

# Emissiebeperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1993)

Onderzoek emissie van gewasbeschermings-  
middelen

*Emission-reducing pesticide application in  
fruit growing (1993)  
Research emission of pesticides*

Ing. H.A.J. Porskamp  
J.M.G.P. Michielsen  
Ir. J.F.M. Huijsmans

**imag-dlo**



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Porskamp, H.A.J.

Emissiebeperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1993) : onderzoek emissie van gewasbeschermingsmiddelen / H.A.J. Porskamp, J.M.G.P. Michielsen, J.F.M. Huijsmans – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 94-23)

Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-091-3 geb.

NUGI 849

Trefw.: bestrijdingsmiddelen ; fruitteelt

© 1994

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

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 de uitgever.

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 publisher.

# Abstract

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen and J.F.M. Huijsmans, 1994. Emission-reducing pesticide application in fruit growing. Research emission of pesticides. IMAG-DLO report 94-23, IMAG-DLO, Wageningen, 31 pp.

The spraying of crop protection chemicals should result in a more direct application to the trees providing better spray coverage and prevention of drift to soil and air. Research on the emission of new orchard sprayers with systems to recirculate air and spraying liquid (Porskamp et al., 1994), was repeated. The new techniques were tunnel sprayers with and without air recirculation and a sprayer that worked on a reflection shielding principle. The techniques were evaluated as regards the emission to the ground, in and outside the orchard, and the drift to the air. The sprayers achieved high reductions in drift next to the orchard compared with a conventional cross-flow sprayer. Reductions achieved varied with the spray technique used.

**Keywords:** crop protection, pesticides application, deposition, emission, tunnel sprayers, reflection shielding, distribution, orchards.

# Voorwoord

In 1991 heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG, 1991) opgesteld. In het kader van dit plan is een additioneel onderzoekprogramma gestart naar emissiebeperkende toedieningstechnieken, dat uitgevoerd wordt door DLO-onderzoekinstellingen en proefstations.

De bijdrage van het IMAG-DLO aan dit programma is het uitvoeren van onderzoek naar bepalingmethoden en het vaststellen van de depositie en emissie bij de verschillende toedieningstechnieken voor gewasbeschermingsmiddelen, alsmede het uitvoeren van onderzoek naar nieuwe technologieën.

Het voorliggende rapport is een weergave van het onderzoek in 1993 en een vervolg van dat in 1992 naar emissiebeperkende toedieningstechnieken in de fruitteelt. Het is in goede samenwerking met het Proefstation voor de Fruitteelt (PFW) uitgevoerd en gerealiseerd bij de fruittelers Gebr. den Boer te Numansdorp met medewerkers van de Proeftuin 'Naar Beter Fruit' eveneens te Numansdorp. Een woord van dank aan de medewerkers van de proeftuin, met name aan mevr. E.A. Hermon, is hier zeker op zijn plaats.

Ir. A.A. Jongebreur  
directeur

# Inhoud

|  |    |
|--|----|
| <b>Samenvatting</b>  | 6  |
| <b>1 Inleiding</b>   | 8  |
| <b>2 Materiaal en methode</b>  | 10 |
| 2.1 Experimenten   | 10 |
| 2.2 Beschrijving en afstelling machines  | 11 |
| 2.3 Meetmethode en verwerking meetgegevens   | 12 |
| <b>3 Resultaten</b>  | 15 |
| 3.1 Recirculatie   | 15 |
| 3.2 Emissie naar de grond binnen het perceel   | 15 |
| 3.3 Emissie naar de grond naast het perceel  | 16 |
| 3.4 Emissie naar de lucht (drift)  | 17 |
| 3.5 Emissiereductie  | 18 |
| <b>4 Discussie</b>   | 20 |
| <b>5 Conclusies</b>  | 22 |
| <b>Summary</b>   | 23 |
| <b>Literatuur</b>  | 24 |
| <b>Bijlage A:</b> Beschrijving van de machines   | 25 |
| <b>Bijlage B:</b> Statistische verwerking van de resultaten  | 27 |
| <b>Bijlage C:</b> Meteo-gegevens tijdens de emissiemetingen op 3 m hoogte<br>op 7,5 m buiten laatste rij         | 28 |
| <b>Bijlage D:</b> Emissie naar de grond binnen het perceel uitgedrukt in $\mu\text{l}/\text{cm}^2$               | 29 |
| <b>Bijlage E:</b> Emissie naar de grond naast het perceel uitgedrukt in $\mu\text{l}/\text{cm}^2$                | 30 |
| <b>Bijlage F:</b> Emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift) uitgedrukt in $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ | 31 |

# Samenvatting

Bij de gewasbescherming in de fruitteelt spelen nieuwe toedieningstechnieken een belangrijke rol bij de vermindering van de te gebruiken hoeveelheid actieve stof en de emissie-arme toepassing daarvan. De laatste jaren zijn nieuwe spuittechnieken ontwikkeld, waarbij spuitvloeistof die niet op de boom wordt afgezet gedeeltelijk wordt gerecirculeerd en emissie van spuitmiddel naar de omgeving wordt beperkt. In vervolg op het onderzoek van 1992 (Porskamp e.a., 1994) is onderzoek verricht naar de emissie van emissiebeperkende spuittechnieken. In een serie experimenten zijn twee typen tunnelspuiten, een spuit met reflectieschermen en als referentie een conventionele dwarsstroomspuit onderzocht. Een van de tunnelspuiten zoog de lucht voor de lucht-ondersteuning aan uit de tunnel (tunnel-CLS); de tweede tunnelspuit vernevelde de spuitvloeistof in de tunnel met roterende vernevelaars (tunnel-RA). De dwarsstroomspuit met reflectieschermen (dwars-RS) had aan weerszijden van de te bespuiten boomrijen reflectieschermen voor de terugvoer van lucht naar de boom en het opvangen van de niet afgezette vloeistof. Niet op de boom afgezette druppels werden bij deze spuiten via de tunnelwanden of de reflectieschermen opgevangen en teruggevoerd naar de tank (recirculatie).

Van de spuiten is in een boomgaard de emissie op de grond tussen de bomen bepaald. Naast de boomgaard is de emissie naar de grond op verschillende afstanden tot de laatste bomenrij en de emissie naar de lucht (druppeldrift) bepaald. De resultaten van de emissiemetingen zijn hierbij uitgedrukt als percentage van de door de doppen verspoten hoeveelheid per oppervlakte-eenheid boomgaard.

De hoeveelheid vloeistof die tijdens de bespuiting teruggevangen werd (recirculatie), bedroeg bij de spuitmachine dwars-RS 4%, bij de tunnel-CLS 16% en bij de tunnel-RA 26%.

De tunnel-CLS gaf binnen het perceel een lagere emissie naar de grond dan de andere drie machines. De tunnel-RA gaf een lagere emissie dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De dwars-RS en de dwarsstroom verschilden onderling niet.

De tunnel-RA, de tunnel-RS en de dwars-RS gaven gemiddeld over een strook van 2,5 - 7,5 m buiten de laatste bomenrij van het perceel minder emissie naar de grond dan de dwarsstroom.

De onderlinge verschillen tussen de tunnelspuiten en de dwars-RS waren klein. Uit de analyses van de emissies op de verschillende afstanden van de laatste bomenrij bleek dezelfde trend tussen de machines aanwezig.

De tunnel-CLS en de tunnel-RA gaven een lagere emissie naar de lucht naast het perceel dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De tunnel-CLS had bovendien een iets lagere emissie naar de lucht dan de tunnel-RA.

Voor de verschillende technieken kan de emissiereductie naar grond en lucht worden berekend ten opzichte van de dwarsstroomspuit, die als referentie-spuitmachine heeft gediend.

De emissie op de grond binnen het perceel werd met 54% gereduceerd door de tunnel-CLS. De reductie van de tunnel-RA bedroeg 21% en de dwars-RS gaf geen reductie. Op de grond naast het perceel over een strook van 2,5 - 7,5 m vanaf de laatste bomerij gaven de beide tunnelspuiten een emissiereductie van 80 - 90%. De reductie van de *dwars-RS* bedroeg 73%.

De emissie naar de lucht buiten het perceel werd door de tunnel-CLS met 85% gereduceerd en door de tunnel-RA met 67%. De *dwars-RS* gaf hier geen duidelijk aantoonbare reductie.

De gevonden reducties komen goed overeen met de resultaten uit het onderzoek in 1992 (Porskamp e.a., 1994).

# 1 Inleiding

De Nederlandse regering heeft in het vergaderjaar van de Tweede Kamer 1990-1991 het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G, 1991) opgesteld. Dit plan heeft tot doelstelling een halvering van het verbruik aan gewasbeschermingsmiddelen in de agrarische productie- en afzetsectoren en in het beheer van de groene ruimten in het jaar 2000. In 1995 moet een vermindering van 35% zijn bereikt ten opzichte van het gemiddelde verbruik in de periode 1984-1988.

Daarnaast moet de uitstoot van gewasbeschermingsmiddelen naar het milieu met ten minste de volgende percentages worden teruggebracht:

|                  | 1995 | 2000 |
|------------------|------|------|
| lucht            | 30%  | 50%  |
| bodem/grondwater | 40%  | 75%  |
| oppervlaktewater | 70%  | 90%  |

De vermindering van de te gebruiken hoeveelheid actieve stof en een emissie-arme toepassing daarvan, vereist een verantwoord omgaan met gewasbeschermingsmiddelen. De kennis over de optimale depositie (dosis en verdeling) moet worden verbreed om te komen tot lagere doseringen en beperking van de verliezen naar grond, water en lucht. Aan nieuwe toedieningstechnieken is een belangrijke rol toebedeeld om de geschetste doelstellingen van het MJP-G te kunnen halen.

De emissies van het spuitmiddel naar de omgeving bij de verschillende toedieningsvormen zijn op dit moment nog slechts beperkt bekend. Weersomstandigheden, gewas-soort, aanwezigheid van oppervlaktewater (sloten), de methode van toediening van het middel (de spuittechniek) en de eigenschappen van het middel (dampdruk, formulering) bepalen de uiteindelijke emissie naar de grond, het oppervlaktewater en de lucht.

In de fruitteelt wordt in de huidige situatie meestal gespoten met een dwarsstroomspuit. Bij deze spuittechniek hebben de weersomstandigheden een grote invloed op het directe spuitproces. Emissie van druppels naar de omgeving is vaak onvermijdelijk.

In 1992 is in een serie experimenten de depositie en emissie (druppeldrift) onderzocht van een tunnelspuit met Closed Loop System (tunnel-CLS), een tunnelspuit met roterende vernevelaars (tunnel-RA), een spuit met reflectieschermen (dwars-RS) en als referentie een conventionele dwarsstroomspuit (Porskamp e.a., 1994). In dit onderzoek is van de spuiten de depositie op het blad en de emissie op de grond tussen de bomen bepaald. Naast de boomgaard werd de emissie naar de grond op verschillende afstanden tot de laatste bomenrij en de emissie naar de lucht (druppeldrift) gemeten. De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek waren :

De hoeveelheid vloeistof die tijdens de bespuiting teruggevangen werd (recirculatie), bedroeg bij de spuitmachine dwars-RS 10%, bij de tunnel-CLS 10 - 15% en bij de tunnel-



RA 40 - 50%. Het hoge percentage bij de tunnel-RA werd gedeeltelijk veroorzaakt doordat ruim 10% rechtstreeks tegen de zijkanten van de tunnel werd gespoten.

De totale depositie op de bomen bespoten door de tunnel-RA was lager dan bij de bomen bespoten door de andere drie machines. De depositieverdeling in de boom was per machine verschillend.

De tunnel-CLS gaf een lagere emissie naar de grond in de boomgaard dan de andere drie machines, die onderling niet verschilden. De tunnel-CLS en de tunnel-RA gaven gemiddeld over een strook van 2,5 - 7,5 m buiten de laatste bomenrij van de boomgaard minder emissie naar de grond dan de dwarsstroom en de dwars-RS.

De tunnel-CLS had een lagere emissie naar de lucht (druppeldrift) naast het perceel dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De tunnel-RA verschilde niet significant van de andere drie spuiten.

Ten opzichte van de dwarsstroomspuit werd de emissie op de grond in het perceel met 61% gereduceerd door de tunnel-CLS. Op de grond naast het perceel, over een strook van 2,5 - 7,5 m vanaf de laatste bomenrij, gaven de beide tunnelspuiten een emissie-reductie van 80 - 90%. De emissie naar de lucht buiten het perceel (druppeldrift) werd door de tunnel-CLS met 79% gereduceerd.

Het in dit rapport beschreven onderzoek is een voortzetting en verdere onderbouwing van het in 1992 uitgevoerde emissie-onderzoek. De spuittechnieken waren in het onderzoek in 1993 gewijzigd op de onderdelen plaatsing van de doppen (tunnel CLS en tunnel RA), plaats van de luchtafzuiging (tunnel CLS) en grootte van de reflectieschermen (dwars RS). Het onderzoek was volledig gericht op de emissie op de grond tussen de bomen in de boomgaard en op de grond en in de lucht (druppeldrift) naast de boomgaard.

In hoofdstuk 2 worden de experimenten en meetmethode beschreven en in hoofdstuk 3 de resultaten. Hoofdstuk 4 bevat de discussie en in hoofdstuk 5 worden de conclusies besproken.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Experimenten

Op twee tijdstippen in het groeiseizoen 1993 is de emissie gemeten van een dwarsstroomspuit, een tunnelspuit met Closed Loop System, een tunnelspuit met roterende vernevelaars en een dwarsstroomspuit met reflectieschermen.

In de boomgaard is de emissie op de grond tussen de bomen bepaald. Naast de boomgaard is de emissie naar de grond op verschillende afstanden tot de laatste boomrij en de emissie (druppeldrift) naar de lucht gemeten.

De emissie werd gemeten in mei en juli. Per dag werden de metingen in tweevoud per machine herhaald.

De experimenten werden in een boomgaard nabij de proeftuin 'Naar Beter Fruit' te Numansdorp uitgevoerd. Het proefperceel bestond uit zesjarige bomen (afwisselend 3 rijen Elstar en 2 rijen Cox), geplant in een enkelrij-systeem (plantverband 3,25 m x 1,25 m). In juni werd van de bomen de Leaf Area Index (LAI) gemeten. Dit werd gedaan door van 4 bomen het aantal blaadjes van de 5 vakken, waarin de boom denkbeeldig was verdeeld, te tellen. Elk 50<sup>ste</sup> blad werd geplukt, bewaard en hiervan werd het oppervlak gemeten. Uit het aantal bladeren en het gemiddeld bladoppervlak werd het totaal bladoppervlak per boomvak berekend. Door het totale bladoppervlak per boom te delen door het grondoppervlak werd de totale LAI verkregen.

De resultaten van de metingen per boomvak staan in tabel 1. De voorkant van de boom is de aanrij kant van de spuitmachine. Bij bomen die van twee kanten bespoten werden, zoals bij de dwarsstroomspuit, was er geen duidelijke voor of achterkant. De gemiddelde LAI bedroeg in juni bij de gemeten bomen 1,8.

**Tabel 1** LAI op 5 plaatsen in de boom.

**Table 1** LAI of 5 areas of the apple tree.

| Tijdstip | Boom | LAI           |                 |       |        |      | Totaal |
|----------|------|---------------|-----------------|-------|--------|------|--------|
|          |      | Voor-<br>kant | Achter-<br>kant | Broek | Midden | Top  |        |
| Juni     | 1    | 0,28          | 0,35            | 0,33  | 0,50   | 0,27 | 1,74   |
|          | 2    | 0,34          | 0,11            | 0,37  | 0,38   | 0,34 | 1,54   |
|          | 3    | 0,38          | 0,42            | 0,49  | 0,67   | 0,19 | 2,15   |
|          | 4    | 0,30          | 0,35            | 0,59  | 0,38   | 0,14 | 1,76   |
|          | Gem. | 0,33          | 0,31            | 0,45  | 0,48   | 0,24 | 1,80   |

Tijdens een bespuiting werd zowel met handapparatuur als met een meteomast de windsnelheid (op 2 meethoogtes), de windrichting, de temperatuur en luchtvochtigheid gemeten. De gegevens van de meteomast op 3 m hoogte zijn als meetwaarde voor de windsnelheid en richting gebruikt. De gegevens over de weersomstandigheden tijdens de emissiemetingen in mei en juli (gemeten op 3 m hoogte) zijn samengevat in bijlage C.

## 2.2 Beschrijving en afstelling machines

In het onderzoek zijn vier typen spuiten opgenomen:

- |   |  |               |
|---|--|---------------|
| 1 | conventionele dwarsstroomspuit         | (dwarsstroom) |
| 2 | tunnelspuit met Closed Loop System     | (tunnel-CLS)  |
| 3 | dwarsstroomspuit met reflectieschermen | (dwars-RS)    |
| 4 | tunnelspuit met roterende vernevelaars | (tunnel-RA)   |

Een uitgebreide beschrijving van deze machines en de afstellingen staat beschreven in bijlage A. Hier volgt een korte beschrijving van de spuiten.

### Dwarsstroomspuit

De als standaard gebruikte dwarsstroomspuit was een Munckhof-dwarsstroomspuit.

### Tunnelspuit met CLS systeem (tunnel-CLS)

De tunnelspuit met Closed Loop System (CLS) van de firma Munckhof was gebaseerd op het prototype dat in samenwerking met het IMAG-DLO is ontwikkeld. De vloeistof die niet afgezet werd op de bladeren werd teruggevangen via schermen en de lucht voor de luchtondersteuning werd uit de tunnel aangezogen. Het type in dit onderzoek had een tunnel die naar boven toe smaller werd en korter was dan het type onderzocht in 1992. Aan beide zijden van de tunnel bevonden zich nu drie afzuigventilatoren in plaats van één in 1992.

### Dwarsstroomspuit met reflectieschermen (dwars-RS)

De dwarsstroomspuit met reflectieschermen van Holder-Platz was gebaseerd op het dwarsstroomprincipe en voorzien van 2 reflectieschermen, die tijdens een bespuiting aan de andere zijde van de te bespuiten boomrijen hingen. De schermen hadden als doel het terugvoeren van lucht naar de boom en het opvangen van de niet afgezette vloeistof. In de schermen waren ook doppen aangebracht zodat twee rijen gelijktijdig bespoten konden worden. De reflectieschermen waren breder en hadden een andere vorm dan de eerste versie van deze spuit in 1992.

### Tunnelspuit met roterende vernevelaars (tunnel-RA)

De tunnelspuit met roterende vernevelaars was een spuitmachine van de firma Douven. In de tunnel werd de vloeistof met roterende vernevelaars verneveld (NORIC rotary atomisers, RA). De niet afgezette vloeistof werd via schermen opgevangen. Ten opzichte van 1992 waren de vernevelaars meer naar het midden van de tunnel geplaatst.

## Afstelling machines

De afstellingen van de machines tijdens de recirculatiemetingen in mei en juni, staan weergegeven in tabel 2. De afstellingen zijn dezelfde als tijdens de biologische toetsing zoals deze is uitgevoerd door de proeftuin "Naar Beter Fruit" te Numansdorp.

**Tabel 2** Afstelling van de spuitmachines.  
**Table 2** *Sprayer settings.*

| Parameter          | Dwarsstroom | Tunnel-CLS | Dwars-RS   | Tunnel-RA |
|--------------------|-------------|------------|------------|-----------|
| Tijdstip           | mei         |            |            |           |
| Aantal doppen      | 2 * 8       | 2 * 5      | 2 * 10     | 2 * 2     |
| Type               | Albuz lila  | Albuz lila | Albuz lila | Noric     |
| Druk (bar)         | 7           | 9          | 9          | 2         |
| Rijsnelheid (km/h) | 6,0         | 5,9        | 6,2        | 6,4       |
| Afgifte (l/ha)     | 191         | 139        | 146        | 106       |
| -----              |             |            |            |           |
| Tijdstip           | juni        |            |            |           |
| Aantal doppen      | 2 * 8       | 2 * 5      | 2 * 10     | 2 * 2     |
| Type               | Albuz lila  | Albuz lila | Albuz lila | Noric     |
| Druk (bar)         | 8           | 9          | 9          | 2         |
| Rijsnelheid (km/h) | 6,5         | 6,0        | 6,3        | 6,5       |
| Afgifte (l/ha)     | 207         | 148        | 153        | 98        |

### 2.3 Meetmethode en verwerking meetgegevens

#### Recirculatie

De tunnelspuiten en de spuit met reflectieschermen hadden de mogelijkheid tot het opvangen van de niet op de boom afgezette vloeistof en het terugvoeren van deze vloeistof naar de tank (recirculatie).

Deze recirculatie werd gemeten door voor en na een bespuiting van ongeveer een halve hectare de hoeveelheid spuitvloeistof in de spuitvoorraadtank en in de apart gemonteerde recirculatie tanks volumetrisch te bepalen. Met deze bepalingen kon het percentage recirculatie worden berekend. Bij de recirculatiemetingen werd gespoten met water.

De recirculatie werd berekend volgens:

$$\% \text{ recirculatie} = \frac{\text{hoeveelheid teruggevangen [l]}}{\text{hoeveelheid verspoten [l]}} * 100\% \quad (1)$$

#### Emissie

Voorafgaand aan de bepalingen van de emissie werd een machine gevuld met water, waaraan Brilliant Sulfo Flavine (BSF 3 g/l) en een uitvloeier (Agral 1 g/l) was toegevoegd. Vervolgens werd de tank geruime tijd geroerd en werd enige tijd gespoten om alle leidingen goed te vullen alvorens het meetobject te spuiten. Voor en na afloop van een bespuiting werd een tankmonster genomen voor de bepaling van de gemiddelde BSF-concentratie in de spuitvloeistof tijdens de uitgevoerde meting.

De emissies binnen en naast het perceel werden gemeten door aan de buitenzijde van het perceel over een lengte van 30 m 5 bomenrijen te bespuiten. Naast de boomgaard lag een rijpad, een sloot en een perceel met koolplanten. Per herhaling werden, op één

plaats binnen en naast het perceel, alle machines gemeten; deze meetplaats was per herhaling verschillend.

De emissie naar de grond binnen het perceel werd gemeten door per machine op de grond tussen de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> bomenrij 6 latten met filterdoek (100\*8 cm) neer te leggen. De doeken werden halverwege het te bespuiten stuk (van 30 m lengte) in 2 rijen van 3 doeken haaks op de rijrichting neergelegd. De ene rij lag tegen een boomstam en de andere halverwege twee boomstammen.

Bij de spuit met reflectieschermen, die ingericht was om in één werkgang twee rijen te bespuiten, werden in een rij naast het rijpad nog twee rijen latten uitgelegd.

Voor de bepaling van de emissie naar de grond naast het perceel werden twee rijen filterdoek op 2,5-3,5, 3,5-4,5, 4,5-5,5 en 6,5-7,5 m afstand haaks op de laatste bomenrij neergelegd. Voor de bepaling van de emissie naar de lucht (druppeldrift) werd op 7,5 m afstand van de laatste bomenrij een driftmast opgesteld met aan 2 lijnen driftcollectoren op 0, 1, 2, 3, 4, 5 en 6 m hoogte. De driftcollectoren bestonden uit bolvormige sponsjes.

Na een bespuiting werden de doeken en collectoren verzameld en gecodeerd voor verdere analyse op hoeveelheid BSF. Per herhaling werden onbespoten filterdoeken en driftcollectoren verzameld als blanco. Alle monsters (filterdoeken en driftcollectoren) werden geanalyseerd op de fluorescentiewaarde om de hoeveelheid spuitmiddel (BSF) te bepalen (Michielsen en Porskamp, 1993).

De emissie op de doeken en driftcollectoren werd berekend volgens:

$$\frac{(\text{Fluor}_{\text{monster}} - \text{Fluor}_{\text{blanco}}) * \text{ijkfactor} * \text{hoeveelheid spoelwater}}{\text{oppervlak}_{\text{monster}} * \text{tankconcentratie}_{\text{gem. voor+na}}} = \mu\text{l}/\text{cm}^2 \quad (2)$$

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Fluor <sub>monster</sub>     | fluorescentiewaarde van het monster          |
| Fluor <sub>blanco</sub>      | fluorescentiewaarde van het blanco monster   |
| ijkfactor                    | ( $\mu\text{g BSF/l}$ )/ fluorescentiewaarde |
| hoeveelheid spoelwater       | l  |
| oppervlak <sub>monster</sub> | cm <sup>2</sup>                              |
| tankconcentratie             | g BSF/l                                      |

Het percentage emissie naar de grond werd berekend door de emissie naar de grond per oppervlakte-eenheid uit te drukken in procenten van de door de doppen verspoten hoeveelheid per oppervlakte-eenheid boomgaard.

De emissie buiten het perceel en de emissie opgevangen op de driftcollectoren werden op dezelfde manier berekend. Al deze waarden worden dus uitgedrukt in procenten van de dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard volgens :

$$\frac{\text{depositie/emissie in } \mu\text{l}/\text{cm}^2}{\text{verspoten hoeveelheid in } \mu\text{l}/\text{cm}^2_{\text{grondopp.}}} * 100\% \quad (3)$$

Voor de statistische verwerking van de meetresultaten zijn modellen gemaakt, waarin de

verschillende invloedsfactoren op de depositie en emissie en de interacties zijn opgenomen. Deze modellen zijn beschreven in bijlage B. Verschillen tussen effecten c.q. machines zijn getoetst bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%.

### 3 Resultaten

De resultaten van de emissiemetingen zijn uitgedrukt als percentage van de door de doppen verspoten hoeveelheid per oppervlakte-eenheid boomgaard.

#### 3.1 Recirculatie

De resultaten van de in mei en juni uitgevoerde recirculatiemetingen staan vermeld in tabel 3.

**Tabel 3** Percentage recirculatie op verschillende tijdstippen.

**Table 3** *Recirculation percentages at different dates.*

| Datum   | Machine    | Verspoten [l] | Teruggevangen [l] | Recirculatie [%] |
|---------|------------|---------------|-------------------|------------------|
| 12 mei  | Tunnel-CLS | 51,8          | 9,8               | 18,8             |
|         | Dwars-RS   | 65,0          | 2,3               | 4,2              |
|         | Tunnel-RA  | 39,5          | 10,3              | 25,9             |
| 15 juni | Tunnel-CLS | 21,5          | 3,0               | 14,0             |
|         |            | 30,0          | 4,5               | 15,0             |
|         |            | 38,8          | 4,1               | 10,6             |
|         | Dwars-RS   | 52,0          | 2,3               | 4,4              |
|         |            | 77,5          | 4,5               | 5,8              |
|         |            | Tunnel-RA     | 33,0              | 8,0              |
|         |            | 41,8          | 11,0              | 26,3             |

Het percentage recirculatie bedroeg over de meettijdstippen in mei en juni voor de tunnel-CLS gemiddeld 16%, voor de dwars-RS 4% en voor de tunnel-RA 26%.

#### 3.2 Emissie naar de grond binnen het perceel

De resultaten van de monsteranalyses van de emissie naar de grond binnen het perceel staan in bijlage D, uitgedrukt in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ . Deze data, omgerekend naar procenten van de toegepaste dosering, zijn de basis voor de statistische analyse. In tabel 4 zijn de gemiddelde waarden van de vier herhalingen weergegeven.

**Tabel 4** Emissie naar de grond binnen het perceel uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard.

**Table 4** *Ground deposits under the canopy as percentage of the application rate per surface area.*

| Meetperiode | Dwarsstroom | Tunnel-CLS | Dwars-RS | Tunnel-RA |
|-------------|-------------|------------|----------|-----------|
| mei         | 28          | 14         | 27       | 19        |
| juli        | 28          | 12         | 32       | 24        |
| gemiddeld*  | 28 a        | 13 c       | 29 a     | 22 b      |

\* Getallen met niet gelijke letters duiden op significante verschillen.

Uit de variantie-analyse volgde dat de tunnel-CLS een lagere emissie naar de grond binnen het perceel had dan de andere drie machines. De tunnel-RA gaf een lagere emissie dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De dwars-RS en de dwarsstroom verschilden onderling niet.

Tussen de beide meetperiodes in mei en juli werd geen groot verschil gevonden.

### 3.3 Emissie naar de grond naast het perceel

De resultaten van de metingen van de emissie op de grond naast het perceel staan in bijlage E, uitgedrukt in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ . Deze data, omgerekend naar procenten van de dosering, zijn de basis voor de statistische analyse. Hierbij is de waarde van de door de doppen verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid boomgaard op 100% gesteld.

In tabel 5 zijn de gemiddelde resultaten van de metingen voor verschillende afstanden tot de laatste bomenrij van het perceel weergegeven.

**Tabel 5** Emissie op de grond naast het perceel op verschillende afstanden tot de laatste bomenrij uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard.

**Table 5** Emission to the ground, leeward side of the orchard at different distances to the last row, as a percentage of application rate per surface area.

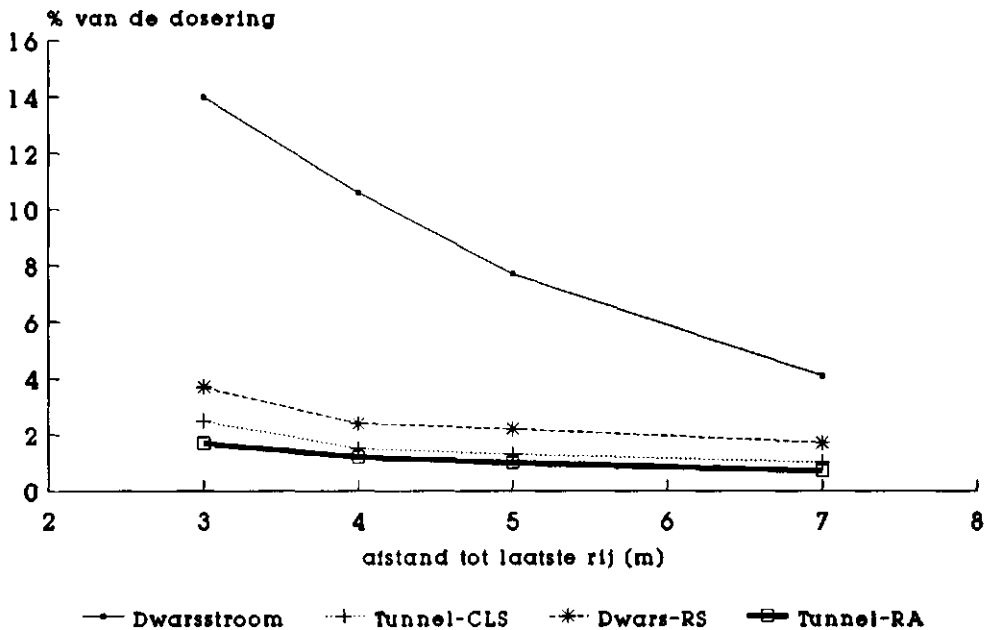
| Afstand tot laatste bomenrij [m] | Dwarsstroom | Tunnel-CLS | Dwars-RS | Tunnel-RA |
|----------------------------------|-------------|------------|----------|-----------|
| 2,5-3,5*                         | 14,0 a      | 2,5 bc     | 3,7 b    | 1,7 c     |
| 3,5-4,5*                         | 10,6 a      | 1,5 bc     | 2,4 b    | 1,2 c     |
| 4,5-5,5*                         | 7,7 a       | 1,3 c      | 2,2 b    | 1,0 c     |
| 6,5-7,5*                         | 4,1 a       | 1,0 bc     | 1,7 b    | 0,7 c     |
| gemiddeld*                       | 9,1 a       | 1,6 bc     | 2,5 b    | 1,1 c     |

\* Getallen met niet gelijke letters per afstand (rij) duiden op significante verschillen.

Uit tabel 5 volgt dat de tunnel-RA, de tunnel-RS en de dwars-RS gemiddeld over een strook van 2,5 - 7,5 m buiten de laatste bomenrij van het perceel minder emissie naar de grond gaven dan de dwarsstroom. De emissie van de tunnel-RA was iets lager dan van de dwars-RS. De onderlinge verschillen tussen de tunnelspuiten en de dwars-RS waren klein. Uit de analyses van de emissies op de verschillende afstanden van de laatste bomenrij bleek dezelfde trend tussen de machines aanwezig.

In figuur 1 zijn de gemiddelde emissies op de grond op verschillende afstanden naast het perceel grafisch weergegeven.





**Figuur 1** Emissie op de grond naast het perceel op verschillende afstanden tot de laatste bomenrij uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard.

**Figure 1** Emission to the ground, leeward side of the orchard, at different distances to the last row, as a percentage of application rate per surface area.

### 3.4 Emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift)

De resultaten van de monsteranalyses van de emissiemetingen naar de lucht naast het perceel (druppeldrift) staan, uitgedrukt in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ , in bijlage F. Deze data omgerekend naar procenten van de dosering, zijn de basis voor de statistische analyse. Hierbij is de waarde van de door de doppen verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid boomgaard op 100% gesteld.

In tabel 6 zijn de resultaten van de metingen op 7,5 m afstand tot de laatste bomenrij voor verschillende hoogtes weergegeven met de gemiddelde waarden over de meethoogtes 0 - 6 m.

**Tabel 6** Gemiddelde emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift) op verschillende hoogtes uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid boomgaard.

**Table 6** Mean spray drift into the air next to the orchard at different heights as percentage of application rate per surface area.

| Hoogte [m]                          | Dwarsstroom | Tunnel-CLS | Dwars-RS | Tunnel-RA |
|-------------------------------------|-------------|------------|----------|-----------|
| in procenten van bruto-dosering [%] |             |            |          |           |
| 0                                   | 8,4         | 0,7        | 2,8      | 1,3       |
| 1                                   | 13,3        | 1,7        | 5,9      | 3,1       |
| 2                                   | 11,7        | 1,4        | 6,1      | 2,9       |
| 3                                   | 8,6         | 1,2        | 7,0      | 2,5       |
| 4                                   | 4,9         | 1,0        | 4,4      | 2,4       |
| 5                                   | 2,9         | 0,9        | 4,5      | 2,7       |
| 6                                   | 2,7         | 1,0        | 3,1      | 2,0       |
| Gemiddeld*                          | 7,5 a       | 1,1 c      | 4,9 a    | 2,5 b     |

\* Getallen met niet gelijke letters duiden op significante verschillen.

Uit de statistische analyse van de resultaten bleek dat de tunnel-CLS en de tunnel-RA een lagere emissie naar de lucht naast het perceel hadden dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De tunnel-CLS had bovendien een iets lagere emissie naar de lucht dan de tunnel-RA. Uit de analyse bleek tevens dat er een sterk hoogte effect aanwezig was. Boven de 1 - 2 m hoogte nam de emissie geleidelijk af.

### 3.5 Emissiereductie

Voor de verschillende technieken kan de emissiereductie naar grond en lucht worden berekend ten opzichte van de dwarsstroomspuit, die als referentiespuitmachine heeft gediend. Bij deze berekeningen is uitgegaan van de emissies uitgedrukt in procenten van de dosering.

In tabel 7 zijn de resultaten van deze berekeningen weergegeven.

**Tabel 7** Emissiereductie naar de grond binnen het perceel en naar de grond en de lucht buiten het perceel van de verschillende spuiten ten opzichte van de dwarsstroomspuit.

**Table 7** Reduction of emissions to the ground in the orchard and to the ground and into the air next to the orchard, compared to a cross-flow sprayer.

| Machine  | Gemiddeld geschatte reductie [%] |          |           |
|--|----------------------------------|----------|-----------|
|  | Tunnel-CLS                       | Dwars-RS | Tunnel-RA |
| Grond binnen het perceel                                 | 54**                             | -4       | 21**      |
| Grond naast het perceel (3,5-4,5 m)*                     | 86**                             | 77**     | 89**      |
| Grond naast het perceel (2,5-7,5 m)*                     | 82**                             | 73**     | 88**      |
| Lucht naast het perceel (7,5 m afstand en 0-6 m hoogte)* | 85**                             | 35       | 67**      |

\* Afstand tot laatste bomenrij.

\*\* Deze reducties waren in de analyses significant

De emissie op de grond binnen het perceel werd voornamelijk gereduceerd door de

tunnel-CLS, (reductie van 54%). Op de grond naast het perceel, op een afstand van 3,5 tot 4,5 m van de laatste bomenrij gaven de beide tunnelspuiten een emissiereductie van 86 - 89%. De reductie van de dwars-RS was 77%. Ook over een strook van 2,5 - 7,5 vanaf de laatste bomenrij werden reducties in dezelfde orde van grootte behaald. De emissie naar de lucht buiten het perceel werd door de tunnel-CLS met 85% gereduceerd en door de tunnel-RA met 67%.

## 4 Discussie

### *Proefopzet*

De proefopzet is zo gekozen dat de metingen aan de machines binnen een vrij korte periode konden worden uitgevoerd. Bij een bespuiting van een object werd niet gekozen voor een groot aantal herhalingen (lees bemonsteringen), maar voor een beperkt aantal monsters en meerdere herhalingen van de metingen op verschillende tijdstippen. De metingen konden relatief snel worden uitgevoerd, zodat de te vergelijken spuitmachines zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden (windsnelheid en -richting) konden worden onderzocht. Het resultaat van een bespuiting blijkt namelijk sterk af te hangen van de weersomstandigheden tijdens de bespuiting. Bij het vergelijken van machines, gemiddeld over de weersomstandigheden, dienen niet alleen de verschillen tussen herhalingen, maar vooral ook de interacties van machines met herhalingen als toevalseffecten te worden beschouwd. Deze laatste toevalscomponent blijkt in het algemeen groot ten opzichte van de monstervariatie, zodat de nauwkeurigheid van de vergelijking tussen machines het meest gebaat is bij veel herhalingen, terwijl het vergroten van het aantal monsters per herhaling niet veel bijdraagt tot verhoging van deze nauwkeurigheid.

### *Invloed van windsnelheid op emissie buiten het perceel.*

Bij de verwerking van de resultaten van de emissiemetingen buiten het perceel is ook de windsnelheid als covariabele in de analyse opgenomen.

Uit deze analyse kwam geen duidelijk effect van de windsnelheid naar voren. Dit had meerdere oorzaken:

- de ingevoerde windsnelheid was een gemiddelde van de snelheden die gemeten zijn tijdens het bespuiten van de buitenste vijf rijen bomen. De bijdrage aan de totale emissie door de bespuiting van de buitenste rij bomen zal echter aanzienlijk groter zijn dan die van de vijfde rij; een gemiddelde windsnelheid is waarschijnlijk dan ook niet de optimale grootte;
- de verschillen in windsnelheid tijdens een serie metingen waren niet groot;
- door de gekozen proefopzet waren de windeffecten bovendien verstrengd met het machine-effect.

### *Emissiemetingen met driftcollectoren*

De emissie naar de lucht buiten het perceel is gemeten met driftcollectoren. Deze hebben een zekere vangefficiëntie die afhankelijk is van de grootte van de passerende deeltjes en van de windsnelheid. Hoe kleiner de deeltjes en hoe lager de windsnelheid des te meer deeltjes er rond de collector zweven en des te lager de efficiëntie wordt. De resultaten van deze metingen zijn dus geschikt voor het vergelijken van emissies van spuitsystemen met soortgelijke druppelspectra onder soortgelijke omstandigheden, zoals in dit onderzoek ook de bedoeling was. Ze zijn echter zonder kennis van de vangefficiëntie niet geschikt voor het geven van absolute emissiepercentages.

### *Vergelijking emissiereducties 1992 en 1993*

In 1992 en 1993 is het emissie-onderzoek uitgevoerd met dezelfde typen spuitmachines. In de tunnelspuiten en de dwars-RS waren wel enige wijzigingen in de uitvoering aange-

bracht. Zo werd de lucht uit de tunnel-CLS in 1992 aan elke kant op één plaats afgezogen en in 1993 aan elke kant door drie ventilatoren. De dwars-RS van 1993 had bredere opvangschermen dan de uitvoering van 1992.

De meetmethodiek was in beide jaren dezelfde. De emissiereducties werden beide berekend ten opzichte van dezelfde dwarsstroomspuit.

In tabel 8 is de emissiereductie ten opzichte van de dwarsstroomspuit voor de beide jaren weergegeven.

**Tabel 8** Emissiereductie naar de grond binnen het perceel en naar de grond en de lucht buiten het perceel van de verschillende spuiten ten opzichte van de dwarsstroomspuit in 1992 en 1993.

**Table 8** *Reduction of emissions to the ground in the orchard and to the ground and into the air next to the orchard, compared to a cross-flow sprayer in 1992 and 1993.*

| Machine   | Tunnel-CLS |      | Dwars-RS |      | Tunnel-RA |      |
|---|------------|------|----------|------|-----------|------|
|   | 1992       | 1993 | 1992     | 1993 | 1992      | 1993 |
| Grond binnen het perceel                                    | 61         | 54   | -8       | -4   | 16        | 21   |
| Grond naast het perceel (3,5-4,5 m)*                        | 85         | 86   | 49       | 77   | 89        | 89   |
| Grond naast het perceel (2,5-7,5 m)*                        | 80         | 82   | 41       | 73   | 92        | 88   |
| Lucht naast het perceel<br>(7,5 m afstand en 0-6 m hoogte)* | 79         | 85   | 34       | 35   | 55        | 67   |

\* Afstand tot laatste bomenrij

De emissiereducties van de onderzochte machines lagen in beide onderzoekjaren vrijwel op hetzelfde niveau. De tunnelspuiten gaven in beide jaren een reductie van 80 - 90% op de grond naast het perceel ten opzichte van de dwarsstroomspuit, die als standaard is gebruikt. Bij de dwars-RS was de reductie in 1993 groter dan in 1992; de machine had in 1993 bredere reflectieschermen dan in 1992.

## 5 Conclusies

### **Recirculatie**

De hoeveelheid vloeistof die tijdens de bespuiting teruggevangen werd (recirculatie), bedroeg bij de spuitmachine dwars-RS 4%, bij de tunnel-CLS 16% en bij de tunnel-RA 26%.

### **Emissie naar de grond binnen het perceel**

De tunnel-CLS gaf een lagere emissie naar de grond binnen het perceel dan de andere drie machines. De tunnel-RA gaf een lagere emissie dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De dwars-RS en de dwarsstroom verschilden niet. Tussen de beide meetperiodes in mei en juli werd geen groot verschil gevonden.

### **Emissie naar de grond naast het perceel**

De tunnel-RA, de tunnel-RS en de dwars-RS gaven gemiddeld over een strook van 2,5 - 7,5 m buiten de laatste bomenrij van het perceel minder emissie naar de grond dan de dwarsstroom. De onderlinge verschillen tussen de tunnelspuiten en de dwars-RS waren klein. Op de verschillende afstanden van de laatste bomenrij was dezelfde trend tussen de machines aanwezig.

### **Emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift)**

De tunnel-CLS en de tunnel-RA hadden een lagere emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift) dan de dwarsstroom en de dwars-RS. De tunnel-CLS had een iets lagere emissie naar de lucht dan de tunnel-RA. Tevens bleek dat er een sterk hoogte-effect aanwezig was. Boven de 1 - 2 m hoogte nam de emissie geleidelijk af.

### **Emissiereductie**

Ten opzichte van de dwarsstroomspuit werd de emissie op de grond binnen het perceel met 54% gereduceerd door de tunnel-CLS. De reductie van de tunnel-RA bedroeg 21% en de dwars-RS gaf geen reductie. Op de grond naast het perceel, over een strook van 2,5 - 7,5 m van de laatste bomenrij, gaven de beide tunnelspuiten een emissiereductie van 80 - 90%. De reductie van de dwars-RS bedroeg 77%. De emissie naar de lucht (druppeldrift) buiten het perceel werd door de tunnel-CLS met 85% gereduceerd en door de tunnel-RA met 67%. De dwars-RS gaf geen duidelijk aantoonbare reductie.

# Summary

A general reduction in the use of pesticides and a reduction in spray drift to surface water next to an orchard can be achieved by improvements in spraying application techniques. In apple growing, orchards are usually sprayed with air-assisted sprayers. The forced air flow conveys the droplets to the trees and makes an increase in droplet penetration into the crown of the tree possible, though this system can also increase drift or deposition to the soil. In recent years the tunnel sprayer concept has been developed. The trees are enclosed by a tunnel in which the spraying takes place. Spray missing the target is deposited on the sides of the tunnel and recirculated. Also cross-flow sprayers have been developed with a reflection shield on the opposite side of the tree sprayed. Droplets and air are reflected; droplets deposited on the shields are recirculated.

Research on the emission of these new orchard sprayers with systems to recirculate air and spraying liquid (Porskamp et al., 1994), was repeated a second year. In a series of experiments the performance of two types of tunnel sprayers, a sprayer with reflection shielding and a reference cross-flow fan sprayer were evaluated. The cross-flow sprayer used in this research was a conventional one. One of the tunnel sprayers sucks the air out of the tunnel, which is then blown into the tunnel again at the front to assist the droplets (tunnel CLS). The second tunnel sprayer has 4 air-assisted rotary atomizers (tunnel RA). The cross-flow sprayer with reflection shielding (cross RS) has a shield on each side opposite the trees sprayed. These reflection shields reflect droplets and air. Droplets deposited on the shield run off and are collected and recirculated.

In the experiments, deposition onto soil in the orchard and drift to the soil and air next to the orchard were measured. The recovery measurements were carried out by adding a fluorescent dye to the spray liquid. The recovery is presented as a percentage of the spray dose (nozzle output per ha) on a certain orchard area.

The recirculation score of the cross RS was 4%; the tunnel CLS had a recirculation score of 16% and the tunnel RA of 26%.

The tunnel CLS had a lower emission to the soil in the orchard than the other three sprayers. In an area of 2.5 - 7.5 m next to the last row of trees, the tunnel sprayers and the cross RS gave less drift to the soil than the conventional cross flow sprayer. The tunnel with CLS, followed by the tunnel RA, had significantly less drift into the air at 7.5 m from the last row than the conventional and the cross RS sprayers.

The reduction in emission to soil and air can be calculated and compared with the conventional cross-flow sprayer. The emission to the soil in the orchard was by 54% reduced by the tunnel CLS, by 21% by the tunnel RA and not reduced by the cross RS. On the soil next to the orchard both tunnel sprayers gave an emission reduction by 80-90%; the cross RS gave a reduction by 73%. The emission to the air next to the orchard was reduced by 85% by the tunnel CLS and 67% by the tunnel RA; the cross RS did not significantly reduce drift into the air. The reductions confirm the results found in the 1992 research (Porskamp et al., 1994).

# Literatuur

- Michielsen, J.M.P.G. en H.A.J. Porskamp, 1993. Meetmethodiek voor depositie en emissie bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG-DLO nota 93-75, IMAG-DLO, Wageningen, 21 pp.
- MJP-G, 1991. Meerjarenplan Gewasbescherming, Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21677, nrs 3-4, Sdu Uitgeverij, 's Gravenhage, 298 pp.
- Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen en J.F.M. Huijsmans, 1994. Emissie beperkende spuit-technieken voor de fruitteelt (1992). Onderzoek depositie en emissie van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG-DLO rapport 94-19, IMAG-DLO, Wageningen, 43 pp.



## Bijlage A: Beschrijving van de machines

### Dwarsstroomspuit

De dwarsstroomspuit bestond uit een axiale ventilator waarop een dwarsstroomkap was geplaatst, waardoor de lucht over de hele boomhoogte vrijwel horizontaal werd uitgeblazen. Over de hoogte van de dwarsstroomventilator waren 2 \* 8 doppen (Albuz lila werveldop) aangebracht, waarvan de onderste op 0,5 m van de grond stond. In de dwarsstroomkap (5,5 cm breed) waren elke 9 cm schotjes aangebracht om de uitkomende lucht te richten. Tijdens de proeven bedroeg het aftakstoerental 670 omw./min, de ventilator stond op de lage stand.

### Tunnel-CLS

De tunnelspuit met CLS-systeem was gebaseerd op het dwarsstroomprincipe. De ventilator was opgenomen in een tunnel die over een bomenrij gevoerd kon worden. De tunnel was uitgeklast 2,50 m hoog, 2,50 m breed en 2,05 m lang. Hierbij stonden de beide tunnelwanden onder een hoek van 10°. De wanden waren hol, met ingebouwde ventilatoren (achteraan) die de lucht uit de tunnel afzogen en door de wand naar voren via de luchttoevoerspleet de tunnel in bliezen. Net voor de luchtspleet zaten de spuitdoppen. In beide wanden zaten drie ventilatoren op 50, 120 en 190 cm vanaf de onderkant van de tunnel. Aan voor- en achterzijde van de tunnelwanden was zeildoek van 0,40 m breed bevestigd. Aan de binnenzijde van de tunnel was onderaan een goot met zeildoek bevestigd om vloeistof op te vangen. Deze vloeistof kon worden teruggevoerd naar de tank (recirculatie).

De afstand van de luchttoevoerspleet tot de voorkant van de tunnel bedroeg 40 cm.

### Dwars-RS

De dwarsstroomspuit met reflectieschermen (dwars-RS) was gebaseerd op het dwarsstroomprincipe en voorzien van 2 reflectieschermen, die tijdens een bespuiting aan de andere zijde van de bomenrij hingen.

De voorzijde van de machine had twee naar achter gerichte tangentiaal dwarsstroomventilatoren van 2,50 m hoog. Aan de achterzijde van een ventilator zat een spuitleiding met daaraan, op 33 cm van elkaar, 8 dophouders met Albuz lila werveldoppen. Aan de achterzijde van de spuit waren de twee schermen geconstrueerd die ieder aan de andere zijde van de te bespuiten bomenrij verticaal omlaag hingen. In de schermen was een spuitleiding met dophouders geplaatst, op 16, 80 en 130 cm van de onderzijde van het scherm.

Een scherm bestond uit een metalen plaat, 1,40 m breed en 2,60 m hoog, gebogen in een vleugelvorm. Dit scherm kon, evenals de ventilatoren, zo gericht worden, dat een optimale recirculatie / reflectie van de luchtstroom en druppels verkregen werd. Twee rijen bomen werden in één werkgang bespoten. De vloeistof die door de boom kwam, werd met de lucht via een reflectiescherm teruggedwongen naar de achterzijde van de boom (reflectie).

De recirculatie bestond uit de opvang van vloeistof die door de bomen op het scherm kwam. Onderin het scherm zat een opvanggoot waardoor de aflopende vloeistof teruggevoerd kon worden naar de tank.

## **Tunnel-RA**

De tunnelpuit bestond uit een traploos in de breedte verstelbare tunnel met 2 \* 2 roterende vernevelaars (Noric rotary atomizers).

De tunnel van zeildoek was 2,90 m hoog, 2,40 m breed en 2,65 m lang.

De onderste ventilator zat op 0,70 m boven de grond, de bovenste op 1,70 m. Direct op de ventilatoren was een roterende vernevelaar (Noric spuitdop) gemonteerd. Een Noric spuitdop bestond uit een kap met 28 schotjes, in deze kap zaten 2 teflon slangetjes met 2 spleetjes. De kap draaide rond (5200 - 5500 omw./min) en verdeelde de vloeistof uit de slangetjes. Een dop aan de spuitleiding doseerde de vloeistof uit de slangetjes. Aan de binnenzijde van de tunnel zat aan beide zijden onderaan een opvanggoot van maximaal 70 cm breed. Deze opvanggoot kon gedeeltelijk worden opgerold. In deze goten kon vloeistof die van het zeildoek afliep worden opgevangen en worden teruggevoerd naar de tank; de recirculatie van spuitvloeistof.

## Bijlage B: Statistische verwerking van de resultaten

De analyse van de resultaten vond plaats met behulp van Genstat. Er zijn analysemodellen opgesteld, waarin is vastgelegd hoe de responsvariabelen worden beïnvloed door een aantal factoren.

Voor de analyse zijn de emissiepercentages logaritmisch getransformeerd. Reden hiervoor is dat effecten eerder multiplicatief dan additief zijn en dat op logschaal de restvariatie vrijwel constant blijkt te zijn. Op de oorspronkelijke schaal is dit niet het geval. De gepresenteerde gemiddelden in het rapport zijn bepaald uit de oorspronkelijke waarden, terwijl de toetsing dus op logschaal plaatsvond.

Hieronder zijn de diverse modellen die bij de analyses zijn toegepast weergegeven. Voor de totale emissie op de grond buiten het perceel is eerst de totale emissie over de gehele meetstrook berekend en hierna is de logtransformatie toegepast.

Voor de emissie op diverse afstanden tot de laatste bomenrij is de logtransformatie reeds op latniveau uitgevoerd. Om dezelfde reden zijn aparte analyses uitgevoerd voor de totaal gemeten emissie naar de lucht naast het perceel en die op verschillende hoogtes.

### Emissie in het perceel

|            |                             |                        |
|------------|-----------------------------|------------------------|
| Blocks     | Herhaling / (Machine / Rij) |                        |
| Treatments | Periode * Machine           | Rij latjes als eenheid |

### Emissie buiten perceel op de grond over totale meetstrook

|            |                             |                              |
|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Blocks     | Herhaling / (Machine / Rij) |                              |
| Treatments | Machine                     | Rij latjes 1-6 m als eenheid |

### Emissie buiten perceel op de grond per afstand

|            |   |                   |
|------------|---|-------------------|
| Blocks     | Herhaling / (Machine * Afstand + Machine * Rij) |                   |
| Treatments | Machine * POL(afstand ; 2)                      | Latje als eenheid |

### Emissie buiten perceel naar lucht totale meethoogte

|            |                             |                           |
|------------|-----------------------------|---------------------------|
| Blocks     | Herhaling / (Machine / Rij) |                           |
| Treatments | Machine                     | Rij bolletjes als eenheid |

### Emissie buiten perceel naar lucht per meethoogte

|            |  |                      |
|------------|--|----------------------|
| Blocks     | Herhaling / (Machine * Hoogte + Machine * Rij) |                      |
| Treatments | Machine * POL(hoogte ; 2)                      | Bolletje als eenheid |

**Bijlage C: Meteo-gegevens tijdens de emissiemetingen gemeten op 3 m hoogte op 7,5 m buiten laatste rij**

| Datum  | Herhaling | Machine     | Windsnelheid<br>m/s | Temp<br>°C | RLV<br>% |
|--------|-----------|-------------|---------------------|------------|----------|
| 19 mei | 1         | dwarsstroom | 1,5-3,5             | 22         | 65       |
|        |           | tunnel-CLS  | 1-3,5               | 22         | 67       |
|        |           | dwars-RS    | 1,5-2,5             | 20         | 71       |
|        |           | tunnel-RA   | 1-3                 | 19         | 74       |
| 19 mei | 2         | dwarsstroom | 2-4                 | 19         | 72       |
|        |           | tunnel-CLS  | 2-3,5               | 19         | 68       |
|        |           | dwars-RS    | 1-3                 | 19         | 65       |
|        |           | tunnel-RA   | 2-4                 | 19         | 73       |
| 7 juli | 3         | dwarsstroom | 2,5-3,5             | 17         | 64       |
|        |           | tunnel-CLS  | 2-4                 | 18         | 64       |
|        |           | dwars-RS    | 3,5-4               | 18         | 60       |
|        |           | tunnel-RA   | 1,5-4               | 20         | 58       |
| 7 juli | 4         | dwarsstroom | 2-4                 | 17         | 63       |
|        |           | tunnel-CLS  | 1,5-2,5             | 19         | 57       |
|        |           | dwars-RS    | 1-3                 | 20         | 55       |
|        |           | tunnel-RA   | 1,5-3               | 21         | 53       |

**Bijlage D: Emissie naar de grond binnen het perceel uitgedrukt in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$**

| Herhaling | Machine     | Rij | Emissie in $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ |       |       |
|-----------|-------------|-----|--------------------------------------|-------|-------|
|           |             |     | Plaats in de rij                     |       |       |
|           |             |     | 1                                    | 2     | 3     |
| 1         | dwarsstroom | 1   | 0,555                                | 0,594 | 0,476 |
|           |             | 2   | 0,494                                | 0,529 | 0,587 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,222                                | 0,130 | 0,251 |
|           |             | 2   | 0,148                                | 0,082 | 0,349 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,212                                | 0,421 | 0,492 |
|           |             | 2   | 0,313                                | 0,424 | 0,435 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,329                                | 0,028 | 0,187 |
|           |             | 2   | 0,304                                | 0,027 | 0,245 |
| 2         | dwarsstroom | 1   | 0,606                                | 0,563 | 0,506 |
|           |             | 2   | 0,410                                | 0,577 | 0,563 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,278                                | 0,029 | 0,141 |
|           |             | 2   | 0,305                                | 0,082 | 0,232 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,355                                | 0,457 | 0,359 |
|           |             | 2   | 0,294                                | 0,482 | 0,418 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,352                                | 0,069 | 0,235 |
|           |             | 2   | 0,324                                | 0,042 | 0,245 |
| 3         | dwarsstroom | 1   | 0,333                                | 0,506 | 0,437 |
|           |             | 2   | 0,552                                | 0,629 | 0,432 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,325                                | 0,107 | 0,187 |
|           |             | 2   | 0,270                                | 0,042 | 0,193 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,640                                | 0,403 | 0,262 |
|           |             | 2   | 0,616                                | 0,465 | 0,319 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,383                                | 0,161 | 0,220 |
|           |             | 2   | 0,644                                | 0,168 | 0,217 |
| 4         | dwarsstroom | 1   | 0,831                                | 0,742 | 0,553 |
|           |             | 2   | 0,687                                | 0,564 | 0,681 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,270                                | 0,057 | 0,192 |
|           |             | 2   | 0,234                                | 0,035 | 0,291 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,931                                | 0,539 | 0,240 |
|           |             | 2   | 0,692                                | 0,447 | 0,325 |
|           | unnel-RA    | 1   | 0,248                                | 0,068 | 0,179 |
|           |             | 2   | 0,323                                | 0,100 | 0,154 |

**Bijlage E: Emissie naar de grond naast het perceel uitgedrukt in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$**

| Herhaling | Machine     | Rij | Afstand tot laatste rij [m] |         |         |         |
|-----------|-------------|-----|-----------------------------|---------|---------|---------|
|           |             |     | 2,5-3,5                     | 3,5-4,5 | 4,5-5,5 | 6,5-7,5 |
| 1         | dwarsstroom | 1   | 0,344                       | 0,188   | 0,106   | 0,045   |
|           |             | 2   | 0,311                       | 0,267   | 0,187   | 0,096   |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,026                       | 0,017   | 0,010   | 0,004   |
|           |             | 2   | 0,034                       | 0,012   | 0,008   | 0,007   |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,012                       | 0,008   | 0,007   | 0,003   |
|           |             | 2   | 0,007                       | 0,007   | 0,008   | 0,007   |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,075                       | 0,046   | 0,046   | 0,040   |
|           |             | 2   | 0,057                       | 0,044   | 0,040   | 0,031   |
| 2         | dwarsstroom | 1   | 0,251                       | 0,221   | 0,217   | 0,065   |
|           |             | 2   | 0,278                       | 0,218   | 0,132   | 0,077   |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,048                       | 0,032   | 0,034   | 0,022   |
|           |             | 2   | 0,046                       | 0,034   | 0,032   | 0,032   |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,032                       | 0,023   | 0,016   | 0,011   |
|           |             | 2   | 0,023                       | 0,017   | 0,015   | 0,011   |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,068                       | 0,045   | 0,048   | 0,031   |
|           |             | 2   | 0,064                       | 0,048   | 0,045   | 0,044   |
| 3         | dwarsstroom | 1   | 0,158                       | 0,131   | 0,059   | 0,083   |
|           |             | 2   | 0,208                       | 0,084   | 0,053   | 0,081   |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,028                       | 0,015   | 0,013   | 0,007   |
|           |             | 2   | 0,039                       | 0,020   | 0,015   | 0,009   |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,014                       | 0,006   | 0,007   | 0,006   |
|           |             | 2   | 0,013                       | 0,011   | 0,009   | 0,006   |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,055                       | 0,024   | 0,031   | 0,006   |
|           |             | 2   | 0,055                       | 0,028   | 0,020   | 0,009   |
| 4         | dwarsstroom | 1   | 0,363                       | 0,321   | 0,265   | 0,102   |
|           |             | 2   | 0,300                       | 0,256   | 0,199   | 0,114   |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,023                       | 0,016   | 0,012   | 0,010   |
|           |             | 2   | 0,037                       | 0,027   | 0,019   | 0,022   |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,022                       | 0,018   | 0,009   | 0,007   |
|           |             | 2   | 0,017                       | 0,006   | 0,007   | 0,004   |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,023                       | 0,016   | 0,012   | 0,011   |
|           |             | 2   | 0,038                       | 0,028   | 0,019   | 0,023   |

**Bijlage F: Emissie naar de lucht naast het perceel uitgedrukt in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$**

| Herhaling | Machine     | Rij | Hoogte [m] |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------------|-----|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           |             |     | 0          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1         | dwarsstroom | 1   | 0,058      | 0,113 | 0,149 | 0,143 | 0,146 | 0,049 | 0,072 |
|           |             | 2   | 0,260      | 0,283 | 0,202 | 0,185 | 0,143 | 0,078 | 0,073 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | *          | 0,002 | 0,010 | 0,014 | 0,002 | 0,015 | 0,017 |
|           |             | 2   | 0,018      | 0,021 | 0,014 | 0,012 | 0,015 | 0,008 | 0,005 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,005      | 0,064 | 0,046 | 0,014 | 0,024 | 0,011 | *     |
|           |             | 2   | 0,006      | 0,010 | 0,015 | 0,007 | 0,006 | 0,099 | 0,016 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,041      | 0,103 | 0,106 | 0,201 | 0,099 | 0,106 | 0,068 |
|           |             | 2   | 0,108      | 0,158 | 0,143 | 0,179 | 0,156 | 0,085 | 0,089 |
| 2         | dwarsstroom | 1   | 0,290      | 0,335 | 0,285 | 0,189 | 0,168 | 0,077 | 0,038 |
|           |             | 2   | 0,190      | 0,304 | 0,236 | 0,120 | 0,053 | 0,027 | 0,035 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,014      | 0,038 | 0,023 | 0,020 | 0,009 | 0,016 | *     |
|           |             | 2   | 0,009      | 0,046 | 0,018 | 0,006 | 0,006 | 0,007 | 0,020 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,026      | 0,040 | 0,042 | 0,045 | 0,052 | 0,044 | 0,036 |
|           |             | 2   | 0,034      | 0,100 | 0,054 | 0,047 | 0,051 | 0,030 | *     |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,035      | 0,113 | 0,121 | 0,093 | 0,062 | 0,157 | *     |
|           |             | 2   | 0,061      | 0,134 | 0,125 | 0,124 | 0,066 | 0,075 | *     |
| 3         | dwarsstroom | 1   | 0,115      | 0,149 | 0,156 | 0,066 | 0,057 | 0,047 | 0,037 |
|           |             | 2   | 0,069      | 0,246 | 0,125 | 0,052 | 0,014 | 0,038 | 0,037 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,009      | 0,047 | 0,028 | 0,017 | 0,028 | 0,018 | 0,012 |
|           |             | 2   | 0,020      | 0,022 | 0,046 | 0,040 | 0,033 | 0,020 | 0,017 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,008      | 0,009 | 0,029 | 0,020 | 0,017 | 0,010 | 0,022 |
|           |             | 2   | 0,011      | 0,012 | 0,016 | 0,014 | 0,011 | 0,017 | 0,016 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,019      | 0,038 | 0,066 | 0,066 | 0,039 | 0,031 | 0,010 |
|           |             | 2   | 0,017      | 0,036 | 0,062 | 0,054 | 0,036 | 0,015 | 0,011 |
| 4         | dwarsstroom | 1   | 0,241      | 0,390 | 0,307 | 0,229 | 0,072 | 0,045 | 0,073 |
|           |             | 2   | 0,101      | 0,287 | 0,396 | 0,380 | 0,117 | 0,097 | 0,067 |
|           | tunnel-CLS  | 1   | 0,004      | 0,009 | 0,015 | 0,007 | 0,009 | 0,003 | 0,006 |
|           |             | 2   | 0,004      | 0,007 | 0,009 | 0,021 | 0,018 | 0,013 | 0,007 |
|           | tunnel-RA   | 1   | 0,008      | 0,011 | 0,022 | 0,047 | 0,022 | 0,008 | 0,003 |
|           |             | 2   | 0,008      | 0,015 | 0,018 | 0,013 | 0,017 | 0,008 | 0,007 |
|           | dwars-RS    | 1   | 0,019      | 0,038 | 0,034 | 0,056 | 0,018 | 0,035 | 0,051 |
|           |             | 2   | 0,035      | 0,077 | 0,069 | 0,049 | 0,045 | 0,029 | 0,023 |

# Rapportenoverzicht 1994

- 94-1 Bleijenberg, R. en J.P.M. Ploegaert 1994 – Handleiding voor de IMAG-DLO meetmethode ter bepaling van ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 77 pp. f 40,00
- 94-2 Hendriks, J.G.L. en J.F.M. Huijsmans 1994 – Trekkkrachtbehoefte van sleepvoeten- en zodebemestertechnieken op grasland.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 44 pp. f 35,00
- 94-3 Elderen, E. van en G.H. Kroeze 1994 – Operational decision making for arable and grassland farms.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 74 pp. f 35,00
- 94-4 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en W.J. de Boer 1994 – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende betonvloer.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00
- 94-5 Arts, W.B.M., Verwijs, B.R. en J. van Maanen 1994 – De invloed van berijding op de fysische bodemconditie van zandgrond en de gevolgen daarvan voor de grasproductie.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 69 pp. f 35,00
- 94-6 Boer, W.J. de, Keen, A. en G.J. Monteny 1994 – Het effect van spoelen op de ammoniakemissie uit melkveestallen. Het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32pp. f 30,00
- 94-7 Huis in 't Veld, J.W.H., Boer, W.J. de en W. Kroodsma 1994 – Ammoniakemissiereductie door spoelen van een hellende, gecoate betonvloer in een rundveestal.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 25 pp. f 30,00
- 94-8 Breemhaar, H.G. en A. Bouman 1994 – Mechanische oogst en schoning van nieuwe oliehoudende gewassen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 94-9 Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak 1994 – Een statisch en dynamisch simulatiemodel voor klimaatprocessen en energiestromen in kassen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 60 pp. f 40,00
- 94-10 Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak 1994 – Effect van grondbuiskoeling en indirecte verdampingskoeling op de ventilatie in kassen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 29 pp. f 30,00
- 94-11 Lokhorst, C., Smits, A.C., Niekerk, Th. van en A.M. van de Weerdhof 1994 – Programma van eisen voor de inrichting van volièrestallen voor leghennen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 51 pp. f 35,00
- 94-12 Straelen, B.C.P.M. van 1994 – Remsystemen voor landbouwwagens.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 66 pp. f 30,00
- 94-13 Swierstra, D., Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en M.C.J. Smits 1994 – Ammoniakemissie en stroefheid van roostervloeren en dichte vloeren in ligboxenstallen voor rundvee.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 26 pp. f 30,00



- 94-16 Ketelaar-de Lauwere, C.C. en E. Benders, 1994. – De invloed van het additioneel verstrekken van krachtvoer in de selectiebox en het melken op de bezoeken van koeien aan het automatisch melksysteem.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00
- 94-19 Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P. en J.F.M. Huijsmans, 1994 – Emissie-beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1992).  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 40,00

De rapporten kunt u schriftelijk bestellen door overmaking van het genoemde bedrag op Postbanknummer 3514771 ten name van IMAG-DLO te Wageningen, onder vermelding van het rapportnummer.

Reports must be ordered by transferring the appropriate amount (in Dutch Guilders) to the IMAG-DLO account, no. 3514771, at the Postbank, Wageningen, quoting the relevant report number(s)