

# **Opzet van een classificatiesysteem voor spuitdoppen op basis van driftgevoeligheid**

## **Classification of spray nozzles based on driftability**

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

## Abstract

Porskamp, H.A.J., J.C. van de Zande, H.J. Holterman & J.F.M. Huijsmans, 1999. Classification of spray nozzles for driftability. DLO Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Report 99-02, Wageningen, (in Dutch, with summary in English), 22 pp.

The spraying of crop protection chemicals should result in a more direct application to the crop providing a better spray coverage and the prevention of drift to the soil and the air adjacent to the sprayed field. Spray quality and driftability are two important nozzle parameters in this context. A methodology is developed to classify spray nozzles for driftability, based on laboratory measurements (PDPA) and a spray drift model (IDEFICS). Nozzles are classified into drift-reduction classes compared to a reference nozzle in a reference situation. Nozzle-pressure combinations are classified accordingly. It is shown that besides spray quality, drop speed and drop direction in the spray fan are important parameters to classify drift. The combination of nozzle type, nozzle size and spray pressure defines the spray drift.

Keywords: crop protection, pesticide application, spray drift, deposition, nozzle type, classification, spray quality, driftability

## Voorwoord

Voor u ligt de samenvattende rapportage van het in 1997 en 1998 uitgevoerde onderzoek naar de opzet van een classificatiesysteem voor spuitdoppen op basis van driftgevoeligheid. Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van het (voormalige) Landbouwschap en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling /RIZA (Ministerie van Verkeer en Waterstaat) en is uitgevoerd binnen het LNV-onderzoeksprogramma 276: 'Emissies en ecotoxicologische risico's van bestrijdingsmiddelen'. Het onderzoek is begeleid door een werkgroep met vertegenwoordigers van RIZA, het Hoofdproductschap Akkerbouw, het Milieu Platform Bloembollensector, de Land- en Tuinbouw Organisatie en het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Ir. A.A. Jongebreur

directeur

# Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methode	9
2.1 Ontwikkeling van een klasse-indeling	9
2.2 Onderzochte doppen	9
2.3 Metingen met de PDPA-laser	9
2.4 Modelberekeningen	10
3 Resultaten	12
3.1 Druppelgroottemetingen	12
3.2 Druppelsnelheidsmetingen	13
3.3 Modelberekeningen	14
3.4 Indeling van doppen naar driftgevoeligheid	14
3.5 Consistentie van het classificatiesysteem	16
4 Discussie	17
5 Conclusies	19
Summary	20
Literatuur	22

# Samenvatting

Bij het uitvoeren van spuitwerkzaamheden is het belangrijk dat het gewasbeschermingsmiddel op de juiste plaats komt en dat het te bespuiten object de gewenste bedekking krijgt. De drift naar plaatsen buiten het perceel moet zoveel mogelijk voorkomen worden. Voor een spuitnevel zijn in dit verband twee kenmerken belangrijk n.l. de druppelgrootte en de driftgevoeligheid.

De druppelgrootte is afhankelijk van het doptype, de dopgrootte en de spuitdruk en is van belang voor de bedekking van het gewas. De driftgevoeligheid wordt bepaald door de druppelgrootte, de snelheid van de druppels en de richting van de druppels.

Door IMAG-DLO is een methodiek ontwikkeld waarbij de driftgevoeligheid van dop-drukcombinaties in reductieklassen kan worden ingedeeld.

## Indeling van spuitdoppen naar druppelgrootte

De huidige indeling van doppen naar grofheid van de spuitnevel is afgeleid van het door de British Crop Protection Council (BCPC) gehanteerde classificatiesysteem. Hierbij worden de diverse doppen met hun bijbehorende druk ingedeeld in de klassen zeer fijn, fijn, midden, grof en zeer grof. De scheiding tussen de diverse klassen wordt aangegeven met de  $D_{V50}$  = Volume Median Diameter (VMD) van de grensdoppen.

Door uit te gaan van grensdoppen is de indeling van de dop-drukcombinaties in de klassen min of meer onafhankelijk van het toegepaste meetsysteem. Om wat meer onderscheid te krijgen in de grove spectra is de grensdop zeer grof/extra grof als extra toegevoegd.

De huidige indeling van de spuitnevel op basis van de druppelgrootte geeft niet de driftgevoeligheid aan. Voor het vaststellen van driftbeperking door dopkeuze is het noodzakelijk de doppen te karakteriseren.

Door een combinatie van laboratorium- en modelonderzoek is een klasse-indeling naar driftgevoeligheid gemaakt. Van een selectie van doppen, waaronder de grensdoppen van de BCPC klasse-indeling, werd het druppelgroottespectrum en de druppelsnelheden bepaald met een Phase Doppler Particle Analyser (PDPA) laser. Uitgaande van deze metingen werd met het model IDEFICS (IMAG program for Drift Evaluation from Field sprayers by Computer Simulation) de verwachte drift berekend. Hierbij werd uitgegaan van een gedefinieerde referentiesituatie voor de bespuiting in volveldsteelten. Dit was een gewas aardappelen met de laatste rug op 75 cm van de insteek van de sloot, de spuitdop op 12,5 cm buiten het midden van de laatste rug en een gewasontwikkeling tot de insteek. De driftdepositie is berekend voor de strook op 2,125-3,125 m vanaf de laatste spuitdop. Dit is de strook waar in de meeste gevallen het wateroppervlak van de sloot ligt. De berekeningen zijn uitgevoerd bij een windsnelheid van 3 m/s, een gewashoogte van 50 cm en een spuitboomhoogte van 50 cm boven het gewas.

## Driftreductieklassen

De berekende driftreducties van de verschillende dop-drukcombinaties worden uitgedrukt in procenten ten opzichte van een referentiedop. Hiervoor is de grensdop tussen de klassen fijn en midden uit de druppelgrootteclassificatie gekozen, dit in aansluiting op internationale afspraken. De driftreducties worden vervolgens in vijf reductieklassen ingedeeld, n.l. met 0, 25, 50, 75 en 90% reductie. De dop-drukcombinaties die meer drift geven dan de referentie worden overeenkomstig aangegeven met vier negatieve reductie klassen. Om te voorkomen dat dop-drukcombinaties door de spreiding in de metingen en berekeningen ten onrechte in een te lage reductieklasse worden ingedeeld, is voorgesteld de grenzen van de absolute driftwaarden met een tiende van de driftwaarde te verhogen. Deze correctie is op zijn plaats, omdat de voorgestelde reductie voor de berekeningen steeds de ondergrens van het reductiegebied is.

## Consistentie van het classificatie systeem.

De indeling naar driftgevoeligheid is gebaseerd op de berekende drift met als omstandigheden: gewashoogte 50 cm, spuitboomhoogte 50 cm boven het gewas, laatste dop 50 cm in het gewas en de windsnelheid 3 m/s.

Als de indeling in reductieklassen gemaakt wordt bij andere omstandigheden, namelijk: gewashoogte 5 of 50 cm, spuitboomhoogte 50 of 75 cm boven het gewas en een windsnelheid van 3 of 5 m/s blijkt dat de indeling van dop-drukcombinaties in reductieklassen consistent is ondanks deze variërende omstandigheden. Een aantal dop-drukcombinaties die dicht tegen de reductieklassegrens aan liggen

kunnen wel gemakkelijk in twee klassen vallen.

### **Discussie en conclusies**

De uitgevoerde studie is een beste inschatting van de driftreductie op basis van laboratoriummetingen en modelberekeningen. In het kader van de onderbouwing van driftgegevens (absolute waarden) is nog onderzoek gaande, waarbij dooptypen in veldsituaties onderzocht worden op de drift.

Het percentage drift is bij de diverse dooptypen niet altijd gecorreleerd met de VMD (Volume Median Diameter) of de  $V_{100}$  (het vol.%  $<100 \mu\text{m}$ ). De drift is niet alleen afhankelijk van de druppelgrootte maar ook van de druppelsnelheid en -richting. Voor het indelen van doppen naar driftgevoeligheid kan dan ook niet dezelfde indeling worden gebruikt als bij de indeling van doppen naar het druppelgroottespectrum via de VMD.

Het voorgestelde classificatiesysteem van driftreducties maakt het mogelijk spuitdoppen bij verschillende drukken in te delen naar mate van driftreductie ten opzichte van de grensdop tussen de druppelgrootteklassen fijn en midden. De reductieklassen waarin de dop-drukcombinaties worden ingedeeld hebben een bandbreedte van 25% . Een bepaalde dop kan hierbij afhankelijk van de ingestelde druk in meerdere driftreductieklassen vallen

In aansluiting op het voorliggende onderzoek is ook in internationaal verband (BCPC-ISO) besloten de driftreducties van dop-drukcombinaties uit te drukken ten opzichte van de grensdop tussen de druppelgrootteklassen fijn en midden.

Uit de beperkte set metingen blijkt dat de drift per dooptype waarschijnlijk een relatie vertoont met bijvoorbeeld het vol.%  $<100 \mu\text{m}$  verkregen uit de druppelgroottemetingen. Mogelijk geven per dooptype andere parameters zoals  $D_{V10}$  of de VMD ( $D_{V50}$ ) ook een goed verband met de drift. Als dit het geval is dan betekent dit een vereenvoudiging voor het indelen van dop-drukcombinaties in de diverse driftreductieklassen. Voor elk nieuw dooptype zal dan de relatie tussen het driftpercentage en het vol.%  $<100 \mu\text{m}$  vastgesteld moeten worden. Nader onderzoek naar deze vereenvoudigde indeling is noodzakelijk, alvorens over te gaan tot deze indelingsmethodiek.

**Drift is afhankelijk van dooptype, dopgrootte en spuitdruk.  
Het gebruik van de term “driftarme dop” is dus niet correct.**

# 1 Inleiding

Vanuit het agrarisch bedrijfsleven en beleidsinstanties is voor de toepassing van een gewasbeschermingsmiddel behoefte aan informatie over het effect van driftreducerende maatregelen op de driftemissie naar het oppervlaktewater. Bij volveldsbespuitingen in de akker- en tuinbouw is de optredende drift afhankelijk van een groot aantal factoren zoals doptype, gewashoogte, spuitboomhoogte, windsnelheid, rijrichtingsoriëntatie ten opzichte van de sloot, windrichting, etc.. Driftbeperking kan worden bereikt door gebruik van o.a. driftarme dop, kantdop, luchtondersteuning en door afscherming van de spuitnevel. Voor spuitdoppen wordt de driftgevoeligheid bepaald door de druppelgrootte, de snelheid van de druppels en de richting van de druppels.

## Huidige indeling van spuitdoppen

De huidige indeling van doppen naar grofheid van de spuitnevel is afgeleid van het door de British Crop Protection Council (BCPC) gehanteerde classificatiesysteem (Doble *et al.*, 1985). Hierbij worden de diverse doppen met hun bijbehorende druk ingedeeld in de klassen zeer fijn, fijn, midden, grof en zeer grof. De klassen geven aan of een dop-drukcombinatie geschikt is voor het gebruik van bijvoorbeeld insecticiden (klasse fijn), fungiciden (klasse fijn/midden) of bodemherbiciden (klasse zeer grof). Sinds 1988 is het gewasbeschermingsadvies in Nederland uitgebreid met een aanbeveling voor de druppelgrootte-klasse (Heestermans *et al.*, 1995). De scheiding tussen de diverse klassen wordt aangegeven met de Volume Median Diameter (VMD) van de grensdoppen. De VMD =  $D_{V50}$  [ $\mu\text{m}$ ] is die diameter waarbij 50% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van  $D_{V50}$ .

De grenzen tussen de klassen worden aangegeven met de druppelspectra van de grensdoppen. Dit wordt gedaan omdat bij de bepaling van het druppelgroottespectrum de verschillende meetsystemen en instellingen van meetsystemen verschillende uitkomsten kunnen geven. Door uit te gaan van grensdoppen is de indeling van de dop-drukcombinaties in de klassen min of meer onafhankelijk van het meetstelsel. Sets van grensdoppen worden door de BCPC ter beschikking gesteld aan instellingen die meetapparatuur hebben voor het indelen van spuitdoppen. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de grensdoppen met de bijbehorende drukken. De grensdop voor de klassegrens zeer grof/extra grof is als extra toegevoegd om meer onderscheid te krijgen in de grove spectra. Onder karakteristiek is weergegeven de BCPC dopcode bestaande uit het doptype (F=flatfan, spleetdop), de tophoek, de afgifte (l/min) en de druk (bar).

Tabel 1. De bij de BCPC classificatie gebruikte grensdoppen voor de indeling van de spuitnevel in verschillende druppelgrootteklassen.

*Table 1. Threshold nozzles used in the BCPC classification for spray quality.*

Klasse grens	Karakteristiek	Merk	Type
Zeer fijn / Fijn	F110 / 0.45 / 4.5	Delavan	LF-110-01
Fijn / Midden	F110 / 1.18 / 3.0	Lurmark	31-03-F110
Midden / Grof	F110 / 1.93 / 2.0	Lechler	LU 120-06S
Grof / Zeer grof	F80 / 2.88 / 2.5	Teejet	8008 VS
Zeer grof / Extra grof*	F80 / 4.83 / 2.0	Teejet	8015 SS

\* Extra toegevoegd

## Indeling van doppen naar driftbeperking

De huidige indeling in druppelgrootteklassen geeft echter niet de driftgevoeligheid aan van een dop-drukcombinatie. In internationaal verband en ook binnen de BCPC bestaan plannen om in de toekomst ook de driftgevoeligheid in het bestaande classificatiesysteem op te nemen (Southcombe *et al.*, 1997). Voor het vaststellen van driftbeperking door dopkeuze (driftarm) is het noodzakelijk de doppen te karakteriseren. Een klasse-indeling naar driftbeperking is voor de verschillende doptypen nog niet beschikbaar.

Driftarme doptypen, die veelal met de commerciële term “antidriftdoppen” aangeduid worden, onderscheiden zich van de gewone doptypen doordat zij bij een bepaalde druk wel dezelfde afgifte hebben

maar een grover druppelgroottespectrum geven. Het aandeel kleine, driftgevoelige druppels is lager dan bij de overeenkomstige gewone doppen. De uitstroomsnelheid van de druppels bij de driftarme doppen is doorgaans lager dan bij de standaard spleetdoppen. De relatie tussen druppelgroottespectrum, uitstroomsnelheid en richting van de druppels in de spuitkegel is nog onvoldoende bekend. Door combinatie van laboratorium- en modelonderzoek zou een klasse-indeling naar driftgevoeligheid gemaakt kunnen worden. In de voorliggende studie wordt een opzet gegeven voor het opstellen van een classificatiesysteem voor het indelen van spuitdoppen naar de mate van driftreductie.



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Ontwikkeling van een klasse-indeling

Van een selectie van doppen, waaronder de grensdoppen van de BCPC klasse-indeling, werden het druppelgroottespectrum en de druppelsnelheden bepaald met een Phase Doppler Particle Analyser (PDPA) laser. Uitgaande van deze metingen werd met het model IDEFICS (IMAG program for Drift Evaluation from Field sprayers by Computer Simulation, versie 3.01, IDBM30V1.1) de verwachte drift berekend (Holterman *et al.*, 1997). Vervolgens werden de spuitdoppen in combinatie met de spuitdruk ingedeeld in een classificatiesysteem. Hierbij werd uitgegaan van een gedefinieerde referentiesituatie voor de bespuiting in volveldsteelten. De drift werd weergegeven als percentage van de dosering per oppervlakte-eenheid op de strook 2,125-3,125 m van de buitenste spuitdop.

### 2.2 Onderzochte doppen

De in tabel 1 vermelde grensdoppen werden bij één spuitdruk doorgemeten. Vervolgens zijn ook metingen verricht aan de in tabel 2 weergegeven doppen met bijbehorende drukken. Naast de Teejet XR11004, en de DG11004 (bij 3 bar), zijn dit een drietal driftarme doppen die elk bij drie drukken werden gemeten.

Tabel 2. De gemeten dop-drukcombinaties.

*Table 2. Measured nozzle-pressure combinations.*

Merk	Type	Druk [bar]
Albuz	ADE3 oranje	1,5
		3,0
		5,0
Lechler	ID 120-02	3,0
		5,0
		7,0
Teejet	TT11004	1,5
		3,0
	DG11004	5,0
		3,0
XR11004	3,0	
	3,0	

### 2.3 Metingen met de PDPA-laser

De grensdoppen (tabel 1) zijn op twee tijdstippen in drie herhalingen gemeten. Bij de overige doppen (tabel 2) werden per doptype 10 nieuwe spuitdoppen onderzocht op de vloeistofafgifte bij een gegeven spuitdruk. Uit deze serie zijn drie spuitdoppen, waarvan de afgifte het dichtst bij het gemiddelde lag, gekozen voor de verdere metingen. De druppelgrootte- en snelheidsmetingen werden uitgevoerd met de PDPA-laser. Van de resultaten zijn de gemiddelde waarden van het spectrum berekend. Bij de druppelgroottemetingen, die uitgevoerd werden met water, was de afstand van de spuitdop tot de laserstraal 35 cm. Tijdens de meting van de druppelgrootte beschreef de spuitdop 9 horizontale banen haaks op de laserstraal waardoor de gehele spuitkegel bemonsterd werd. Bij spleetdoppen was de onderlinge afstand van de banen 3 cm, waarbij in de middelste baan de spuitdop juist midden over het meetpunt bewoog. De snelheid van de dop was tijdens de metingen 1 cm/s. De druppelsnelheid werd midden onder de dop bepaald op afstanden van 4, 6, 9, 12, 15, 20, 25 en 30 cm van de uitstroomopening van de spuitdop. Per meting werd van ca. 100.000 druppels de grootte en de snelheid bepaald.

### Meetresultaten druppelgrootte- en snelheidsmetingen

De resultaten van de druppelgroottemetingen worden gepresenteerd als de  $D_{V10}$ ,  $D_{V50}$ ,  $D_{V90}$  en  $V_{100}$ . Hieronder volgt een korte toelichting op deze begrippen:

- $D_{V10}$  [ $\mu\text{m}$ ]; 10% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van  $D_{V10}$ ;
- $D_{V50}$  [ $\mu\text{m}$ ] = VMD [ $\mu\text{m}$ ] (Volume Median Diameter); 50% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van  $D_{V50}$ ;
- $D_{V90}$  [ $\mu\text{m}$ ]; 90% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van  $D_{V90}$ ;
- $V_{100}$  = vol.% <100  $\mu\text{m}$ ; het volume percentage druppels met een diameter kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ .

De gemeten druppelsnelheden zijn moeilijk in een eenduidige parameter weer te geven. Gemeten wordt de druppelsnelheid van individuele druppels. Deze worden omgerekend naar gemiddelde snelheden van druppelgrootteklassen binnen het gemeten druppelgroottespectrum. Ten behoeve van het model IDEFICS wordt hieruit de uitreesnelheid van de druppels uit de spuitmond berekend

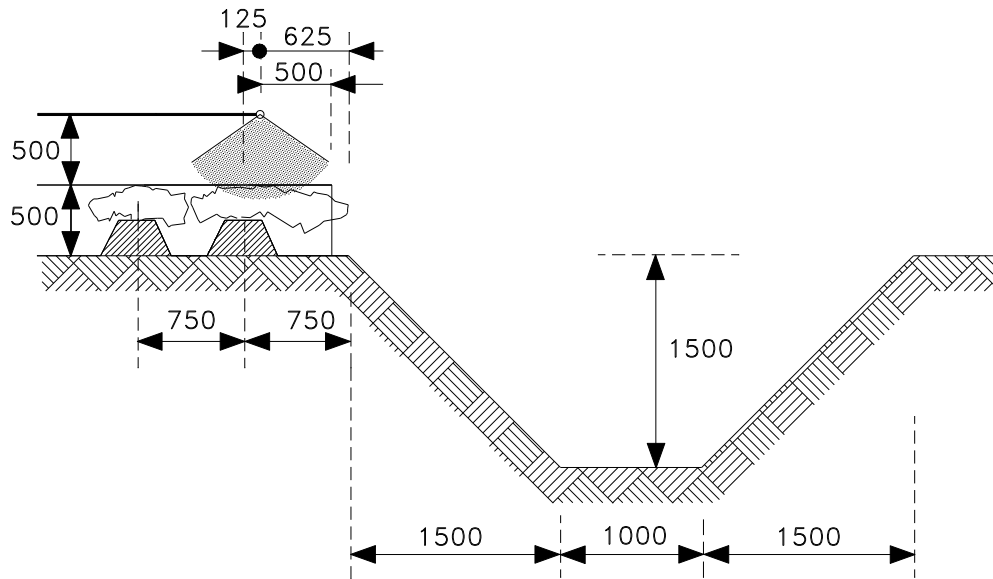
## 2.4 Modelberekeningen

De resultaten van de metingen van de druppelgrootte en de druppelsnelheid werden als invoer in het driftmodel IDEFICS (V3.01) gebruikt. Voor de modelberekeningen werd van de volgende veronderstellingen uitgegaan:

- dopafstand op de spuitboom 50 cm;
- spuitrichting van de doppen verticaal omlaag;
- plaats van de laatste spuitdop 50 cm binnen het gewas\*;
- gewashoogte 5 en 50 cm;
- spuitboomhoogte 50 en 75 cm boven het gewas;
- rijsnelheid 1,5 m/s;
- rijrichting evenwijdig aan de gewasrand;
- windrichting loodrecht op de gewasrand van het gewas af gericht;
- windsnelheid 3 en 5 m/s (op 2 m hoogte);
- relatieve luchtvochtigheid 60%;
- luchttemperatuur 15 °C;
- stabiliteit van de atmosfeer neutraal (geen thermiek).

\* De uitgangssituatie was een gewas aardappelen met de laatste rug op 75 cm van de insteek van de sloot, de spuitdop op 12,5 cm buiten het midden van de laatste rug en een gewasontwikkeling tot de insteek. Bij de berekeningen met IDEFICS is ter correctie van een iets aflopende gewasrand de afstand van de laatste dop tot de gewasrand afgerond op 50 cm (Figuur 1).

De resultaten van de modelberekeningen gaven de depositiewaarden op aaneensluitende strookjes van 25 cm, vanaf de laatste spuitdop. Deze resultaten werden bewerkt tot gemiddelde deposities op de strook 2,125-3,125 m vanaf de laatste spuitdop. Dit is de strook, waar bij de gekozen uitgangssituatie voor aardappelen, in de meeste gevallen het wateroppervlak van de sloot ligt (Huijsmans *et al*, 1997).



Figuur 1. Overzicht van de situatie bij de modelberekeningen bij een gewas aardappelen (afmetingen in mm).

Figure 1. Layout of the field situation (potatoes) used for calculations of the spray drift model (dimensions in mm).

## 3 Resultaten

### 3.1 Druppelgroottemetingen

De resultaten van de druppelgroottemetingen zijn weergegeven in Tabel 3. Van de  $V_{100}$  (vol. %  $<100 \mu\text{m}$ ) is tevens de standaardafwijking van het gemiddelde weergegeven, omdat dit inzicht geeft in de spreiding van de berekende drift door het model IDEFICS. Bij de grensdoppen is de standaardafwijking van het gemiddelde gebaseerd op zes metingen en bij de andere doppen op drie. Uit tabel 3 blijkt dat de standaardafwijking van het gemiddelde bij het vol. %  $<100\mu\text{m}$  ( $V_{100}$ ) bij de grensdoppen uiteenloopt van 0,03 tot 0,3%. Dit wil zeggen dat bij de LF-110-01 de  $V_{100}$  tussen de 27,3 en 28,5% zal liggen (gemiddeld 27,9%). De LU120-06S heeft een gemiddelde  $V_{100}$  van 5,4% met een spreiding van 5,2-5,6% .

Tabel 3. Druppelgroottespectrum van de verschillende dooptypen en verschillende drukken.

*Table 3. Spray quality parameters of the nozzle type-pressure combinations.*

Dooptype	Druk [bar]	Spectrum				
		$D_{V10}$ [ $\mu\text{m}$ ] gem.	$D_{V50}$ [ $\mu\text{m}$ ] gem.	$D_{V90}$ [ $\mu\text{m}$ ] gem.	$V_{100}$ [%] gem.      std. gem.	
<b>LF-110-01</b>	<b>4,5</b>	<b>63</b>	<b>135</b>	<b>227</b>	<b>27,9</b>	<b>0,3</b>
<b>31-03-F110</b>	<b>3,0</b>	<b>97</b>	<b>221</b>	<b>390</b>	<b>10,6</b>	<b>0,2</b>
<b>LU 120-06S</b>	<b>2,0</b>	<b>130</b>	<b>311</b>	<b>529</b>	<b>5,4</b>	<b>0,1</b>
<b>8008 VS</b>	<b>2,5</b>	<b>176</b>	<b>404</b>	<b>698</b>	<b>2,9</b>	<b>0,06</b>
<b>8015 SS</b>	<b>2,0</b>	<b>212</b>	<b>477</b>	<b>824</b>	<b>2,0</b>	<b>0,03</b>
ADE3 oranje	1,5	174	392	623	2,3	0,1
ADE3 oranje	3,0	132	299	501	5,0	0,1
ADE3 oranje	5,0	115	260	445	7,1	0,4
ID 120-02	3,0	241	554	860	1,3	0,1
ID 120-02	5,0	177	435	717	2,9	0,1
ID 120-02	7,0	163	394	634	3,4	0,2
TT11004	1,5	202	465	774	1,8	0,1
TT11004	3,0	149	343	592	3,9	0,1
TT11004	5,0	111	262	477	7,7	0,1
DG11004	3,0	140	320	529	4,5	0,1
XR11004	3,0	106	256	445	8,8	0,1

### 3.2 Druppelsnelheidsmetingen

In tabel 4 zijn de uittreesnelheden weergegeven van de onderzochte doppen. Uit de tabel blijkt dat met het toenemen van de spuitdruk de uittreesnelheid van de druppels toeneemt. Doppen werkend volgens een luchtinjectiesysteem (ID120-02) hebben een duidelijk lagere uittreesnelheid dan gewone spleetdoppen (31-03-F110). De spleetdoppen met een extra drukkamer zoals de ADE3 en de DG11004 zitten tussen de beide voorgaande in.

Tabel 4. De uittreesnelheid van de druppels bij de spuitmond van verschillende doptypen en bij verschillende drukken.

*Table 4. Calculated initial drop velocity at spray tip.*

Doptype	Druk [bar]	Snelheid [m/s]
<b>LF-110-01</b>	<b>4,5</b>	<b>24,4</b>
<b>31-03-F110</b>	<b>3,0</b>	<b>21,9</b>
<b>LU 120-06S</b>	<b>2,0</b>	<b>17,0</b>
<b>8008 VS</b>	<b>2,5</b>	<b>20,6</b>
<b>8015 SS</b>	<b>2,0</b>	<b>18,9</b>
ADE3 oranje	1,5	9,5
ADE3 oranje	3,0	14,3
ADE3 oranje	5,0	18,2
ID 120-02	3,0	9,2
ID 120-02	5,0	11,8
ID 120-02	7,0	14,7
TT11004	1,5	12,3
TT11004	3,0	17,9
TT11004	5,0	23,7
DG11004	3,0	17,2
XR11004	3,0	21,7

### 3.3 Modelberekeningen

Met het driftmodel IDEFICS zijn berekeningen uitgevoerd om een inschatting te maken van de drift per dooptype en spuitdruk. In tabel 5 worden de depositiewaarden op de strook 2,125-3,125 m vanaf de laatste dop gepresenteerd, uitgedrukt als percentage van de dosering per oppervlakte-eenheid. De driftpercentages zijn berekend voor een spuitboomhoogte van 50 cm, een gewashoogte van 50 cm en een windsnelheid van 3 m/s.

Tabel 5. Berekende driftdepositie op de strook 2,125-3,125 m vanaf de laatste spuitdop naast het perceel (bij een spuitboomhoogte van 50 cm, een gewashoogte van 50 cm en een windsnelheid van 3 m/s) uitgedrukt als percentage van de dosering per oppervlakte-eenheid, het percentage driftreductie ten opzichte van de referentiedop Fijn/Midden (Lurmark 31-03-F110 bij 3 bar) en de druppelgrootteklasse indeling volgens de BCPC.

Table 5. Computed spray drift deposit on the zone 2.125-3.125 m from the last nozzle adjacent to the sprayed field (sprayer boom height 50 cm, crop height 50 cm, wind speed 3 m/s) expressed as a percentage of the sprayed dose per unit area. Spray drift reduction is quantified with the threshold nozzle Fine/Medium (Lurmark 31-03-F110 @ 3 bar) as a reference. Spray quality is classified according to BCPC.

Dooptype	Druk [bar]	Depositie drift [%]	Reductie t.o.v. referentie[%]	VMD [ $\mu$ m]	Druppelgrootte klasse
<b>LF-110-01</b>	<b>4,5</b>	<b>6,9</b>	<b>-257</b>	<b>135</b>	<b>Zeer fijn / Fijn</b>
<b>31-03-F110**</b>	<b>3,0</b>	<b>1,9</b>	<b>0</b>	<b>221</b>	<b>Fijn / Midden</b>
<b>LU 120-06S</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>45</b>	<b>311</b>	<b>Midden / Grof</b>
<b>8008 VS</b>	<b>2,5</b>	<b>0,3</b>	<b>84</b>	<b>404</b>	<b>Grof / Zeer grof</b>
<b>8015 SS*</b>	<b>2,0</b>	<b>0,2</b>	<b>89</b>	<b>477</b>	<b>Zeer grof / Extra grof</b>
ADE3 oranje	1,5	0,4	77	392	Grof
ADE3 oranje	3,0	0,9	52	299	Midden
ADE3 oranje	5,0	1,4	29	260	Midden
ID 120-02	3,0	0,3	87	554	Extra grof
ID 120-02	5,0	0,5	73	435	Zeer grof
ID 120-02	7,0	0,6	70	394	Grof
TT11004	1,5	0,4	80	465	Zeer grof
TT11004	3,0	0,9	53	343	Grof
TT11004	5,0	2,2	-13	262	Midden
DG11004	3,0	0,9	54	320	Grof
XR11004	3,0	2,0	-7	256	Midden

\* Extra klassegrens

\*\* Referentie

### 3.4 Indeling van doppen naar driftgevoeligheid

In tabel 5 zijn tevens de VMD en de druppelgrootteklasse weergegeven van de onderzochte dop-drukcombinaties. Uit deze tabel blijkt dat de 8008 VS een VMD heeft van 404  $\mu$ m en een driftpercentage van 0,3%; de ID120-02 dop bij 7 bar daarentegen heeft een VMD van vergelijkbare grootte (394 $\mu$ m) met een verdubbeling van de drift (0,6%). Het percentage drift is bij de diverse dooptypen niet altijd gecorreleerd met de VMD en is dus kennelijk niet alleen afhankelijk van de druppelgrootte maar ook van bijvoorbeeld de druppelsnelheid en -richting.

De driftreductiepercentages zoals vermeld zijn gerelateerd aan een referentiedop (Lurmark 31-03-F110 bij 3 bar) in een standaardsituatie (wind 3 m/s, gewashoogte 50 cm en spuitboomhoogte 50 cm).

De driftreducties kunnen vervolgens in vijf reductieklassen worden ingedeeld, n.l. met 0, 25, 50, 75 en 90% reductie. De dop-drukcombinaties die meer drift geven dan de referentie worden overeenkomstig aangegeven met vier negatieve reductieklassen. De doppen die meer dan 92% toename in drift hebben worden in één klasse samengevoegd.

Zowel bij de bepaling van het druppelgroottespectrum als bij berekeningen met het driftmodel IDEFICS is er een zekere spreiding in de resultaten. Bij de indeling in klassen moet hiermee rekening worden

gehouden. Om dit voor IDEFICS te bepalen zijn onder de standaard omstandigheden, maar bij een spuitboomhoogte van 75 cm, meerdere berekeningen uitgevoerd met het model. Voor de dop XR11004 bleek bij 10 herhalingen de gemiddelde drift op 2,125-3,125 m van de laatste dop 5,15% te bedragen, terwijl de standaardafwijking 0,08% bedroeg. Bij een dop met een grover spectrum, de DG11004, bedroeg de drift gemiddeld 2,57% en was de standaardafwijking 0,03%, terwijl de 8015 SS met 0,56% drift een standaardafwijking had van 0,01%. De standaardafwijking neemt af met de hoogte van de gemiddeld berekende drift. Aangenomen kan worden dat de spreiding met het model IDEFICS beneden de 5% van de berekende driftwaarde ligt. Ook bij de bepaling van het druppelgroottespectrum lag de spreiding in de  $V_{100}$  beneden de 5% van de meetwaarde.

Om te voorkomen dat dop-drukcombinaties door de spreiding van IDEFICS en door de spreiding in de waarden van het druppelgroottespectrum ten onrechte in een te lage reductieklasse worden ingedeeld, wordt voorgesteld de grenzen van de absolute driftwaarden met een tiende van de driftwaarde te verhogen overeenkomstig de twee maal 5% spreiding. Deze correctie is op zijn plaats, omdat de voorgestelde reductie voor de berekeningen steeds de ondergrens van het reductiegebied is. Dop-drukcombinaties met 17,5-45% reductie worden met 25% reductie aangemerkt.

De voorgestelde indeling is in tabel 6 samengevat.

Tabel 6. Driftreductieklassen met de bijbehorende klassengrenzen voor de indeling van dop-drukcombinaties.

Table 6. Classification scheme for nozzle-pressure combinations in spray drift reduction classes and the class border values (% spray drift reduction).

Reductie Klasse	Klassengrens [% driftreductie]		
-90	-92	-	-
-75	-65	-	-92
-50	-37,5	-	-65
-25	-10	-	-37,5
0	-10	-	17,5
25	17,5	-	45
50	45	-	72,5
75	72,5	-	89
90			>89

### 3.5 Consistentie van het classificatiesysteem

De indeling van de driftgevoeligheid is gebaseerd op de drift met als omstandigheden: gewashoogte 50 cm, spuitboomhoogte 50 cm boven het gewas, laatste dop 50 cm in het gewas en de windsnelheid 3 m/s.

In tabel 7 is de indeling in reductieklassen gemaakt bij meerdere omstandigheden, namelijk: gewashoogte 5 en 50 cm, spuitboomhoogte 50 en 75 cm boven het gewas en een windsnelheid van 3 en 5 m/s. De indeling in de reductieklassen is steeds gebaseerd op de drift van de dop 31-03-F110 bij 3 bar.

Tabel 7. Indeling in reductieklassen bij verschillende gewashoogtes, spuitboomhoogtes en windsnelheden met de dop Fijn/Midden (Lurmark 31-03-F110 bij 3 bar) als referentie.

*Table 7. Classification in spray drift reduction classes for different crop heights, sprayer boom heights and wind speeds. Spray drift reduction is quantified with the threshold nozzle Fine/Medium (Lurmark 31-03-F110 @ 3 bar) as a reference.*

	Gewashoogte [cm]	5	5	5	5	50	<b>50</b>	50	50
	Spuitboomhoogte [cm]	75	50	75	50	75	<b>50</b>	75	50
	Windsnelheid [m/s]	3	3	5	5	3	<b>3</b>	5	5
Doptype	Druk [bar]	Reductieklasse							
LF-110-01	4,5	-90	-90	-90	-90	-90	<b>-90</b>	-90	-90
<b>31-03-F110</b>	<b>3,0</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>	<b>0*</b>
LU 120-06S	2,0	50	50	50	50	25	<b>50</b>	50	50
8008 VS	2,5	75	75	75	75	75	<b>75</b>	75	75
8015 SS	2,0	90	75	90	75	90	<b>90</b>	90	90
ADE3 oranje	1,5	50	50	50	50	75	<b>75</b>	50	75
ADE3 oranje	3,0	50	25	25	25	50	<b>50</b>	25	50
ADE3 oranje	5,0	25	25	25	25	25	<b>25</b>	25	25
ID 120-02	3,0	75	75	75	75	75	<b>75</b>	75	75
ID 120-02	5,0	50	50	50	50	75	<b>75</b>	50	75
ID 120-02	7,0	50	50	50	50	50	<b>50</b>	50	50
TT11004	1,5	75	75	75	75	75	<b>75</b>	75	75
TT11004	3,0	50	50	50	50	50	<b>50</b>	50	50
TT11004	5,0	0	0	25	0	0	<b>-25</b>	0	0
DG11004	3,0	50	50	50	50	50	<b>50</b>	50	50
XR11004	3,0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0

\*Referentie voor de kolom

Uit tabel 7 blijkt dat de indeling van dop-drukcombinaties in reductieklassen consistent is ondanks variërende omstandigheden. Een aantal dop-drukcombinaties die dicht tegen de reductieklassegrens aan liggen kunnen in twee klassen komen te liggen.



## 4 Discussie

De uitgevoerde studie is een beste inschatting van de driftreductie op basis van laboratoriummetingen en modelberekeningen. In het kader van de onderbouwing van driftgegevens (absolute waarden) is nog onderzoek gaande, waarbij doptypen in veldsituaties onderzocht worden op de drift.

### Relatie druppelgrootteklassen en driftreductieklassen

In tabel 8 is van de grensdoppen van het druppelgrootteclassificatiesysteem en van de andere onderzochte doppen het resultaat van de indeling in druppelgroottes en driftgevoeligheid weergegeven.

Tabel 8. Indeling van de onderzochte doppen in druppelgrootteklassen en driftreductieklassen met de grensdop Fijn/Midden (Lurmark 31-03-F110 bij 3 bar) als referentie.

*Table 8. Classification of nozzle-pressure combinations for spray quality and driftability. Spray quality is classified according to BCPC. Spray drift reduction is quantified with the threshold nozzle Fine/Medium (Lurmark 31-03-F110 @ 3 bar) as a reference.*

Merk	Doptype	Druk[bar]	Druppelgrootteklasse	Driftreductieklasse
Delavan	LF-110-01	4,5	Zeer fijn / Fijn	-90
<b>Lurmark</b>	<b>31-03-F110</b>	<b>3,0</b>	<b>Fijn / Midden</b>	<b>0</b>
Lechler	LU 120-06S	2,0	Midden / Grof	50
Teejet	8008 VS	2,5	Grof / Zeer grof	75
Teejet	8015 SS	2,0	Zeer grof / Extra grof	90
Albuz	ADE3 oranje	1,5	Grof	75
Albuz	ADE3 oranje	3,0	Midden	50
Albuz	ADE3 oranje	5,0	Midden	25
Lechler	ID 120-02	3,0	Extra grof	75
Lechler	ID 120-02	5,0	Zeer grof	75
Lechler	ID 120-02	7,0	Grof	50
Teejet	TT11004	1,5	Zeer grof	75
Teejet	TT11004	3,0	Grof	50
Teejet	TT11004	5,0	Midden	-25
Teejet	DG11002	3,0	Midden	25
Teejet	DG11004	3,0	Grof	50
Teejet	XR11002	3,0	Fijn	-90
Teejet	XR11004	3,0	Midden	0
Teejet	XR11008	3,0	Grof	50

Uit tabel 8 blijkt dat binnen een dop de spuitdruk bepalend is voor de klasse waarin de dop-drukcombinatie terecht komt. Zo valt de ADE3 bij 1,5 bar in de reductieklasse 75, bij 3 bar in de reductieklasse 50 en bij 5 bar in de reductieklasse 25. Duidelijk is geworden dat in het kader van drift altijd gesproken moet worden van een dop-drukcombinatie. Met de indeling van dop-drukcombinaties in driftreductieklassen kan de term "driftarme" doppen verlaten worden.

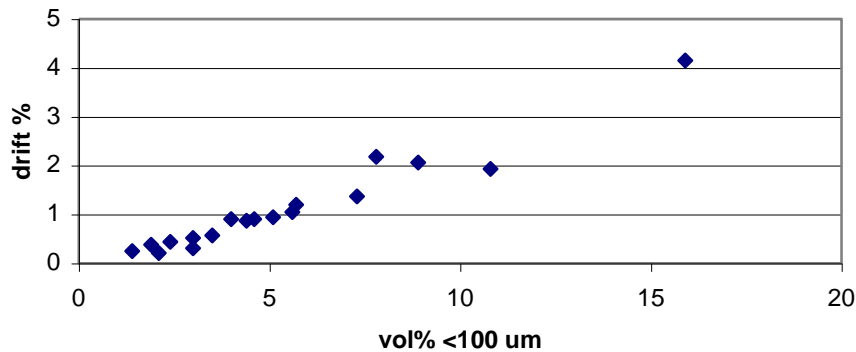
Dop-drukcombinaties in de druppelgrootteklasse midden kunnen in zeer verschillende driftreductieklassen terechtkomen. Zo ligt de TT11004 bij 5 bar in de klasse -25, de XR11004 bij 3 bar in klasse 0, de DG11002 bij 3 bar in klasse 25 en de ADE3 bij 3 bar in klasse 50.

Het onderzoek heeft aangetoond dat de indeling in druppelgrootteklassen niet gebruikt kan worden voor het aangeven van de driftgevoeligheid. Naast de druppelgrootte heeft ook het doptype (richting en snelheid van de druppels) een grote invloed op de drift.

### Relatie tussen driftpercentage en druppelgroottespectrum

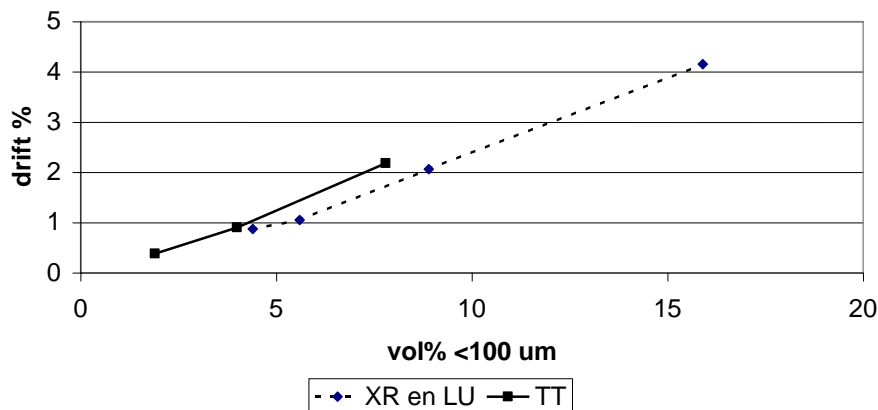
Om een indruk te krijgen van de relatie tussen het driftpercentage en het druppelgroottespectrum is in figuur 2 voor de gemeten dop-drukcombinaties (tabel 8) de drift uitgezet tegen het vol.% druppels <100 µm. In figuur 3 is voor enkele doptypen apart dezelfde relatie gegeven. Uit de beperkte set metingen blijkt dat waarschijnlijk per doptype de drift een relatie vertoont met bijv. het vol.% <100 µm verkregen

uit de druppelgroottemetingen. Indien deze relatie voldoende aangetoond kan worden, dan betekent dat een vereenvoudiging voor het indelen van dop-drukcombinaties in de diverse driftreductieklassen. Voor elk nieuw doptype zal dan de relatie tussen het driftpercentage en het vol.% <100 µm vastgesteld moeten worden. Mogelijk geven per doptype andere parameters zoals  $D_{V10}$  of de VMD ( $D_{V50}$ ) ook een goed verband met de drift. Nader onderzoek naar deze vereenvoudigde indeling is noodzakelijk, alvorens over te gaan tot deze indelingsmethodiek



Figuur 2. De relatie tussen het percentage drift en het vol.% druppels <100 µm voor alle gemeten doptypen.

Figure 2. Spray drift versus volume % of drops < 100 µm for the measured nozzle types.



Figuur 3. De relatie tussen het percentage drift en het vol.% druppels <100 µm voor de doptypen XR, LU en TT.

Figure 3. Spray drift versus volume % of drops < 100 µm for nozzle types XR and LU and TT.

### Reductiepercentage DG-doppen

Van de Zande *et al.*, 1995 noemen voor DG11004 doppen een drifreductiepercentage van 25% ten opzichte van de dop XR11004. Het verschil met het huidige percentage van 50% wordt veroorzaakt door de referentiedop (nu 31-03-F110 bij 3 bar), de strook waarover de drift berekend is, de plaats van de laatste dop ten opzichte van de gewasrand, de spreiding in druppelgroottemetingen en een verdere validatie van het driftmodel IDEFICS.

## 5 Conclusies

Het percentage drift is bij de diverse doptypen niet altijd gecorreleerd met de VMD (Volume Median Diameter) of de  $V_{100}$  (het vol.%  $<100 \mu\text{m}$ ). De drift is niet alleen afhankelijk van de druppelgrootte maar ook van de druppelsnelheid en druppelrichting. Voor het indelen van doppen naar driftgevoeligheid kan dan ook niet dezelfde indeling worden gebruikt als bij de indeling van doppen naar het druppelgroottespectrum via de VMD.

Het voorgestelde classificatiesysteem van driftreducties maakt het mogelijk spuitdoppen bij verschillende drukken in te delen naar mate van driftreductie ten opzichte van de grensdop tussen de druppelgrootteklassen fijn/midden. De reductieklassen waarin de dop-drukcombinaties worden ingedeeld hebben een bandbreedte van 25%. Een bepaalde dop kan hierbij afhankelijk van de ingestelde druk in meerdere driftreductieklassen vallen.

In aansluiting op het voorliggende onderzoek is ook in internationaal verband (BCPC-ISO) besloten de driftreducties van dop-drukcombinaties uit te drukken ten opzichte van de grensdop tussen de druppelgrootteklassen fijn/midden.

Uit de beperkte set metingen blijkt dat waarschijnlijk de drift per doptype een relatie vertoont met bijvoorbeeld het vol.%  $<100 \mu\text{m}$  verkregen uit de druppelgroottemetingen. Mogelijk geven per doptype andere parameters zoals  $D_{V10}$  of de VMD ( $D_{V50}$ ) ook een goed verband met de drift. Indien deze relatie voldoende aangetoond kan worden, dan betekent dit een vereenvoudiging voor het indelen van dop-drukcombinaties in de diverse driftreductieklassen. Voor elk nieuw doptype zal dan de relatie tussen het driftpercentage en het vol.%  $<100 \mu\text{m}$  vastgesteld moeten worden. Nader onderzoek naar deze vereenvoudigde indeling is noodzakelijk, alvorens over te gaan tot deze indelingsmethodiek

**Drift is afhankelijk van doptype, dopgrootte en spuitdruk.  
Het gebruik van de term “driftarme dop” is dus niet correct.**

## Summary

When spraying for crop protection it is important that the chemical deposits on the right place and that coverage meets the needs for a good biological efficacy. Spray drift to zones adjacent to the sprayed field must be prevented as much as possible. Spray quality and driftability are two important nozzle parameters in this context.

Spray quality depends on nozzle type, nozzle size and spray pressure and is of importance for crop coverage. Drop size, drop speed, and drop direction in the spray fan influences driftability. IMAG-DLO developed a methodology to classify driftability of nozzle-pressure combinations in distinct classes.

### Spray quality

The present system to classify nozzles on their spray quality is based on the BCPC (British Crop Protection Council) classification system. In this system the spray of nozzle-pressure combinations is classified in the classes very fine, fine, medium, coarse and very coarse. The division between classes is based on the  $D_{v50} = \text{VMD}$  (Volume Median Diameter) of the threshold nozzles.

By using these threshold nozzles, the system has become independent from the used measuring device. Sets of threshold nozzles are made available to institutes facilitating measuring systems to classify nozzles. The BCPC system is expanded by an extra threshold nozzle very coarse/extra coarse to increase discrimination in the coarse spray quality class.

The present classification of spray qualities does not indicate driftability. The need to classify spray nozzles to drift reduction has become necessary. Through a combination of laboratory measurements and computer modelling a driftability classification system is developed. With a PDPA-laser (Phase Doppler Particle Analyser), spray quality and drop speed are measured of a series of nozzles, including the BCPC threshold nozzles. These data are used as input for the IDEFICS spray drift model, calculating spray drift deposits downwind of the sprayed field. For comparison a reference situation is defined, spraying arable crops. The crop defined is potatoes, the last row planted 75 cm from the edge of the field, where the ditch starts. The last nozzle is placed 12.5 cm to the outside of the central line of the last row. Crop leaf canopy covers the soil to the edge of the field. To compensate for the decreasing crop height towards the field edge the distance from the canopy edge to the last nozzle is set to 50 cm in the IDEFICS model.

Spray drift is calculated for the zone 2.125-3.125 m from the last nozzle. In most cases this is the surface water area of the ditches adjacent to the field. Calculations are performed at a wind speed of 3 m/s, a crop height of 50 cm and a sprayer boom height of 50 cm above crop canopy.

### Driftability

Spray drift reduction of nozzle-pressure combinations is expressed as a percentage reduction compared to a reference nozzle. The fine/medium threshold nozzle of the spray quality classification system is defined as the reference nozzle, following international agreement.

Driftability is classified into five reduction classes: no reduction, 25-50% reduction, 50-75% reduction, 75-90% reduction and more than 90% reduction. Accordingly, increased spray drift is quantified in four negative reduction classes. Nozzles producing more than 92% drift increase are put together in the – 90% drift reduction class. Class size boundaries are lowered by 10% of the absolute drift deposits to assure that no nozzles are placed in a too low spray drift reduction class because of the spread in drop size measurements and spray drift model calculations of the spray drift model.

### Consistency of the driftability classification system

Nozzle-pressure combinations are classified for driftability based on calculated spray drift from the situations: crop height 50 cm, sprayer boom height 50 cm above crop canopy, last nozzle distance 50 cm from crop edge and a wind speed of 3 m/s. When the driftability classification is done for other circumstances, e.g.: crop height 5 or 50 cm, boom height 50 or 75 cm and wind speed for 3 or 5 m/s it is shown that there is little difference on the place of the nozzle-pressure combinations in spray drift reduction classes. Some nozzle-pressure combinations close to the class borders can switch classes.

### Discussion and conclusions

The results of this research are best estimated of the effect of nozzle selection on the (potential) spray

drift reduction based on laboratory measurements and model computations. The effect of nozzles on spray drift deposition is investigated in field experiments. This research will underpin the presented methodology.

Spray drift is not always correlated to the VMD or the  $V_{100}$  of the nozzles. Spray drift strongly depends on drop size, drop speed and drop direction in the spray fan. Therefore classifying nozzles for driftability needs other parameters than classifying for spray quality, which is based on VMD. Following this research it is internationally agreed that the threshold nozzle of the spray quality classes fine/medium is used as a reference nozzle to express driftability. The width of the spray drift reduction classes for nozzle-pressure combinations is 25%. The proposed classification system shows that nozzles can be classified into spray drift reduction classes, comparatively to a reference situation, according to the pressures used.

Based on a small number of measurements it is suggested that for a nozzle type spray drift is strongly correlated with e.g. % of drops  $< 100 \mu\text{m}$ . Other parameters from the spray quality measurements as  $D_{V10}$  or VMD could also have good relations. When this is the case, classification of nozzle-pressure combination driftability performance can very much be simplified. In the future it would then be sufficient to quantify the relation between spray drift deposit and drops  $< 100 \mu\text{m}$  for new nozzle types only. More research on the relations for this simplified classification is needed.

**Spray drift strongly depends on nozzle type, nozzle size and spray pressure. Using the term “anti-drift” nozzle is therefore incorrect.**

## Literatuur

Doble, S.J., G.A. Mathews, I. Rutherford and E.S.E. Southcombe, 1985. A system for classifying nozzles and other atomizers into categories of spray quality. Proc. British Crop Protection Conference - Weeds, pp. 1125-1133.

Heestermans, J.M.A.J., H.A.J. Porskamp en J.C. van de Zande, 1995. Elk gewenst druppelgroottespectrum beschikbaar. Klasse-indeling wordt goed gebruikt. Landbouwmecanisatie, (3), 22-24.

Holterman, H.J., J.C. van de Zande, H.A.J. Porskamp and J.F.M. Huijsmans, 1997. Modelling spray drift from boom sprayers. Computers and Electronics in Agriculture, (19), 1-22.

Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp en J.C. van de Zande, 1997. Drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie van de drift van spuitvloeistof bij bespuitingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en de boomteelt (stand van zaken december 1996). IMAG-DLO Rapport 97-04, 38 pp.

Southcombe, E.S.E., P.C.M. Miller, H. Ganzelmeier, J.C. van de Zande, A. Mirailles and A.J. Hewit, 1997. The International (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. Proceedings of The 1997 Brighton crop protection conference-Weeds, Farnham, pp 371-380.

Zande, J.C. van de, H.J. Holterman en J.F.M Huijsmans, 1995. Driftbeperking bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie van de technische mogelijkheden met een driftmodel. IMAG-DLO Rapport 95-15, Wageningen, 44 pp.