.

4.3 Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij en een windsingel op de rand van het rijpad

Porskamp et al. (1994c) hebben van een dwarsstroomspuit de drift naar de grond achter een windsingel vergeleken met de situatie zonder windsingel (fig.2 situatie 2). De reductie van de drift achter de windsingel bedroeg direct achter de haag 70 tot 90% en op 2-3 m achter de haag 80 tot meer dan 90%.

Door Baas (1994) zijn metingen verricht aan optredende concentraties in de lucht, ca. 10 meter

achter de windsingel. Daarbij stond de windsingel vol in het blad. De drift naar de lucht werd door de windsingel met ca. 50% gereduceerd.

Door Crum en De Heer (1991) werd bij gebruik van een dwarsstroomspuit achter een windhaag 81 % minder op de grond gemeten dan voor de haag.

Samenvattend kan worden gesteld dat de gemiddelde reductie van de drift naar de grond door een windhaag 70-90 % bedroeg over de strook 0-3 m achter de windhaag.

4.4 Indicatie invloed bladhoeveelheid aan bomen

Tijdens de proeven van De Heer e.a. (1985a) werden metingen uitgevoerd naar de drift naar de grond in de boomgaard voor en na de bloei van appelbomen. Op 3 boomrijen afstand van de laatst bespoten rij werd voor de bloei 1 á 2% van de dosering gemeten en na de bloei nog 0,4%. Voor de bloei was de drift naar de grond gemiddeld driemaal zo hoog.

Ook Ganzelmeier e.a. (1995) hebben in de fruitteelt proeven uitgevoerd in een vroeg en een laat groeistadium. Uit 4 direct vergelijkbare metingen (meting 236-239 versus meting 101-104) blijkt dat op 5 m van de laatste bomenrij (bij een aangenomen rijafstand van 4 m) de drift op de grond bij de kale bomen 2,7 maal zo hoog is als bij de bomen die in het blad zaten; op 7 m vanaf de laatste bomenrij is dit 3,3 maal zo hoog. Indien gekeken wordt naar de gemiddelden van alle proeven, waarbij de machines en de afstellingen per periode verschilden, dan blijkt dat bij de kale bomen op 5 m vanaf de laatste boomrij de drift 2 maal en op 7 m afstand 2,4 maal zo hoog is. Samenvattend kan worden gesteld dat de druppeldrift naar de grond buiten het perceel bij de 'kale' bomen 2 tot 3 maal zo hoog was dan bij de bomen die in het blad zaten. Rekening houdend met de positie van de sloot lijkt een gemiddelde factor van 2,5 keer hogere drift bij kale bomen ten opzichte van in het blad staande bomen een goede schatting.

4.5 Invloed van de windsnelheid

Bij de metingen door Ganzelmeier et al. (1995) aan een axiaalspuit vroeg in het seizoen, in vrijwel kale bomen, zijn drie groepen van windsnelheden te onderscheiden : 0,7-1,5 m/s, 2,9-4 m/s en 4-6,4 m/s. Per groep zijn 5 metingen uitgevoerd. Uit deze metingen volgt dat op 5 tot 7 m van de buitenste bomenrij er geen invloed van de windsnelheid is op de drift naar de grond. Vanaf 9,5 m afstand van de laatste bomenrij was bij de metingen met een windsnelheid van 0,7-1,5 m/s de drift gemiddeld 50 % minder dan bij de metingen met een windsnelheid van 2,9-4 en 4-6,4 m/s.

Porskamp et al. (1995a) geven aan dat uit modelberekeningen blijkt dat de maximale drift naar de grond bij hogere windsnelheden verder van de bron af komt te liggen en dat de drift naar de grond bij een lagere windsnelheid aanzienlijk sneller afneemt dan bij een hogere windsnelheid. Bij deze modelberekeningen dient opgemerkt te worden, dat er bij bespuitingen in een boomgaard twee effecten een rol spelen, die ervoor zorgen, dat de resultaten van deze berekeningen voorzichtig moeten worden geïnterpreteerd. Het eerste is het effect van de iets lagere windsnelheid direct achter de boomgaard in vergelijking met die in het vrije veld. Hierdoor is de drift relatief hoog op de eerste meters achter de laatste bomenrij. Ten tweede worden de druppels met een beginsnelheid weggespoten. Door dit effect zal de drift naar de grond zich juist over een wat grotere afstand uitstrekken. Naar verwachting is dit laatste effect echter beperkt.

4.6 Discussie

Onderzoek optredende drift

In Duitsland werden in de fruitteelt hogere driftpercentages gevonden dan in Nederland. Een verklaring hiervoor is moeilijk te geven. De driftmetingen in Duitsland (Ganzelmeier et al., 1995) zijn voornamelijk uitgevoerd met axiaalspuiten, terwijl de Nederlandse metingen (Porskamp et al., 1994a en b) zijn uitgevoerd met dwarsstroomspuiten. Een onderlinge vergelijking van deze spuittechnieken is in beide landen niet uitgevoerd.

De teeltwijze van de fruitbomen kan verschillen in beide landen; verschillen tengevolge van een afwijkende boomvorm of plantafstand kunnen moeilijk ingeschat worden. De gemiddelde windsnelheid bij het onderzoek in Duitsland was 3,1 (0,7-6,4) m/s en 1,8 (0,8-4,3) m/s bij respectievelijk kale bomen en bomen in het blad. In Nederland was de gemiddelde windsnelheid 2,3 (0,5-3,7) m/s.

Op 5 m van de laatste bomenrij werd in Duitsland in de tweede periode (bomen in het blad) gemiddeld 9,2% drift gemeten en met de dwarsstroomspruit in Nederland gemiddeld 6,7%. Deze resultaten lijken, gelet op de mogelijke verschillen in typen spuitmachines, weersomstandigheden en veldomstandigheden, niet in tegenspraak met elkaar te zijn.

Bespuiting van de laatste bomenrij geplant op de slootkant; deze rij wordt van één kant bespoten
Van de situatie waarbij de laatste bomenrij op de slootkant is geplant, en waarbij deze rij van één kant wordt bespoten, zijn geen directe driftgegevens voorhanden. Wel kan een ruwe schatting van deze situatie worden gegeven.

Door De Heer e.a. (1985a) zijn metingen uitgevoerd waarbij in een boomgaard de laatste bomenrij van één kant werd bespoten. Bij een tweetal dwarsstroomspruiten bedroeg de drift naar de grond op 1,75 m van de laatste eenzijdig bespoten rij (= 5,25 m van de laatste volledig bespoten rij) 8,9% (7,4-10,3). Midden in het perceel was de depositie op de grond gemiddeld 18,5%. Porskamp e.a. (1994a en 1994b) vonden bij een tweezijdige bespuiting van de laatste bomenrij op deze afstand een drift naar de grond van 6,7%. De depositie op de grond in het perceel bedroeg hier 25 %. Met gebruik van deze gegevens kan de drift naar de grond bij het van één kant bespuiten van de laatste bomenrij worden geschat op 9-12 % op 5,25 m van de op een na laatste bomenrij. Hierbij is uitgegaan van de door De Heer bepaalde waarde (8,9 %) en van een naar de depositie op de grond in het perceel gecorrigeerde waarde (25 % t.o.v. 18,5 %).

Een andere benadering is uitgaan van 25 % emissie in het perceel en deze delen door twee omdat in de omschreven situatie de strook maar van een kant bespoten wordt, terwijl dit in het perceel altijd van twee kanten is. De emissie is in dit geval maximaal 13 %.

Voor een goede onderbouwing van deze cijfers is nader onderzoek noodzakelijk. Ook voor de situatie waarbij een windsingel geplant is op de slootkant en waarbij deze meegespoten wordt, zijn geen directe meetresultaten voorhanden.

Vergelijking dwarsstroomspruiten met axiaalspruiten

In de proeven van Ganzelmeier (1995) zijn enkele waarnemingen gedaan aan dwarsstroomspruiten. De metingen 16 en 17 uit tabel 3 met een axiaalspruit zijn vergelijkbaar met meting 22 met een dwarsstroomspruit.

Tabel 3 Drift naar de grond naast het perceel op verschillende afstanden vanaf de laatste bomenrij uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard. Metingen uitgevoerd met axiaal- en dwarsstroomspruit met één type dop (bewerkt naar Ganzelmeier e.a., 1995).

Table 3 *Spray drift to the soil, leeward side of the sprayed orchard at different distances to the last row, as a percentage of the application rate per surface area. Comparison of axial-flow and cross-flow fan sprayer equipped with the same nozzle-type (after Ganzelmeier et al., 1995).*

Meting	Spruit	Afstand tot laatste bomenrij [m]*					
		5	7	9,5	12	17	22
16	axiaal	7,5	4,1	1,5	0,7	0,3	0,1
17	axiaal	4,6	1,7	0,3	0,1	0,1	0,1
22	dwarsstroom	4,9	4,0	2,0	1,4	0,7	0,2

* Bij een afstand tussen bomenrijen van 4 m.

Uit deze metingen bleek dat op 5 m van de laatste bomenrij de axiaalspuit iets meer drift naar de grond gaf (6,1 %) dan de dwarsstroomspuit (4,9 %) en dat op de grotere afstanden vanaf 7 m de drift van de dwarsstroomspuit juist hoger was dan van de axiaalspuit. Zo was op 7 m vanaf de laatste bomenrij de drift van de dwarsstroomspuit 4,0 % en van de axiaalspuiten 2,9 %. Uit deze metingen bleek dus geen duidelijk verschil tussen deze twee typen spuiten.

Door Crum en De Heer (1991) is in een in tweevoud uitgevoerde meting een dwarsstroomspuit vergeleken met een nevelspuit met axiaalventilator. Het toerental van de ventilator was duidelijk lager dan in de praktijk gebruikelijk was. Op 1,5 m afstand van de laatste bomenrij was de drift naar de grond bij de axiaalspuit ruim het dubbele van die bij de dwarsstroomspuit; bij de huidige uitgangssituatie is deze afstand echter niet relevant voor de druppeldrift naar een sloot. De verschillen in drift naar de grond tussen dwarsstroom- en axiaalspuiten zijn onvoldoende eenduidig voor een conclusie. In de praktijk zijn er veel typen axiaalspuiten (zonder dwarsstroomprincipe) in gebruik, die onderling sterk kunnen verschillen in drift naar grond en lucht.

4.7 Conclusies

Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij

Dwarsstroomspuit (standaard)

Als standaardsituatie is in de fruitteelt gekozen voor een bespuiting met een dwarsstroomspuit, de bomen in het blad (LAI van 1,5-2) en een windsnelheid van gemiddeld 3 m/s. Uitgaande van deze situatie en een standaardsloot bedraagt de drift op de strook voor het gehele compartiment oppervlaktewater (van insteek tot insteek, van 3-7 m van de laatste bomenrij) gemiddeld 7,4 %. De drift op 4,5-5,5 m van de laatste bomenrij (de plaats waar zich bij de standaardsloot het wateroppervlak bevindt) bedraagt 6,8 % van de dosering.

Tunnelspuit

Bij gebruik van een tunnelspuit neemt de drift over de strook 4,5 tot 5,5 m en 3 tot 7 m naast de laatste bomenrij met gemiddeld 85 % af ten opzichte van een dwarsstroomspuit.

Dwarsstroomspuit met reflectieschermen

Door het plaatsen van reflectieschermen op een dwarsstroomspuit neemt de drift over de strook 4,5 tot 5,5 m naast de laatste bomenrij met gemiddeld 55 % af en over de strook 3 tot 7 m met 64%.

Van de sloot af spuiten met een rijpad naast de laatste bomenrij en een windsingel op de rand van het rijpad

Een in het blad zittende windsingel geeft een driftreductie van 70-90 % naar de grond op de strook 0-3 m achter de windsingel ten opzichte van de situatie zonder windsingel.

Invloed bladhoeveelheid aan bomen en invloed van de windsnelheid

De drift naar de grond buiten het perceel kan bij een bespuiting van kale bomen 2 tot 3 maal zo hoog zijn dan bij de situatie met de bomen in het blad.

Tot 7 m van de laatste bomenrij is er in het gebied 1-6 m/s geen duidelijk effect van de windsnelheid op de drift naar de grond buiten het perceel. Op grotere afstand neemt de drift toe bij hogere windsnelheden.

5 Evaluatie situaties in de volveldsteelten

Definities

luchtondersteuning: een voorziening op de spuitboom van verdeelapparatuur, waarbij een separate luchtstroom een geforceerde neerwaartse richting van het gewasbeschermingsmiddel creëert;

standaard Als standaard voor de optredende drift wordt de volgende situatie gehanteerd:

- veldspuit met een werkbreedte van 18 m voorzien van spleetdoppen die een vloeistofafgifte hebben van 1,6 l/min bij een spuitdruk van 3 bar;
- een gewas met een hoogte van 50 cm en een spuitboomhoogte van 70 cm boven het gewas;
- een windsnelheid van 3 m/s waarbij de wind vrijwel haaks op de perceelsrand richting sloot staat en waarbij de drift aan de benedenwindse zijde is gemeten.

5.1 Inleiding

Bij de bespuitingen in de volveldsteelten kan er onderscheid worden gemaakt in veldspuiten en vliegtuigspuiten. De veldspuit is een werktuig waarbij door middel van spuitdoppen bevestigd aan een spuitboom de spuitvloeistof op het land gespoten wordt. De onderlinge dopafstand op de spuitboom is doorgaans 50 cm. De spuitvloeistof wordt omlaag richting gewas gespoten. De afstand van de spuitboom tot het gewas (of grondoppervlak) varieert in de praktijk tussen 50 cm en 1 m. Afhankelijk van de bedrijfsgrootte, de op het bedrijf aanwezige gewassen komen werkbreedtes (spuitboomlengtes) voor van 12 m tot meer dan 36 m.

Doptypen kunnen onderscheiden worden door verschillen in:

- tophoek, hierbij is er een interactie met spuitboomhoogte;
- druppelgroottespectrum + druppelsnelheid, in combinatie met werkdruk;
- vloeistofafgifte (l/min) bij een bepaalde werkdruk.

Bij de dopkeuze staat een goede depositie op het gewas voorop. Doptype, spuitboomhoogte boven het gewas, etc. spelen allen een rol bij de drift.

Technische maatregelen die genomen kunnen worden om drift te reduceren zijn luchtondersteuning en afscherming van de spuitboom.

Bij een luchtondersteunde veldspuit kan door middel van een ventilator een luchtstroom opgewekt worden die in, of achter de door de spuitdoppen gemaakte spuitkegel een neerwaartse luchtbeweging maakt. Hierdoor worden de druppels ondersteund in hun transport naar het gewas. Bij een afgeschermd spuitboom wordt door een constructie aan de voor en/of aan de achterzijde aan de spuitboom gezorgd voor afscherming van de spuitkegel voor de wind. Hierdoor verwaaien er minder druppels spuitvloeistof.

Aan de hand van de resultaten van in Nederland en Duitsland uitgevoerd veldonderzoek en van literatuurgegevens wordt in de volgende paragrafen de verwachte drift naar de grond of driftreductie aangegeven voor verschillende situaties.

In het kader van deze studie is als uitgangssituatie een veldspuit genomen met een werkbreedte van 18 m voorzien van spleetdoppen die een vloeistofafgifte hebben van 1,6 l/min bij een spuitdruk van 3 bar. Er wordt vanuit gegaan dat een gewas met een hoogte van 50 cm gespoten wordt met een spuitboomhoogte van 70 cm boven het gewas. De gemiddelde windsnelheid is 3 m/s. Alle in dit rapport genoemde getallen voor de volveldsteelten zijn gebaseerd op de situatie, waarbij de wind vrijwel haaks op de gewasrand staat en waarbij aan de benedenwindse zijde is

gemeten. De driftpercentages naar de grond naast het perceel worden uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid perceel.

5.2 Drift bij veldspuiten

Driftonderzoek in Nederland

Door Porskamp et al.(1995b) zijn in de jaren 1992, 1993 en 1994 vergelijkende driftmetingen uitgevoerd bij een bespuiting van aardappelen met een veldspuit uitgerust met verschillende doptypen en de mogelijkheid van luchtondersteuning. Hierbij werd de buitenste baan (18 m) bespoten en werd de drift naar de grond aan de benedenwindse zijde buiten het perceel bepaald. Met een luchtondersteunde veldspuit kan door middel van een ventilator een luchtstroom opgewekt worden die in of achter de spuitkegel een neerwaartse luchtbeweging gaf. Hierdoor worden de druppels ondersteund in hun transport naar het gewas.

Per machine zijn 25 driftmetingen uitgevoerd. In Tabel 4 is de gemiddelde drift weergegeven voor de situaties 300 l/ha conventioneel, 150 l/ha conventioneel en 150 l/ha met luchtondersteuning. Hierbij is uitgegaan van de jaargemiddelden per machine. In deze tabel zijn de waarden op tussenliggende afstanden verkregen door interpolatie van de metingen op logaritmische schaal. De gewashoogte was gemiddeld 0,5 m boven maaiveld en de spuitboomhoogte ingesteld op 0,70 m boven het gewas. De gemiddelde windsnelheid gedurende deze metingen was 3 m/s (std 1m/s; gemeten op 2 m hoogte). Voor de bespuiting 300 l/ha met een conventionele veldspuit is tevens de standaardafwijking (std) van de verschillende metingen weergegeven.

Tabel 4 Gemiddelde drift naar de grond buiten een perceel aardappelen bij veldspuiten uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid (bewerkt naar Porskamp et al., 1995b).

Table 4 Averaged spray drift to the soil, leeward side of a sprayed potato field at different distances to the last spray nozzle, as a percentage of the application rate per surface area (after Porskamp et al., 1995b).

Afstand tot laatste spuitdop [m]	Standaard 300 l/ha		150 l/ha	Luchtondersteund 150 l/ha
	gem	std		
1,50	21,3		19,5	12,1
1,75	16,2		14,7	9,3
2,00	11,1	8,8	11,4	6,1
2,25	7,9		8,6	4,3
2,50	5,6		6,5	3,1
2,75	4,5		5,5	2,4
3,00	3,6	2,9	4,6	1,9
3,25	3,1		4,0	1,6
3,50	2,7		3,5	1,3
3,75	2,4		3,1	1,1
4,00	2,2	1,6	2,8	1,0
4,25	2,0		2,5	0,9
4,50	1,9		2,3	0,8
4,75	1,7		2,2	0,8
5,00	1,6	1,2	2,1	0,7
5,25	1,4		2,0	0,7
5,50	1,3		1,9	0,7

Uitgaande van een standaard veldspuit en de standaardslaat bedroeg de drift voor de strook 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop op maaiveldniveau 5,4% van de dosering per oppervlakte-eenheid.

In bloembollen zijn door Porskamp et al. (1997) ook vergelijkende driftmetingen uitgevoerd met een conventionele spuit, een spuit met een afgeschermd spuitboom en een luchtondersteunde veldspuit. De opzet van de metingen was vergelijkbaar met die in aardappelen. Per machine zijn 8 driftmetingen uitgevoerd.

De gemiddelde drift naar de grond buiten het perceel wordt in Tabel 5 weergegeven voor de strook 0,75 tot 15,5 m vanaf de laatste spuitdop. In deze tabel zijn de waarden van tussenliggende afstanden verkregen door interpolatie van de meetwaarden op logaritmische schaal. De gewashoogte was gemiddeld 0,35 m boven maaiveld en de spuitboomhoogte was ingesteld op 0,50 m boven het gewas. De gemiddelde windsnelheid gedurende deze metingen was 6,4 m/s (std = 1,1 m/s; gemeten op 2 m hoogte).

Tabel 5 Gemiddelde drift naar de grond buiten een bespoten perceel bloembollen uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid (bewerkt naar Porskamp et al., 1997)

Table 5 *Averaged spray drift to the soil, leeward side of a sprayed flower-bulb field at different distances to the last spray nozzle, as a percentage of the application rate per surface area (after Porskamp et al., 1997).*

Afstand tot laatste spuitdop [m]	Conventioneel	Luchtondersteund	Afgeschermd spuitboom
0,75	31,5	19,5	21,8
1,00	21,0	12,5	13,3
1,50	10,2	5,5	5,6
2,00	6,1	2,8	3,0
2,50	3,7	1,5	1,6
3,00	3,1	1,2	1,5
3,50	2,6	1,0	1,4
4,00	2,3	0,8	1,2
4,50	2,0	0,7	1,1
5,00	1,8	0,6	1,0
5,50	1,6	0,5	1,0
7,50	1,2	0,3	0,7
10,00	0,9	0,2	0,6
15,00	0,5	0,1	0,3

Driftonderzoek in Duitsland

Ganzelmeier et al. (1995) beschrijft 16 metingen met conventionele veldspuiten in de akkerbouw. Hierbij werden 8 metingen uitgevoerd op kale grond (vroeg bespuitingen, onkruidbestrijding) en 8 later in het groeiseizoen in een graangewas. Gemeten werd bij een spuitvolume van 300 l/ha. Gedurende de metingen varieerde de windsnelheid tussen 0,8 en 3,6 m/s. De resultaten van deze metingen worden samengevat in Tabel 6. Zij constateerden geen verschil in drift tussen een bespuiting van kale grond of een volgroeid graangewas. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de metingen voor beide situaties niet op hetzelfde moment en onder dezelfde omstandigheden uitgevoerd werden.

Tabel 6 Gemiddelde drift naar de grond buiten een bespoten perceel bij een spuitvolume van 300 l/ha bij een bespuiting van kale grond en een graangewas uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid (bewerkt naar Ganzelmeier et al., 1995)

Table 6 *Averaged spray drift to the soil, leeward side of a sprayed field at different distances to the last spray nozzle, sprayed at a volume rate of 300 l/ha on a bare soil and on a cereal crop, as a percentage of the application rate per surface area (after Ganzelmeier et al., 1995).*

Afstand tot laatste spuitdop [m]	Kale grond	Graangewas	Gemiddeld
1,5	1,43	1,35	1,39
2,5	0,63	0,53	0,58
3,5	0,44	0,37	0,41
4,5	0,28	0,33	0,30
5,5	0,24	0,24	0,24
8,0	0,14	0,14	0,14
10,5	0,10	0,12	0,11
15,5	0,06	0,07	0,06
20,5	0,03	0,04	0,04
30,5	0,02	0,03	0,02

Ripke en Warnecke-Busch (1992) vinden in hun tweejarig onderzoek in veldgewassen (graan) een drift van 1 tot 2% op 5 m en minder dan 1% op 7 m van het behandelde oppervlak.

Overig driftonderzoek

De Heer et al. (1985b) hebben in drievoud driftmetingen gedaan in een tarwe-, spruitkool- en aardappelgewas. In spruitkool en aardappelen werd de drift op de grond benedenwinds vanaf de rand van het gewas gemeten. In tarwe werd de drift vlak boven het gewas gemeten, op 1 m boven het maaiveld, in een strook benedenwinds van de bespoten baan. Voor een conventionele spuitmachine met spleetdop waren de driftpercentages op de grond op 4 m afstand naast het perceel voor tarwe 0,1% van de dosering, voor spruitkool 2% en voor aardappelen 0,1-1,0% (Tabel 7). Op 2 m afstand was de drift op de grond voor aardappelen 2% van de dosering.

Tabel 7 Drift op de grond naast het perceel bij verschillende gewassen, spuitvolumes en windsnelheden op 2 en 4 m afstand vanaf de rand van het gewas uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid (naar De Heer et al., 1985b)

Table 7 *Spray drift to the soil, leeward side of a sprayed field in different crops (wheat, potato and brussels sprouts) at different volume rates and wind speeds at 2 and 4 m distances to the field crop, as a percentage of the application rate per surface area (after De Heer et al., 1985b).*

Gewas	Volume [l/ha]	Doptype	Druk [bar]	Wind [m/s]	Drift [%]	
					Afstand vanaf rand gewas 2 m	4 m
Tarwe	300	11004	2,4	1,5-5,5	-	0,1*
Aardappel	275	11004**	3	4,5-5,5	2	0,1-1,0
Spruitkool	600	11004	6	4,0-4,6	-	2

- = niet onderzocht

* gemeten op 1 m boven het maaiveld vlak boven het gewas

** de laatste spuitdop bevond zich tussen de laatste en de één na laatste aardappelrug

Zij vonden dat bij gebruik van een conventionele veldspuit met spleetdop in vollegrondsteelten de drift op de grond op 4 m afstand aan de benedenwindse zijde van de behandelde zone bij een gemiddelde windsnelheid van 5 m/s 1 á 2% bedroeg.

Onderzoeksgegevens van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden geven driftpercentages aan van 0,16% tot 12,6%, gemeten op het wateroppervlak in een sloot, op de strook 2 tot 4 à 5 m van de laatste spuitdop (Van der Plas et al., 1997). Het betreffen hier 4 momentopnamen (puntmetingen). Deze 4 metingen verschilden onder andere in gewas- en spuitboomhoogte, windsnelheid, druppelgrootte en het gebruik van luchtondersteuning en een kantdop.

5.3 Invloed spuittechniek

Luchtondersteuning

In verschillende onderzoeken (Taylor et al. (1989); Ripke (1990); May (1991); Ringel (1991); May & Hilton (1992); Porskamp et al., 1995b, 1996, 1997) werd een driftreductie bereikt van 50% of meer door toepassing van luchtondersteuning.

Afscherming van de spuitboom

Uit diverse onderzoeken blijkt dat afschermingen op spuitbomen een driftreductie van 30-80% kunnen geven (Porskamp, 1997). Dit is sterk afhankelijk van de constructie wijze van de afscherming, het gebruikte doptype en de gewas- en weersomstandigheden.

Uit onderzoek van Porskamp et al. (1997) bij een bespuiting van bloembollen in Nederland blijkt dat een afgeschermd spuitboom op 2 tot 3 m naast de gewasrand een driftreductie geeft van 50% ten opzichte van een conventionele spuit; op meer dan 5 m afstand neemt deze reductie af tot ongeveer 30%.

Tunnelspuit

Uit onderzoek van Porskamp et al. (1997) blijkt dat een onderzoeksprototype tunnelspuit voor bespuitingen van bedden in de bloembollenteelt op 2,125-3,125 m van de laatste dop een driftreductie geeft van meer dan 90% ten opzichte van een conventionele spuit.

Spuitboomhoogte

Spuitboomhoogte heeft een grote invloed op de drift naast een perceel. Bij vergroting van de afstand tussen de dop en het gewas (spuitboomhoogte) neemt de drift toe (Nation, 1980; Arvidsson, 1985; Miller, 1988, 1991). Het onderzoek dat is uitgevoerd naar het effect van spuitboomhoogte op de drift geeft echter een grote spreiding. De grote verschillen in omstandigheden, dopkeuzen, windinvloeden, etc. zijn hiervan de oorzaak. Algemeen wordt geconcludeerd dat de spuitboomhoogte een grote invloed heeft op de drift.

Doptype, driftarme dop en kantdop

Bij de dopkeuze staat een goede depositie op het gewas voorop.

Afhankelijk van het druppelgroottespectrum kan een spuitdop ingedeeld worden in een druppelgrootteklasse (fijn, middel, grof). De reeds aanwezige klasse-indeling voor spuitdoppen gaat uit van een best mogelijke landbouwkundige toepassing. De driftgevoeligheid van spuitdoppen (bij een bepaalde spuitdruk) wordt bepaald door:

1. druppelgrootte-spectrum
2. uitstroomsnelheid van de druppels uit de spuitdop;
3. vloeistofverdeling (hoekverdeling) in de spuitkegel.

Afhankelijk van interacties met spuitboomhoogte, windsnelheid, spuitdruk heeft een doptype grote invloed op de drift (Elliot & Wilson, 1983; Gilbert & Bell, 1988; Ripke, 1990; Ripke & Warnecke-Busch, 1992). In het algemeen geldt hoe grover het druppelgroottespectrum hoe lager de drift.

Als driftreducerende maatregel wordt vaak het gebruik van 'driftarme' spuitdoppen genoemd. Het

begrip 'driftarm' is hierbij echter niet gedefinieerd. Driftarme doptypen, die veelal met de commerciële term "antidriftdoppen" aangeduid worden, onderscheiden zich van de standaard doptypen doordat zij bij een bepaalde druk dezelfde afgifte hebben, maar met een grover druppelgroottespectrum. Het aandeel kleine, driftgevoelige druppels is kleiner dan voor de overeenkomstige standaarddoppen. De uitstroomsnelheid van de druppels bij de driftarme doppen is echter ook aanzienlijk lager dan bij de standaarddoppen. Dit kan tot meer drift leiden. De huidige indeling van doppen (fijn, midden, grof) geeft niet de driftgevoeligheid aan. De relatie tussen druppelgroottespectrum van spuitdoppen, uitstroomsnelheid van de druppels, vloeistofverdeling in de spuitkegel en de driftgevoeligheid is nog onvoldoende bekend.

De spuitdoppen, die toegepast worden op veldspuiten, hebben een symmetrische spuitkegel. Bij een onderlinge afstand van 50 cm geven ze een regelmatige verdeling van de spuitvloeistof, doordat de vloeistofkegels van de individuele spuitdoppen elkaar overlappen. Hierdoor wordt bij de buitenste werkgang de vloeistof veelal tot buiten het gewas verspoten. Dit buiten het doel spuiten is te beperken door de laatste dop te vervangen door een zogenaamde kantdop. Hierbij wordt aan het einde van de spuitboom een verticale scheiding van het spuitbeeld verkregen. De dop dient tevens voor een regelmatige aansluiting van de vloeistofverdeling met de naastliggende doppen. De plaats van de kantdop is afhankelijk van de rijafstand van het gewas en het belang van het bespuiten van de gehele buitenste gewasrij. Het effect van een kantdop op de drift is naast de plaats en de spuitrichting van de dop afhankelijk van dezelfde factoren die ook bij gewone en driftarme doppen de drift bepalen (druppelgrootte-spectrum, vloeistofverdeling in de spuitkegel en uitstroomsnelheid van de druppels). Het effect van deze factoren is nog onvoldoende bekend.

5.4 Invloed windsnelheid, gewas, sloot en teelt/spuitvrije zone

Windsnelheid

Bij toenemende windsnelheid neemt de drift op de grond naast het perceel toe. Hierbij is er een interactie met doptype en spuitboomhoogte (Smith et al., 1982; Arvidsson, 1985; Gilbert & Bell, 1988). Dit blijkt echter alleen uit speciaal voor dit doel opgezet (drift)onderzoek.

Invloed van gewas

Ganzelmeier et al. (1995) vonden geen verschil in drift tussen een bespuiting van kale grond of een volgroeid graangewas. De metingen aan beide gewasstadia zijn echter niet op hetzelfde tijdstip uitgevoerd en daardoor niet onder gelijke omstandigheden.

Invloed van sloot

Porskamp et al. (1995b) vonden dat het niveau van de drift op het wateroppervlak 30 % lager is dan midden boven het wateroppervlak op maaiveldniveau. Dit verschil is in het ene meetjaar significant aangetoond en in het andere jaar niet. In de sloot treedt kennelijk een herverdeling van de depositie op.

Invloed teelt/spuitvrije zone

Door Porskamp et al. (1995b) is het effect van een teeltvrije zone op de drift vastgelegd. Bij een bespuiting van aardappelen met een spuitvolume van 300 l/ha en 150 l/ha met en zonder luchtondersteuning is het effect van een teeltvrije zone gemeten. Door een teeltvrije zone van 2,25 m (3 aardappelruggen) nam de drift bij alle technieken duidelijk af. Over de strook 2-3 m vanaf de laatste dop, gemeten vanuit de situatie zonder teeltvrije zone, werd gemiddeld voor de verschillende technieken 70% minder drift gemeten.

5.5 Discussie

Verschillen in depositie buiten het perceel bij aardappelen (Porskamp et al., 1995b) en bloembollen (Porskamp et al., 1997) kunnen verklaard worden door het verschillen in omstandigheden, gewashoogte, spuitboomhoogte boven het gewas en windsnelheid. Bij de bloembollen was de spuitboomhoogte 0,5 m en bij de aardappelen gemiddeld 0,70 m.

Bij de volveldsbespuitingen is de gemeten drift in aardappelen in Nederland (Porskamp et al., 1995b) hoger dan in graan en kale grond in Duitsland (Ganzelmeier et al., 1995). Belangrijke oorzaak hiervoor kan zijn de windsnelheid (bij de Duitse metingen lager), de spuitboomhoogte (in Nederland 20 cm hoger bij de metingen in aardappelen), de gewashoogte en de gewassoort. Deze laatste kan van invloed zijn op de positie van de laatste spuitdop. Bij de bespuiting van granen in Duitsland is de positie van de laatste dop circa 25 cm binnen de buitenste tarwerij (rand van het gewas); bij het onderzoek in aardappelen in Nederland is de positie van de laatste spuitdop circa 12,5 cm buiten het midden van de laatste rij. De gemiddelde windsnelheid bij het onderzoek in Duitsland was bij de onbeteelde grond 1,8 (1,1-2,6) m/s en 2,1 (0,8-3,6) m/s bij het onderzoek in granen; in Nederland was de gemiddelde windsnelheid 3,0 m/s (1,5-5,2) in aardappelen en 6,4 m/s (4,5-8,5) in bollen. Om meer inzicht te krijgen in deze verschillen zijn met het IDEFICS driftmodel (Holterman et al., 1994) enkele berekeningen uitgevoerd. Een correctie naar een gelijke spuitboomhoogte en/of windsnelheid verklaart een deel van de gevonden verschillen.

Ganzelmeier et al (1995) constateerden geen verschil in drift tussen een bespuiting van kale grond of een volgroeid graangewas. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de metingen voor beide situaties niet op hetzelfde moment en onder dezelfde omstandigheden uitgevoerd werden. In het driftmodel IDEFICS wordt gewashoogte als een bepalende factor voor de druppeldrift meegenomen. Berekeningen met het model geven een gewashoogte effect aan. Bij een indeling of differentiatie naar gewashoogte of gewassoort zou hier rekening mee gehouden kunnen worden.

In het Nederlandse en Duitse onderzoek werd geen effect van windsnelheid aangegeven. Het onderzoek was hiertoe niet voor ingericht. Speciaal opgezet onderzoek voor het vastleggen van de invloed van de windsnelheid op de drift (Arvidsson, 1985) geeft wel duidelijke effecten aan.

Door een lagere spuitdruk of een groter spuitvolume kan de drift beperkt worden. Dit wordt veroorzaakt door een groter worden van het druppelgroottespectrum.

Driftbeperking kan ook beginnen bij een betere verdeling in het spuitzwad. Als hierdoor de dosering aan actieve stof kan verlagen zal daardoor ook de drift (als actieve stof hoeveelheid) verlaagt worden.

In het Meerjarenplan Gewasbescherming wordt voor de drift in Nederland uitgegaan van 2% drift (Rapportage Werkgroep Beperking Emissie, 1990). Deze waarde is gebaseerd op een puntbelasting op 4 m afstand van de behandelde zone. Volgens tabel 4 is de puntbelasting op 4 m van de laatste spuitdop 2,2%. Voor de belasting van het oppervlaktewater moet echter worden uitgegaan van een gewogen gemiddelde belasting van een strook; de drift naar de strook 2,125 tot 3,125 m is 5,4%.

Het effect van alle factoren die van invloed zijn op het spuitproces en op de driftemissie en van emissiebeperkende maatregelen is in veldproeven moeilijk te kwantificeren. Steeds zullen er interacties ontstaan tussen moeilijk beheersbare effecten (windsnelheid en -richting, spuitboomhoogte etc.). Het analytisch doorrekenen van alle combinaties van afzonderlijk in te stellen parameters met een computersimulatiemodel biedt dan uitkomst. Met het model IDEFICS (IMAG program for Drift Evaluation from Field sprayers by Computer Simulation) kunnen

genoemde effecten gekwantificeerd worden. De resultaten hiervan geven inzicht in het belang van de verschillende maatregelen. Aangehouden is dat de resultaten van het model goed overeenkomen met metingen uit het veldonderzoek (Holterman et al., 1994).

5.6 Conclusies

Als standaardsituatie is voor de volveldsteelten gekozen voor een bespuiting van aardappelen met een conventionele spuit gedurende een groeiseizoen met een gemiddelde windsnelheid van 3 m/s. De gewashoogte is gemiddeld 50 cm boven maaiveld en de spuitboomhoogte 70 cm boven het gewas. Het spuitvolume is 300 l/ha en er wordt gespoten met een spuitdop met een druppelgroottespectrum in de BCPC-klasse midden.

Uitgaande van deze situatie en een standaardsloot bedraagt de drift voor de strook 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop op maaiveldniveau (de plaats waar zich bij de standaardsloot het wateroppervlak bevindt) 5,4 % van de dosering per oppervlakte-eenheid.

Luchtondersteuning

Door het toepassen van luchtondersteuning op een veldspuit neemt de drift naar de grond aan de benedenwindse zijde op de strook 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop met gemiddeld meer dan 50% af. Dit geldt zowel bij een fijn (150 l/ha) als bij een middelgroot druppelgroottespectrum (300 l/ha).

Afgeschermd spuitboom

Door het gebruik van afschermingen aan de spuitboom van een veldspuit neemt de drift naar de grond aan de benedenwindse zijde op 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop met gemiddeld 50% af. Veel is echter afhankelijk van de constructie van de afschermingen.

Tunnelspuit

Door afscherming van de spuitdoppen met een tunnel, die juist over een bed met bloembollen past, werd op 2,125-3,125 m van de laatste spuitdop een driftreductie van gemiddeld meer dan 90% bereikt ten opzichte van de conventionele veldspuit.

Algemeen interacties

Door interacties van factoren die van invloed zijn op het spuitproces (doptype, spuitboomhoogte, windsnelheid en -richting, gewashoogte, etc.) is het moeilijk de verschillende onderzoeken in de literatuur eenduidig met elkaar te vergelijken. Het analytisch doorrekenen van alle combinaties van afzonderlijk in te stellen parameters met een computersimulatiemodel biedt dan uitkomst.

5.7 Drift bij vliegtuigspuiten

5.7.1 Driftonderzoek

Bespuitingen met een vliegtuig worden in Nederland met name in aardappelen uitgevoerd bij de bestrijding van *Phytophthora*. Het areaal dat met vliegtuigen wordt bespoten kan van jaar tot verschillen; dit is mede afhankelijk van de plaatselijke bodemomstandigheden (in natte jaren kans op rijschade bij een bespuiting met een volveldsspuit).

In Nederland is geen onderzoek uitgevoerd naar de optredende drift bij vliegtuigbespuitingen. De Vereniging van Nederlandse Landbouw luchtvaartbedrijven (VNL) heeft in het voorjaar van 1993 wel metingen laten uitvoeren ter bepaling van het spuitpatroon van diverse spuitvliegtuigen. Deze metingen zijn uitgevoerd door de National Agricultural Aviation Research and Education Foundation (NAAREF). Dit onderzoek is uitgevoerd op een grasvlakte met doseringen, zoals die in de Nederlandse praktijk gebruikelijk zijn. De spuitpatronen van de spuitvliegtuigen werden bepaald aan de hand van de depositie na de passage van één vliegrun dwars op de windrichting ("worst case" benadering).

Huijsmans en Porskamp (1994) geven op basis van vier van deze spuitpatronen inzicht in de verwachte drift onder praktijkomstandigheden. Zij berekenden uitgaande van een spuitpatroon de depositie(verdeling) binnen een te bespuiten perceel en de druppeldepositie naast het perceel. Van de vier bewerkte metingen was bij meting 1 de druppeldrift op de eerste 4 meter naast het perceel meer dan 50% van de dosering. In meting 2 was deze drift 40% op de rand van het perceel en liep af tot 10% op 4 meter afstand tot de rand; in meting 3 waren deze percentages respectievelijk 85 en 30%. Meting 4 is uitgevoerd onder relatief ongunstige omstandigheden door o.a. een hoge windsnelheid (4 m/s) en vlieghoogte (3 m). Bij deze meting was de depositie op de eerste 4 meter naast het perceel gelijk aan de dosering binnen het veld. Op basis van deze gegevens kan de optredende drift moeilijk eenduidig worden weergegeven. De grote spreiding is mede een gevolg van de variërende omstandigheden en vliegtuiguitrusting.

5.7.2 Discussie en conclusie

Op basis van het beschikbare Nederlands onderzoek is het niet mogelijk een tabel op te stellen voor de optredende drift bij vliegtuigbespuitingen. De berekende drift geeft een kwalitatief inzicht. De data zijn echter te beperkt en moeilijk onderling vergelijkbaar door de grote variatie in omstandigheden en toegepaste spuituitrusting.

De resultaten geven een inzicht in de drift die optreedt bij een bespuiting met een vliegtuig op een vlak veld. Een gewas op het veld kan invloed hebben op de uiteindelijke drift. De drift wordt mede bepaald door de vlieghoogte de heersende windrichting en -snelheid en de toegepaste spuittechniek.

De meetgegevens zijn afkomstig van vliegtuigen die destijds in de praktijk werden toegepast. De bewerking van de gegevens heeft alleen betrekking op de ter beschikking gestelde datasets door de VNL, van het onderzoek uitgevoerd door de NAAREF. In de metingen werd de druppeldepositie bepaald. De berekende verdeelpatronen in het perceel zijn onregelmatig en tonen aan dat bijvoorbeeld plaatsing en aantal doppen, doptype en keuze van de werkbreedte nog nadere aandacht vragen.

Kaul e.a. (1995) beschrijven een model voor het berekenen van de drift bij vliegtuigbespuitingen; de vermelde (berekende) drift geldt voor grotere afstanden van de perceelsrand; in hun voorbeelden wordt uitgegaan van een drift van circa 10% op 50 m van de perceelsrand. In het buitenland (met name de Verenigde Staten) is meer informatie beschikbaar over de optredende drift bij vliegtuigbespuitingen. Deze informatie is echter moeilijk vertaalbaar naar de Nederlandse situatie (spuittechniek, perceelsgrootte, gewas).

6 Evaluatie situaties in de boomteelt

6.1 Inleiding

De teelt van boomkwekerij gewassen kan wat de bespuitingen betreft in twee hoofdgroepen worden ingedeeld.

- 1 De lage teelten die naar beneden gericht bespoten worden, zoals bij een veldspuit en een handgedragen spuitboom. Veel bespuitingen in deze teelten werden ook uitgevoerd met een spuitgeweer (volgens CUWVO niet meer toegestaan);
- 2 De laanbomenteelt waarbij sprake is van kleine bomen tot bomen boven 5 m. In de teelt is een onderscheid te maken in:
 - a spillen met beklede stammen, dicht op elkaar geplant en met een hoogte tot 2,5 m;
 - b opzetters al dan niet enkele malen verplant. Deze teelt heeft veelal kaal geknipte stammen en een duidelijke bladkroon, is ruimer geplant en heeft een hoogte van 2,5 m tot 5 m;
 - c bomen groter dan 5 m.

6.2 Lage teelten

Het driftonderzoek in de lage teelten in Nederland is uitgevoerd in het Boskoopse gebied. Looman et al. (1995) heeft het effect op de drift bepaald van de toepassing van schermdoek langs de rand van het perceel bij bespuitingen met een landbouwspruit met verschillende doppen. De proef is in 4 herhalingen uitgevoerd. De doppen hadden een grof tot zeer grof druppelspectrum. De windsnelheid was 1-3 m/s; de dophoogte 1,3 m boven de grond. Op 50 cm vanaf de laatste spuitdop was over 20 m een 1,5 m hoog grofmazig scherm (50 % open) en een fijnmazig scherm (30 % open) aangebracht. Direct achter het scherm werd een duidelijke driftreductie gemeten. Op 2,2 m vanaf de laatste dop was er geen significant verschil in drift op de sloot tussen wel en geen scherm. Ook op grotere afstanden werd er geen verschil gemeten. Deze proef werd het jaar erop herhaald (Smelt et al. 1995; twee herhalingen) met het grofmazige scherm (50 % open). Met een spleetdop (XR11005) werd bij een windsnelheid van 2-3 m/s op 1,5 m van de laatste dop een drift gemeten van 12 %; op 1,4-4,8 m van de laatste dop werd door de toepassing van het scherm een driftreductie van 82-85 % bereikt. Voor een Raindrop dop was de reductie bij een windsnelheid van 1-2 m/s 46-49 %. Opgemerkt wordt dat de gebruikte Raindrop met zijn grof druppelspectrum waarschijnlijk niet optimaal zal zijn voor een effectieve toepassing van veel bestrijdingsmiddelen.

Smidt et al. (1994) hebben driftmetingen verricht bij gebruik van een spuitpistool. De metingen zijn in enkelvoud uitgevoerd. De werkdruk bedroeg 35 en 45 bar; de windsnelheid was 3-5 m/s. De bespuiting vond plaats haaks op de sloot in 10-15 cm hoge azalea's en 40-70 cm hoge rododendrons. De afstand tussen de rand van het perceel en de slootrand was 1 m. In het hoge gewas was de drift dicht bij de slootrand 6,7 % en op 7,5 m was dit afgenomen tot 0,2 %. In het lage gewas nam de drift af van 1,9 % dichtbij de slootrand tot 0,1 % op 7,5 m. Uit het onderzoek bleek dat naast de weerssituatie ook de gewashoogte een grote invloed had op de mate van drift op het wateroppervlak.

In een andere proef is in drievoud het overwaaien van spuitvloeistof bij bespuitingen met een spuitgeweer en een gedragen spuitboom en het effect van schermdoek daarop bepaald (Smelt et al. 1995). Het spuitgeweer had een werkdruk van 20 bar (1400 l/ha) en de spuitboom was uitgerust met XR11003 doppen die bij 3 bar 840 l/ha gaven. De spuitboomhoogte was 30 cm boven het gewas. Bij de proeven werd achteruitlopend vanaf de slootkant gespoten. De drift naar de grond van de gedragen spuitboom was op 1 m vanaf de rand van het perceel 2,9 %, op 2 m 1,7 % en op 4 m 0,4 %. Bij een vergelijking van een gedragen spuitboom en een spuitgeweer gaf een spuitgeweer 2,5 maal zoveel drift dan de gedragen spuitboom. Door het toepassen van een 15 m lang en 1 m hoog schermdoek (50 % open) op 0,6 m van de sloot werd een emissiereductie bereikt

van 56% over de strook 1-4 m van de gewasrand. Bij gebruik van een spuitgeweer bleek de techniek van de persoon die de bespuiting uitvoerde een grote invloed te hebben op de drift. In een stationaire meetopstelling is het effect van een dicht scherm op de drift op de grond buiten het perceel bepaald bij een spuitboom met 4 spleetdoppen XR1004 en bij een identiek spuitboompje dat overkapt was (Looman et al., 1995). Het scherm was 4 m breed en 1 m hoog, de afstand tot de laatste dop bedroeg 0,5 en 2,5 m. De windsnelheid was 2-3 m/s. De proef werd in twee herhalingen uitgevoerd. Achter het dichte scherm werd de drift naar de grond tot op 10 m met meer dan 90 % gereduceerd. Het overkapte spuitboompje reduceerde de drift gemiddeld met 36 % op 0,75 cm van de dop tot 60 % op 10 m afstand.

6.3 Laanbomenteelt

In de laanbomenteelt zijn in 1996 de eerste driftmetingen uitgevoerd. Dit onderzoek werd uitgevoerd met een conventionele axiaalspuit met werveldoppen (standaardmethode), met dezelfde machine uitgerust met spleetdoppen en met een experimentele dwarsstroomspuit met verstelbare luchtondersteuning via slangen en verstelbare luchtmonden. De proef werd uitgevoerd in spillen en opzetters, beide tijdens twee groeistadia. Op dit moment zijn nog onvoldoende resultaten beschikbaar.

6.4 Discussie

In de teelt van lage boomkwekerijgewassen zijn weinig eenduidige spuittechnieken voorhanden. Bij het tot nu toe veel gebruikte spuitgeweer zijn de driftpercentages naast de weers- en perceelsomstandigheden sterk afhankelijk van de techniek van de persoon die de bespuitingen uitvoert (Smidt et al. 1994 en Smelt et al. 1995).

Van een aantal experimentele ontwikkelingen is de invloed op de drift buiten het perceel gemeten. Schermen langs het perceel hadden soms wel (Smelt et al. 1995) en soms weinig effect (Looman et al., 1995) op de drift op enige afstand achter het scherm.

Een proef met een gedragen spuitboom gaf gemiddeld over de strook 1-4 m van de spuitdop 1,5% drift. In proeven met een veldspuit (in kort gras) werden bij een boomhoogte van 1,3 m boven maaiveld (om over de gewassen en obstakels te komen) doppen met zeer grove druppels gebruikt om de drift te beperken. Opgemerkt wordt hierbij dat bijv. de Raindrop met zijn grof druppelspectrum wel minder drift geeft, maar zeker niet optimaal is voor een effectieve toepassing van veel gewasbeschermingsmiddelen.

In de laanbomenteelt wordt de spuittechniek bij een axiaalspuit aangepast aan de boomvorm door het afsluiten van bepaalde doppen, waardoor de verspoten dosering(l/ha) omlaag gaat. Hierdoor gaat bijv. bij eenzelfde absolute hoeveelheid drift en eenzelfde concentratie van de spuitvloeistof het percentage drift uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering evenredig omhoog met de lagere dosering (l/ha).

6.5 Conclusies

Uit de aanwezige meetresultaten bij de lage teelten kunnen nog moeilijk duidelijke conclusies getrokken worden. Door het aanbrengen van een scherm (50% open) op de perceelsrand kon de drift tot maximaal 60-80 % omlaag gebracht worden. Een gedragen spuitboom op 30 cm boven het gewas gaf op wateroppervlak minder dan 3% drift.

7 Aanbevelingen en leemten in kennis

Een aantal in potentie driftbeperkende technieken (prototypen) zijn niet opgenomen in deze rapportage. Een procedure (criteria) zou uitgewerkt moeten worden, wanneer een techniek aangemerkt kan worden als driftbeperkende spuittechniek.

Veel technieken bevinden zich nog in een prototypestadium of worden nog niet in de praktijk gebruikt. Zo is door het gebruik van afschermingen aan de spuitboom van een veldspuit de drift te beperken. Veel is echter afhankelijk van de constructie van de afschermingen, het gebruikte doptype en de gewas- en weersomstandigheden. Deze verschillende facetten van de vereiste constructie zijn nog niet onderzocht.

Voor de fruitteelt ontbreekt een goede onderbouwing van de drift bij bespuiting van de laatste bomenrij geplant op de slootkant. Dit geldt eveneens voor de vergelijking tussen een axiaalspuit en dwarsstroomspuit en het effect van de bladhoeveelheid aan de bomen.

Over de optredende drift bij toepassing van rijenspuiten en rugspuiten zijn geen gegevens beschikbaar; dit geldt ook voor bespuitingen van kale grond en perceelsranden.

Door interacties van factoren die van invloed zijn op het spuitproces (doptype, spuitboomhoogte, windsnelheid en -richting, gewashoogte, etc.) is het moeilijk de verschillende onderzoeken uit de literatuur eenduidig met elkaar te vergelijken. Het analytisch doorrekenen van alle combinaties van afzonderlijk in te stellen parameters met een computersimulatiemodel biedt dan uitkomst.

Gewashoogte en positie laatste spuitdop ten opzichte van de rand van het gewas zullen naar verwachting invloed hebben op de drift. Beide zullen, naar het zich laat aanzien, afhangen van de gewassoort, het groeistadium van het gewas en de eventuele rijafstand. Er is geen veldonderzoek beschikbaar naar de invloed van deze factoren op de toerekenbare drift. Een differentiatie naar deze factoren vanuit veldonderzoek is op dit moment dan ook niet te maken.

Windsnelheid is een belangrijke factor voor de optredende drift. De optredende windsnelheden verschillen mogelijk per regio; differentiatie naar regio zou dan overwogen kunnen worden.

Een eenduidige definitie van een driftarme spuitdop en een kantdop en het effect hiervan op de drift is niet beschikbaar; van meerdere doptypen (o.a. lucht-vloeistofmengdoppen) is de drift en het driftbeperkend effect onbekend.

Voor de optredende drift bij vliegtuigbespuitingen zijn geen driftmetingen beschikbaar. De berekende driftgegevens geven een grote spreiding en zijn moeilijk onderling vergelijkbaar door de grote variatie in omstandigheden en toegepaste spuituitrusting. Driftbeperkende maatregelen zijn eveneens niet gekwantificeerd.

In de boomkwekerij is tot op heden een beperkt aantal driftmetingen uitgevoerd. Enkele driftbeperkende ideeën (o.a. windscherm) zijn in deze metingen meegenomen. Een verdere onderbouwing van de optredende drift bij bespuitingen in de boomkwekerij is noodzakelijk.

Het profiel van een sloot en de dimensies zullen van invloed zijn op de belasting van het oppervlaktewater. Factoren als de drift naar het dieper liggend wateroppervlak (ten opzichte van het maaiveldniveau) en de afspoeling van het talud zullen nader onderzocht moeten worden om hier eenduidige uitspraken over te kunnen doen. Deze factoren zullen dan onderzocht moeten worden in relatie tot onder andere de windsnelheid en spuittechniek.

De vele nieuwe ontwikkelingen op technisch gebied bieden perspectief in relatie tot de beperking van de drift. Door onderzoek kan en moet dit gekwantificeerd worden.

Summary

The Multi Year Crop Protection Plan of the Dutch government formulates objectives for a reduction in crop protection products to be used and for an application practice for these products which is safe and more compatible with the environment. The emissions of crop protection agents to soil, (surface)water and air should be reduced. A general reduction in spray drift to surface water next to the sprayed field can be achieved by improvements in spray application techniques.

Data from literature on spray drift are summarized for orchards, field crops and nursery trees. The results are presented on a uniform basis and expressed as percentage of the application rate per surface area, at a distance of 2,25 - 3,25 m (for field crops) or 4.5 - 5.5 m (for orchards) of the last crop row, being the place where commonly the ditches are situated.

Orchards

The reference situation for orchard spraying is a cross-flow fan sprayer spraying in an orchard with leaves on the trees (LAI 1.5-2) and an average windspeed of 3 m/s. The spray-drift deposition on the soil at 4.5-5.5 m downwind of the last tree is 6.8 % of the application rate per surface area. Compared to this reference situation a tunnel sprayer achieves a reduction in spray drift on the soil surface of 85 % and a cross-flow fan sprayer with reflection shields of 55%.

A wind-break on the outer-edge of the field reduces spray-drift 70-90 % on the zone 0-3 m downwind of the wind-break.

Spraying trees without leaves increases spray drift 2 to 3 times compared to spraying trees with full foliage.

Up to 7 m of the last row spray drift deposit on the soil is not effected by wind speed (1-6 m/s). At greater distances the soil deposition of spray drift increases with increasing wind speed.

Field crops

The reference situation for field crop spraying is a conventional field boom sprayer spraying a potato crop during the growing season with an average windspeed of 3 m/s. Crop height is on average 50 cm above soil-surface and sprayer boom-height is 70 cm above crop height. Spray volume is 300 l/ha, spraying is done with a flat fan nozzle-type (BCPC-class Medium). The spray-drift deposition at the soil at 2.25-3.25 m downwind of the last row is 5.4 % of the application rate per surface area.

Compared to this reference situation a field boom sprayer with air-assistance and a field boom sprayer with a shielded sprayer boom achieve a 50 % reduction in spray drift on the soil surface. A tunnelsprayer for bed-grown crops (e.g. flower bulbs) can reduce spray drift with 90 %.

The large number of factors involved in the spraying process (nozzle-type, sprayer boom-height, windspeed, wind direction, crop height, etc.) make it difficult to compare spray drift data from literature. Computer simulation of spray drift can supply additional information.

No spray drift data are available on aircraft spraying in The Netherlands.

Nursery trees

In nursery tree growing a distinction is made between small crops (ornamentals) and large crops (lane trees), sprayed resp. downward and side- and upward.

In small grown crops spraying is usually done with a small hand-held sprayer boom, using a spray boom-height of 30 cm above the crop. Spray drift soil deposit on water surface is below 3 % of the application rate per surface area.

A wind-break shield (50 % open) placed on the edge of the field can reduce spray drift with 60-80 % compared with a conventional hand-held sprayer-boom spraying.

No sufficient data are available yet to quantify spray drift in lane trees.

Literatuur

Arvidsson, T., 1985. Phytotoxic damage and residues of MCPA in spring rape caused by wind drift. Weeds and weed control, 26th Swedish Weed Conference, Uppsala 30-31 January 1985. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 302-310

Baas, J., 1994. Emissie van gewasbeschermingsmiddelen uit boomgaarden naar de lucht. TNO rapport MW-R 94/040a, (IMW), Delft, 97 pp.

Commissie van Deskundigen Emissie-Evaluatie MJPG, 1996. Einddocument MJP-G emissie evaluatie 1995, Ede. 31 pp.

Crum, S.J.H. en H. De Heer, 1991. Het effect van twee verschillende spuitmachines op de depositie en luchtconcentratie van deltametrin in een appelboomgaard. SC-DLO rapport 153, Sc-DLO, Wageningen, 49 pp.

Elliott, J.G. & B.J. Wilson, 1983. The influence of weather on the efficiency and safety of pesticide application. The drift of herbicides. BCPC Occasional Publication No. 3, British Crop Protection Council, Croydon, UK. 135 pp.

Ganzelmeier, H., D. Rautmann, R. Spangenberg, M. Strelake, M. Herrmann, H.J. Wenzelburger en H.F. Walter, 1995. Studies on the drift of plant protection products. Results of a test program carried out throughout the Federal Republic of Germany. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 305, Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH Berlin-Wien, 111 pp.

Gilbert, A.J. & G.J. Bell, 1988. Evaluation of the drift hazards arising from pesticide spray application. Aspects of Applied Biology 17, 1988. 363-376

Heer, H. De, C.J. Schut, D.A. Liefink, 1985a. Resultaten van depositiemetingen te Numansdorp in 1984. Onderzoek naar verbetering van spuitmethoden in de fruitteelt (1). De Fruitteelt nr16(1985) p 419-421

Heer, H. de, C.J. Schut, H.A.J. Porskamp & L.M. Lumkes, 1985b. Depositie- en driftmetingen bij conventionele en nieuwe typen spuitmachines in een tarwe-, spruitkool- en aardappelgewas. Gewasbescherming 16(1985)6: 185-197

Heer, H. De en C. J. Schut, 1986. Depositie- en driftmetingen bij conventionele en nieuwe typen spuitmachines in de fruitteelt en in vollegrondsteelten. Voordracht KU Leuven 19 maart 1986.

Huijsmans, J.F.M. en H.A.J. Porskamp. 1994 - Drift bij vliegtuigbespuitingen. Bewerking metingen NAAREF. IMAG-DLO Nota P 94-28, pp. 14

Holterman, H.J., H.A.J. Porskamp, J.F.M. Huijsmans. Modelling spray drift from boom sprayers. Proceedings AgEng Conference Milaan 1994, 717-718, paper 94-D-148

Kaul, P. von, E. Meyer en Sabine Gebauer, 1995. Direkte Abdrift von Pflanzenschutzmitteln - Flugzeug. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 47, p 36-44

Looman, B.H.M, J.H. Smelt, R.A. Smidt en A.P.C. van de Boom, 1995. Effect van dootype en schermdoek op de depositie op de sloot bij bespuitingen met een landbouwspruit. Proef 43005. Boomteelt Praktijkonderzoek, jaarverslag 1994.

Looman, B.H.M, A.P.C. van de Boom en R.A. Smidt, 1995. Beperken van de drift naar oppervlaktewater bij handgedragen spuiten. Boskoop 1995. Intern verslag 3400-19. Proefstation voor de boomkwekerij.

May, M.J., 1991. Early studies on spraydrift, deposit manipulation and weed control in sugar beet with two air-assisted boom sprayers. In: A. Lavers, P. Herington & E.S.E. Southcombe. Air-assisted spraying in crop protection. BCPC Monograph No. 46, Farnham. UK. 89-96

May, M.J. & J.G. Hilton, 1992. New spray techniques for broad-leaved weed control. Aspects of applied biology, 32, 1992. 43-50

Miller, P.C.H., 1988. Engineering aspects of spraydrift control. Aspects of applied biology 17, 1988. 377-384

Miller, P.C.H., 1991. Agricultural sprayer design to minimize environmental contamination. In: M.L. Richardson. Chemistry, agriculture & the environment. Cambridge, UK. pp.308-331

Miller, P.C.H., 1993. Spray drift and its measurement. In: G.A. Matthews & E.C. Hislop, Application technology for crop protection. CAB International, Wallingford, UK. 1993. 101-122

MJP-G, 1991. Meerjarenplan Gewasbescherming, Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21677, nrs 3-4, Sdu Uitgeverij, 's Gravenhage, 298 pp.

Nation, H.J., 1980. The performance and stability of spray booms. In: J.O. Walker (ed.) Spraying Systems for the 1980's. Proceedings of a symposium held at Royal Holloway College - March 1980. British Crop Protection Council, BCPC Monograph No. 24, Croydon. 145-158

Onderzoek in het kader van het Meerjarenplan Gewasbescherming (1991-1995), 1995. Onderzoekprogramma Emissiebeperkende Toedieningstechnieken, 81 pp.

Plas, L.J.T. van der, 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. Sc-DLO rapport 506, Wageningen (in voorbereiding).

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen en J.F.M. Huijsmans, 1994a. Emissie beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1992). Onderzoek depositie en emissie van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG-DLO rapport 94-19, IMAG-DLO, Wageningen, 43 pp.

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen en J.F.M. Huijsmans, 1994b. Emissie beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1993). Onderzoek emissie van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG-DLO rapport 94-23, IMAG-DLO, Wageningen, 33 pp.

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen en J.F.M. Huijsmans, 1994c. De invloed van een windhaag op emissies bij fruitteeltspuiten. IMAG-DLO rapport 94-29, IMAG-DLO, Wageningen, 29 pp.

Porskamp, H.A.J., J.F.M. Huijsmans en J. Baas, 1995. Driftbeperking bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie mogelijkheden voor de fruitteelt. IMAG-DLO nota V-95-84, IMAG-DLO en (TNO-MEP), Wageningen, 13pp.

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. Instituut voor Milieu- Agritechniek, IMAG-DLO rapport 95-15, Wageningen. 1995. 39pp.

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen, J.C. van de Zande en J.F.M. Huijsmans, 1997. Emissiebeperkende spuittechnieken voor de bloembollen. De invloed van het gebruik van luchtondersteuning, tunnelspuiten en afscherming van de spuitboom op de emissie buiten het perceel. Instituut voor Milieu- Agritechniek, IMAG-DLO rapport, Wageningen (in voorbereiding).

Rapportage Werkgroep Beperking Emissie, 1990. Achtergronddocument Meerjarenplan Gewasbescherming, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 74 pp.

Ringel, R., 1991. Wirkung des gelenkten Luftstroms an einer Feldspritze. Agrartechnik 41(1991)3: 105-107

Ripke, F.O., 1990. Abtrift beim Einsatz von Feldspritzgeräten. Landtechnik 45(1990)4: 144-148

Ripke, F.O. & G. Warneke-Busch, 1992. Mehrjährige Freilanduntersuchungen der direkten Abtrift im Ackerbau. Gesunde Pflanzen 44(1992)10:343-349

Smelt, J.H., R.A. Smidt, B.H.M. Looman en A.P.C. van de Boom, 1995. Evaluatie en verbetering van toedieningstechnieken voor gewasbescherming -4300. Boomteelt Praktijkonderzoek, jaarverslag 1994, 72-77.

Smidt, R.A., J.H. Smelt en R. Langendijk, 1994. Meting van spuitdrift bij toepassing met spuitpistool. DLO-Staring Centrum, interne mededeling 298

Smith, D.B., F.D. Harris & B.J. Butler, 1982. Shielded sprayer boom to reduce drift. Trans. of the ASAE 25(1982)5: 1136-1140, 1147

Taylor, W.A., P.G. Andersen & S. Cooper, 1989. The use of air assistance in a field crop sprayer to reduce drift and modify drop trajectories. Brighton Crop Protection Conference Weeds 1989 BCPC, Farnham, 631-639

Rapportenoverzicht 1996

- 96-01 Os, E.A. van 1996 - Proceedings of the seminar on closed production systems.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 46 pp. Hfl. 30,00
- 96-02 Elzing, A. en A.J.A. Aarnink 1996 - Invloed van de zuurtegraad van varkensurine op de ammoniakemissie.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. Hfl. 30,00
- 96-03 Kroodsma, W., R. Bleijenberg en N.W.M. Ogink 1996 - Vermindering van de ammoniakemissie uit een ligboxenstal door een eb/vloedsysteem met aangezuurde mest.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. Hfl. 30,00
- 96-04 Houwers, H.W.J., R.G. Buré en C. Lokhorst 1996 - Voermethode, bedrijfsvoering, stalrichting en diergedrag bij geïntegreerde groepshuisvesting van zeugen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 103 pp. Hfl. 40,00
- 96-05 Zwart, H.F. de 1996 - Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 240 pp. Hfl. 50,00
- 96-06 Smits, M.C.J., A.M. van Vuuren en H. Gunnink 1996 - Beperking ammoniakemissie uit een melkveestal door veevoedingsmaatregelen: effecten van N-excretie in urine en urineloosingsfrequentie.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. Hfl. 30,00
- 96-07 Stefanowska, J., S. Devir, H. Hogeveen en E. Benders 1996 - The influence of frequent milking on the oestrus cycling of dairy cows milked automatically.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 25 pp. Hfl. 30,00
- 96-08 Kroodsma, W., R. Bleijenberg, N.W.M. Ogink en Y. Wintjens 1996 - Nadroging van voorgedroogde leghennenmest volgens het HELI-systeem en de laagsgewijze composteermethode
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 47 pp. Hfl. 30,00
- 96-09 Kroodsma, W., R. Bleijenberg en A.J.H. van Lent 1996 - Benutting van het afvalwater van een melkveebedrijf voor het spoelen van de mestgangen: een oriënterend onderzoek.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 16 pp. Hfl. 30,00
- 96-10 Groot Koerkamp, P.W.G., G.H. Uenk en H. Drost 1996 - De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 35 pp. Hfl. 30,00
- 96-11 Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos en J.W.H. Huis in 't Veld 1996 - Validatie van gasbalansmodellen voor het bepalen van het ventilatiedebiet van rundveestallen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 38 pp. Hfl. 30,00