



---

# Verslag van metingen aan het driftreducerend effect van een Squall-injectiesysteem

Teejet XR 11004 VS en DG 11004 VS en Airmix 11003

H.J. Holterman, J.C. van de Zande



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Verslag van metingen aan het driftreducerend effect van een Squall-injectiesysteem

Teejet XR 11004 VS en DG 11004 VS en Airmix 11003

H.J. Holterman, J.C. van de Zande

Dit onderzoek is in opdracht van GreenA BV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde, onder projectnummer 3710.460200.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, november 2020

---

Rapport WPR-919

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/533390>

In het kader van een beoordeling voor een mogelijke classificatie als driftreducerende doppen werden de dooptypen Teejet XR11004VS en Teejet DG11004VS (Spraying Systems) bij 3 bar en Airmix 11003 (Agrotop) bij 2 bar onderzocht met enerzijds water als spuitvloeistof en anderzijds een 0,5% oplossing van Squall in water. De hulpstof Squall werd met een Raven doseringssysteem in de spuitleiding voor de spuitdop geïnjecteerd. Bij een bespuiting met de Squall-oplossing werd met de Teejet XR11004VS een driftreductie van 68% bereikt op de evaluatiestrook, waarmee deze dop-middel combinatie in aanmerking komt voor classificatie als 50% driftreducerende dop (DRD50). Voor de dooptypen Teejet DG11004VS en Airmix 11003 is het driftreducerend effect van de Squall-oplossing onderzocht in verhouding tot een bespuiting met alleen water. Voor de Teejet DG11004VS leidde de toevoeging van de Squall-oplossing tot een driftreductie van 54% ten opzichte van een bespuiting met alleen water. Hieruit werd afgeleid dat ten opzichte van een referentiebespuiting, de combinatie Teejet DG11004VS (3 bar) met 0,5% Squall-oplossing leidde tot een totale driftreductie van 77%, waarmee deze dooptype-middel combinatie in aanmerking komt voor classificatie als 75% driftreducerende dop (DRD75). Voor de Airmix 11003 bij 2 bar leidde de toevoeging van de Squall-oplossing tot een driftreductie van 76% ten opzichte van een bespuiting met alleen water. Hieruit werd voor de combinatie Airmix 11003 (2 bar) met 0,5% Squall-oplossing een totale driftreductie van 94% berekend ten opzichte van een referentiebespuiting. Daarmee komt dit dooptype in combinatie met de genoemde Squall-oplossing in aanmerking voor classificatie als 90% driftreducerende dop (DRD90). De drie gemeten dooptypen zijn representatief voor respectievelijk gewone spleetdoppen, voorkamer-spleetdoppen en luchtinjectie- of venturispleetdoppen. De gemeten dooptypen vallen met water als spuitvloeistof in drie verschillend DRD-klassen; bij een bespuiting met de 0,5% Squall-oplossing in combinatie met het Raven-injectiesysteem kunnen ze ten minste één DRD-klasse hoger geclassificeerd worden.

Trefwoorden: gewasbescherming, driftreductie, additief, spuitdop

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-919

Foto omslag: license-free foto van pexels.com

---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
	<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b>	<b>12</b>
	2.1 Meetmethodiek druppelgrootte PDA	12
	2.2 Meetmethodiek druppelgrootte SG	13
	2.3 Meetmethodiek entrainment	14
	2.4 Modelberekeningen	15
	2.5 Indeling in driftreductieklassen	16
<b>3</b>	<b>Meetresultaten</b>	<b>17</b>
	3.1 Druppelgroottespectrum	17
	3.2 Modelberekeningen en indeling in driftreductieklasse	18
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>21</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>22</b>
	<b>Bijlage 1 Overzicht metingen XR11004</b>	<b>23</b>
	<b>Bijlage 2 Overzicht metingen BCPC F/M</b>	<b>24</b>
	<b>Bijlage 3 Overzicht metingen Visisizer</b>	<b>25</b>
	<b>Bijlage 4 Vergelijking PDPA en Visisizer</b>	<b>27</b>



---

# Woord vooraf

Dit onderzoek naar de driftreducerende eigenschappen van de hulpstof Squall en de kwantificering ervan is uitgevoerd in opdracht van GreenA BV, in nauw overleg met Maarten Klein (GreenA).

De metingen van druppelgroottes en druppelsnelheden zijn uitgevoerd bij de WUR en de UvA, in een goede, opbouwende en zinvolle samenwerking met Isis Hobus en Rick Sijs (UvA).





---

# Samenvatting

In het kader van een beoordeling voor een mogelijke classificatie als driftreducerende doppen werden de doptypen Teejet XR11004VS en Teejet DG11004VS (Spraying Systems) beide bij 3 bar en Airmix 11003 (Agrotop) bij 2 bar onderzocht met enerzijds water als spuitvloeistof en anderzijds een 0,5% oplossing van Squall in water. De hulpstof Squall werd met een Raven doseringssysteem in de spuitleiding voor de spuitdop geïnjecteerd. De toevoeging van Squall aan de spuitvloeistof zorgt voor een grover druppelgroottespectrum en kan zodoende voor een extra driftreducerend effect zorgen.

Druppelgroottespectra werden gemeten met een Phase-Doppler Particle Analyser (PDPA, TSI) en een Visisizer (Oxford Lasers). De PDPA levert zogenaamde temporele spectra op die direct in het driftmodel IDEFICS te gebruiken zijn. De Visisizer levert zogenaamde spatiale spectra; deze werden omgerekend in temporele spectra om gebruikt te kunnen worden in het IDEFICS-model. Met IDEFICS werden driftdeposities op de evaluatiestrook bepaald (namelijk het wateroppervlak van een standaard akkerbouwsloot). De driftreductie van Teejet XR11004VS met de genoemde Squall-oplossing bedroeg 68% ten opzichte van een referentiebespuiting met doptype BCPC F/M bij 3 bar. Daarmee komt de Teejet XR11004VS in combinatie met deze Squall-oplossing in aanmerking voor classificatie als 50% driftreducerende dop (DRD50).

Voor de doptypen Teejet DG11004VS en Airmix 11003 werd het driftreducerend effect van de genoemde Squall-oplossing onderzocht in relatie tot een bespuiting met dezelfde doptypen met alleen water. Voor de Teejet DG11004VS bij 3 bar was deze driftreductie ten opzichte van water 54%, voor de Airmix 11003 bij 2 bar was deze reductie 76%. De combinatie Teejet DG11004VS (3 bar) met 0,5% Squall-oplossing kan zodoende een totale driftreductie van 77% geven ten opzichte van een referentiebespuiting. Daarmee komt dit doptype, mits in combinatie met de genoemde geïnjecteerde Squall-oplossing, in aanmerking voor classificatie als 75% driftreducerende dop (DRD75). Evenzo kan de combinatie Airmix 11003 (2 bar) met 0,5% Squall-oplossing een totale driftreductie van 94% opleveren ten opzichte van een referentiebespuiting. Daarmee komen dit doptype, mits in combinatie met de genoemde geïnjecteerde Squall-oplossing, in aanmerking voor classificatie als 90% driftreducerende dop (DRD90).

De Teejet XR11004VS (3 bar), Teejet DG11004VS (3 bar) en Airmix 11003 (2 bar) vallen met water als spuitvloeistof in verschillende DRD-klassen (resp. geen klasse, DRD50 en DRD75). De drie doptypen vertegenwoordigen drie verschillende groepen spleetdoppen, resp. gewone spleetdoppen, voorkamer-spleetdoppen en luchtinjectie of venturispleetdoppen. Met de 0,5% Squall-oplossing, geïnjecteerd met het Raven doseringssysteem, blijken deze doptypen één DRD-klasse hoger uit te vallen dan met water als spuitvloeistof.



---

# Summary

Nozzle types Teejet XR11004VS and Teejet DG11004VS (Spraying Systems) both at 3 bar and Airmix 11003 (Agrotop) at 2 bar were investigated to assess their potential classification as drift reducing nozzles, using two different spray liquids: tap water and a 0.5% solution of Squall in tap water. The Squall additive was injected into the spray liquid line to the nozzles using a Raven injection system. The Squall additive has a coarsening effect on the drop size distribution which leads to spray drift reduction with respect to that for aqueous water.

Drop size spectra were measured using a Phase-Doppler Particle Analyser (PDPA, TSI) and a Visisizer (Oxford Lasers). The PDPA system results in so-called temporal drop size spectra that can be used directly in the IDEFICS spray drift model. The Visisizer results in so-called spatial drop size spectra. From these spatial spectra corresponding temporal spectra could be derived, which could be used in the IDEFICS model. The IDEFICS spray drift model simulates field applications of pesticide sprays and results in downwind deposits of spray drift, particularly the deposits onto the water surface (evaluation zone) of a standardized ditch next to the treated field. With Teejet XR11004VS nozzles spraying the above mentioned Squall solution, the spray drift reduction on the evaluation zone was 68% compared to deposits of spray drift for a reference application using BCPC Fine/Medium threshold nozzles spraying tap water at 3 bar. Therefore, Teejet XR11004VS nozzles spraying the injected 0.5% squall solution can apply for classification as 50% drift-reducing nozzles (DRD50).

With nozzle types Teejet DG11004VS and Airmix 11003 the drift-reducing effect of the Squall solution was investigated compared to an application using the same nozzles while spraying water only. For Teejet DG11004VS nozzles at 3 bar, spraying the Squall solution gave a drift reduction of 54% compared to an application with water only. For Airmix 11003 nozzles at 2 bar, the drift reduction due to using the Squall solution was 76% compared to an application with water. From these relative reductions, a total drift reduction of at least 77% could be derived for Teejet DG11004VS nozzles spraying the 0.5% Squall solution at 3 bar, compared to the reference spray application mentioned above. Therefore, this nozzle type spraying the given Squall solution can apply for a classification as 75% drift-reducing nozzle (DRD75). Similarly, for Airmix 11003 nozzles spraying the Squall solution, a total drift reduction of 94% is derived compared to the reference spray application. Therefore, this nozzle type spraying the Squall solution can be classified as a 90% drift reducing nozzle (DRD90).

Nozzle types Teejet XR11004VS (at 3 bar), Teejet DG11004VS (at 3 bar) and Airmix 11003 (at 2 bar) belong to different drift reduction classes when water is applied, namely no class, DRD50 and DRD75, respectively. Also, these nozzle types represent three different groups of flat fan nozzles: conventional nozzles, pre-orifice nozzles and air-injection nozzles (venturi nozzles), respectively. The current investigation shows that the three nozzle types used can be classified one DRD class higher when applying a 0.5% Squall solution injected using the Raven dosing system, compared to an application with water.



---

# 1 Inleiding

Het Activiteitenbesluit Milieubeheer (I&M, 2012, 2017a) bepaalt dat bij bespuitingen van een gewas met veldspuitapparatuur het gehele veld bespoten moet worden met een 75% driftreducerende techniek (DRT75). Bijvoorbeeld een standaard veldspuit uitgerust met 75% driftreducerende doppen (DRD75). In de "Beoordelingssystematiek emissiereducerende maatregelen open teelt" (TCT, 2017) en de daarin beschreven testmethode "Meetprotocol vaststellen driftreductie spuitdoppen-versie 1 juli 2017" (I&M, 2017b) worden de eisen beschreven waaraan de spectra van spuitdoppen moeten voldoen om als driftarm te worden aangemerkt. Ook is hierin de toe te passen meetmethode vastgelegd. Driftarme doppen kunnen onderling behoorlijk verschillen in werkelijke driftreductie. Door de Technische Commissie Techniekbeoordeling (TCT, 2019) worden spuitdop-druk combinaties daarom ingedeeld in driftreductieklassen (DRD50, DRD75, DRD90, DRD95) voor gebruik in de verschillende driftreducerende technieken (DRT) en ter bepaling van de teeltvrije zone bij intensief gespoten gewassen.

Dit onderzoek omvat de metingen en berekeningen van het driftreducerende effect van de hulpstof Squall die door middel van een Raven injectiesysteem in de spuitleiding aan de tankoplossing wordt toegevoegd. Het driftreducerend effect van een Squall-oplossing is bepaald bij een bespuiting met de spleetdoptypen Teejet XR 11004 VS en Teejet DG 11004 VS (Spraying Systems) beide bij 3 bar en Airmix 11003 (Agrotop) bij 2 bar. Druppelgrootteverdelingen zijn gemeten met twee optische systemen bij de WUR en de Universiteit van Amsterdam (UvA), respectievelijk de Phase-Doppler Particle Analyser (PDPA) van TSI en de Visisizer van Oxford Lasers. De PDPA resulteerde in temporele druppelgroottespectra, direct geschikt voor toepassing in het driftmodel IDEFICS (Holterman *et al.*, 1997). De Visisizer resulteerde in spatiale druppelgroottespectra, die eerst omgerekend moesten worden tot temporele spectra. De druppelgroottespectra dienden als invoer in het driftmodel IDEFICS om de driftdepositie te bepalen op het wateroppervlak van een standaardsloot bij een dopafstand van 50 cm en spuitboomhoogte 50 cm boven het gewas. De berekende driftdeposities zijn vergeleken met de driftdeposities bij toepassing van referentiedoppen BCPC-F/M bij 3 bar of bij gebruik van de te onderzoeken doptypen maar met alleen water als spuitvloeistof. In het laatste geval kon aan de hand van de daaruit voortvloeiende driftreductie ten opzichte van een bespuiting met water is het driftreducerende effect van de Squall-oplossing worden bepaald. De methode is analoog aan de methode beschreven door Porskamp *et al.* (1999), ISO22369 (2006) en het meetprotocol voor de bepaling en de classificatie van de driftreductie van spuitdoppen (I&M, 2017b).

---

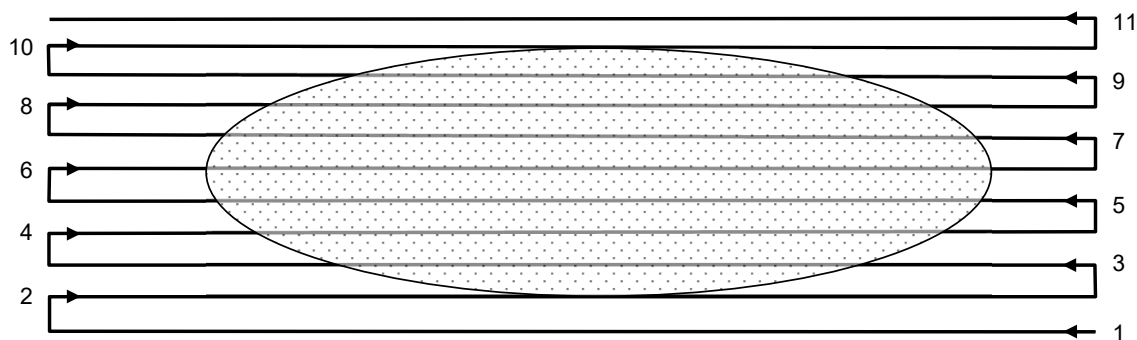
## 2 Materiaal en methoden

Van drie exemplaren van de doptypen Teejet XR 11004 VS, Teejet DG 11004 VS (Spraying Systems) en Airmix 11003 (Agrotop) werden het druppelgroottespectrum en de druppelsnelheden bepaald met behulp van de optische methoden phase-doppler anemometrie (PDA) en shadowgraphy (SG). De grensdop Fijn/Midden (F/M; Lurmark 31-03-F110 bij een spuitdruk van 3 bar) van de klassenindeling volgens de British Crop Protection Council (BCPC, Southcombe *et al.*, 1997) is gemeten met phase-doppler anemometrie; deze referentiedop wordt verder aangeduid als BCPC F/M. Als spuitvloeistof werd naast leidingwater ook een 0,5%-oplossing van het middel Squall in leidingwater toegepast. Squall-concentraat werd via een Raven doseerunit in de spuitleiding voor de spuitdop aan het water toegevoegd in een dusdanige dosering, dat bij de dop de concentratie 0,5% (naar volume) bedroeg. De met de Visisizer gemeten spectra zijn zogenaamde spatiale spectra. Deze werden eerst omgezet in temporele spectra, waarna ze gebruikt konden worden in het simulatiemodel IDEFICS-win (versie 0.421; Holterman *et al.*, 1997) om de verwachte drift naar een standaardsloot te berekenen voor een gestandaardiseerde volvelds bespuiting, te weten de depositie op de strook 2,125-3,125 m vanaf de buitenste spuitdop (overeenkomend met 1,625-2,625 m vanaf de gewasrand). Simulaties werden uitgevoerd voor een gestandaardiseerde bespuiting bij dophoogte 0,50 m boven het gewas is. Driftdepositie wordt uitgedrukt als percentage van de uitgebrachte dosering per oppervlakte-eenheid. Aan de hand van de berekende drift van de BCPC F/M referentiedop en de geteste dop-vloeistofcombinaties werden de combinaties beoordeeld naar het systeem van driftreductieclassen (volgens ISO22369 t.o.v. de BCPC F/M grensdop) volgens het classificatiesysteem van de TCT (TCT, 2017). Omdat het IDEFICS-model nog niet gevalideerd is voor de SG-techniek, kunnen de driftdeposities waarbij gebruik is gemaakt van spectra uit de SG-techniek voornamelijk alleen relatief gebruikt worden in onderlinge vergelijking. Dit betekent dat driftdeposities voor bespuitingen met een te onderzoeken doptype met een Squall-oplossing vergeleken werden met deposities voor een bespuiting met alleen water, om zo het driftreducerende effect van de Squall-oplossing te bepalen voor dat doptype. Gebruik makend van de reeds bekende DRD-classificatie van de doptypen met water als spuitvloeistof, kan een schatting gemaakt worden van het driftreducerend effect van de combinatie van doptype en Squall-oplossing ten opzichte van een referentiebespuiting.

### 2.1 Meetmethodiek druppelgrootte PDA

De metingen van druppelgroottes en druppelsnelheden volgens de PDA-techniek werden uitgevoerd met een Phase Doppler Particle Analyzer (PDPA, TSI). De spuitvloeistof was leidingwater van 20°C en een 0,5% oplossing van de Squall in leidingwater. De meetruimte werd ingesteld op een temperatuur van 20°C en een relatieve luchtvochtigheid van 70%.

Bij de metingen van het druppelgroottespectrum beschreef de doppositie een patroon van 11 parallelle banen (Figuur 1). De lengte van de banen en hun onderlinge afstand werden zodanig ingesteld, dat het banenpatroon het totale spuitpatroon goed afdekte. De snelheid waarmee het banenpatroon werd doorlopen, werd daarbij zodanig afgesteld, dat ten minste 10000 druppels per meting werden gemeten. De dophoogte boven het meetvlak was in de meeste gevallen 50 cm. In sommige gevallen, waar het verkrijgen van 10000 druppels een te lange meettijd zou vergen, is de dophoogte verlaagd naar 35 cm. De meethoogte boven de vloer bedroeg 70 cm. Van elk van de drie geselecteerde doppen werd het druppelgroottespectrum gemeten in drievoud.



**Figuur 1** *Patroon van de banen voor het scannen van de druppelgrootteverdeling in een horizontaal vlak 0,50 m onder een spuitkegel van een spleetdop. De baanlengte en de onderlinge baanafstand werden aangepast aan de spuitpatronen van de te meten doppen. Baan 6 is de middelste baan loodrecht onder de dop.*

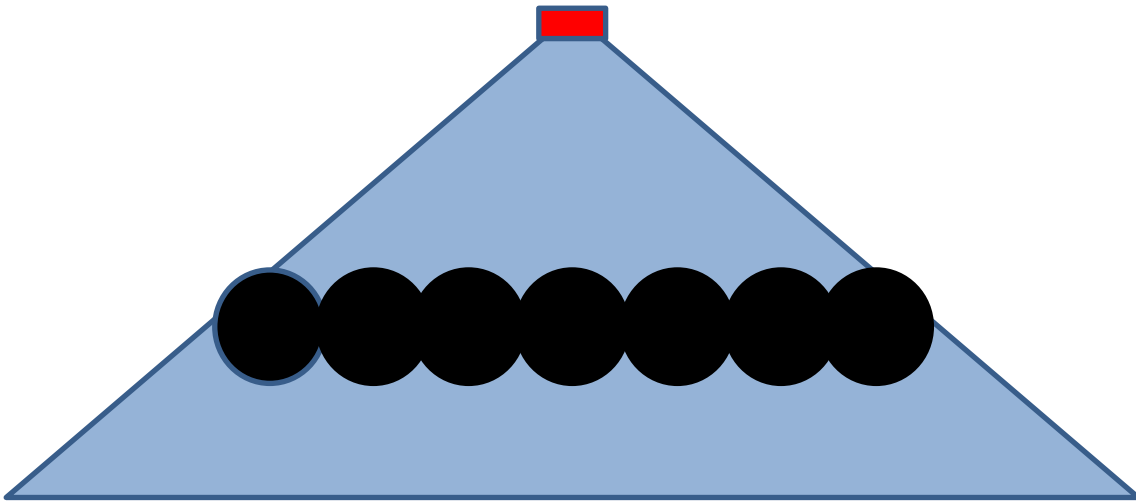
De resultaten van de druppelgroottemetingen worden gepresenteerd als de  $D_{V10}$ ,  $D_{V50}$ ,  $D_{V90}$ ,  $V_{100}$  en  $v_{gem}$ . Hieronder volgt een korte toelichting op deze begrippen:

- $D_{V10}$  [ $\mu\text{m}$ ]; 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  $D_{V90}$ ;
- $V_{100}$  [%]; volumepercentage van druppels met een diameter kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ ;
- $v_{gem}$  [m/s]; gemiddelde snelheid van alle gemeten druppels.

## 2.2 Meetmethodiek druppelgrootte SG

Gewoonlijk worden druppelgrootteverdelingen gemeten met een PDPA (zie boven). Het meetprincipe van de PDPA vereist dat de druppels rond en transparant zijn. Met name de tweede voorwaarde kan een probleem opleveren wanneer de spuitvloeistof een suspensie of emulsie is of anderszins niet homogeen is, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van kleine luchtbelletjes in de druppels. Wanneer een spuitvloeistof waaraan Squall is toegevoegd wordt verspoten met bijvoorbeeld een injectiedop of venturidop, is de kans groot dat er luchtbelletjes in de druppels zitten. Dat zal vooral bij de grotere druppels kunnen optreden. Inhomogene druppels worden door de PDPA niet of nauwelijks herkend, waardoor er naar verhouding meer kleinere druppels worden gemeten, wat leidt tot een schijnbaar fijner spectrum dan in werkelijkheid het geval is. Dit heeft consequenties voor de driftreductie-classificatie, die vermoedelijk lager zal uitvallen dan in werkelijkheid mogelijk is.

Daarom zijn ook druppelgroottemetingen gedaan met een SG-systeem waarbij de homogeniteit van druppels geen rol speelt. De Visisizer (Oxford Lasers) is zo'n systeem. Het is een beeldvormende techniek waarbij vooral naar de contouren van de druppels gekeken wordt. De metingen met de Visisizer zijn bij de UvA uitgevoerd, met dezelfde doppen en drukken als gebruikt in de PDPA-metingen en met dezelfde vloeistoffen als boven beschreven. De temperatuur in de meetruimte bedroeg 20°C. De relatieve luchtvochtigheid was 68% ( $\pm 3\%$ ). Om een beeld van de totale spuitkegel te verkrijgen, werden op 7 plaatsen in de spuitkegel metingen gedaan op 40 cm onder de dop, waarna de resultaten vervolgens zijn samengevoegd (zie Figuur 2). Op elk punt werden ten minste 7000 druppels gemeten. Na samenvoeging bestond het spectrum uit ten minste 49000 druppels. Van elk doptype werden van drie geselecteerde doppen telkens drie metingen gedaan. Naast de druppelgrootteverdeling werd tegelijkertijd ook de gemiddelde druppelsnelheid vastgesteld als functie van de diameter (ingedeeld in ca. 100 diameterklassen). De gebruikte doppen waren dezelfde exemplaren als ook met de PDPA zijn gemeten.



**Figuur 2** De meetposities voor de druppelgrootteverdeling in een horizontaal vlak 0,40 m onder een spuitkegel van een spleetdop; Oxford Lasers Visisizer systeem.

De resultaten van de Visisizer geven een zogenaamd spaciaal druppelgroottespectrum. Een dergelijk spectrum is representatief voor een lokale toestand of concentratie van deeltjes. Voor gebruik in het simulatiemodel IDEFICS is een zogenaamd temporeel spectrum nodig, dat representatief is voor fluxgebaseerde verdelingen, zoals depositie van deeltjes op een oppervlak. Een temporeel spectrum kan berekend worden uit een spaciaal spectrum door aan elk deeltje een gewichtsfactor toe te kennen die gelijk is aan de snelheid van dat deeltje. In praktijk is een goede benadering van deze methode mogelijk door het spectrum in een voldoende groot aantal diameterklassen in te delen en van elke klasse de gemiddelde deeltjesnelheid als weegfactor te gebruiken. Deze laatste methode is toegepast op de spectra van de Visisizer.

## 2.3 Meetmethodiek entrainment

Voor de bepaling van het snelheidsverloop van druppels in de spuitkegel, zijn metingen uitgevoerd met een PDPA-systeem (TSI), zowel met water als met de Squall-oplossing bij gebruik van dezelfde doppen als in de bepalingen van de druppelgrootteverdelingen. De meetruimte werd ingesteld op een temperatuur van 20°C en een relatieve luchtvochtigheid van 70%. De puntmetingen zijn uitgevoerd in het centrum van elke spuitkegel op 4, 6, 9, 12, 15, 20, 25 en 30 cm midden onder de dop. De meetresultaten bestonden uit de verticale snelheid en de diameter van elke gedetecteerde druppel. Hieruit werd de gemiddelde druppelsnelheid afgeleid als functie van druppelgrootte en afstand onder de dop. Deze resultaten werden vervolgens gebruikt om voor het IDEFICS driftmodel de entrainment te bepalen (de luchtstromingen in de spuitkegel) en de beginsnelheid van druppels bij het verlaten van de spuitdop, zowel voor water als voor Squall-oplossing als spuitvloeistof.

De PDPA was tijdens de metingen als volgt ingesteld:

- Laser uitgangsvermogen 600-700 mW
- Focus frontlens transmitter 1000 mm
- Focus frontlens detector 1000 mm
- Expander/contractor contractor
- Detectiehoek 40°
- Detectorspanning 520 V
- Signaaldrempel 70 mV
- Meetbereik 5 – 1250 µm
- Diameter resolutie 2,4 µm
- Probe Volume Correction ja

Het uitgangsvermogen van de laser werd vooraf aan elke meting gecontroleerd en zo nodig bijgesteld. Ook de inkoppeling van de laserstralen in de glasvezels in de zogenaamde 'fiber-drive' werden



voorafgaande aan elke meting gecontroleerd. Deze mechanische koppeling is zeer gevoelig voor temperatuurveranderingen en trillingen. Daarbij was steeds het lokale laservermogen ter plaatse van de feitelijke meting leidend: dit vermogen werd constant gehouden op een waarde van 13,5  $\mu$ W. Het uitgangsvermogen van de laser werd zo nodig bijgesteld om het lokale vermogen in het meetvolume constant te houden.

## 2.4 Modelberekeningen

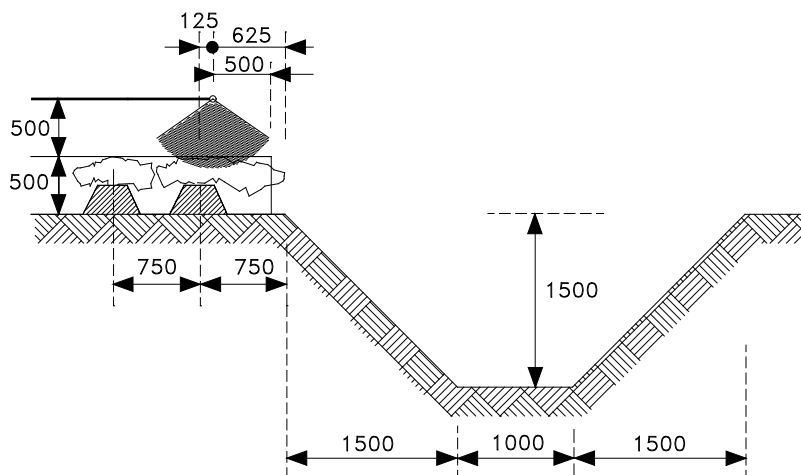
De resultaten van de metingen van de druppelgrootteverdeling en de druppelsnelheden werden als invoer in het driftmodel IDEFICS-win (versie 0.421) gebruikt. Voor de modelberekeningen werd van de volgende veronderstellingen uitgegaan:

- afstand tussen doppen aan de spuitboom: 50 cm
- plaats van de laatste spuitdop 50 cm binnen het gewas \*;
- een gewashoogte van 50 cm;
- spuitboomhoogte 50 cm boven het gewas;
- rijnsnelheid 1,67 m/s (= 6,0 km/u);
- rijrichting evenwijdig aan de gewasrand;
- windrichting loodrecht op de gewasrand van het gewas af gericht;
- windsnelheid 3 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 aflopende gewasrand de afstand van de laatste dop tot de gewasrand afgerond op 50 cm (zie Figuur 3).

De volvelds simulaties zijn in vijfvoud uitgevoerd, met 30.000 druppels per dop, voor 14 doppen verdeeld over de spuitboom. Door middel van interpolatie en extrapolatie voor niet gesimuleerde doppen is een simulatie van een volvelds bespuiting mogelijk. Ook de simulaties met de referentiedop zijn in vijfvoud uitgevoerd.

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



**Figuur 3**    Overzicht van de situatie voor de modelberekeningen bij een gewas aardappelen (afmetingen in mm).

---

## 2.5 Indeling in driftreductieklassen

De driftreductie is berekend analoog aan de methode van Porskamp *et al.* (1999) ten opzichte van een referentiedop BCPC F/M en zoals weergegeven in het meetprotocol (I&M, 2017b). Het referentiespectrum is op dezelfde dagen gemeten als waarop de druppelgroottemetingen van de onderzochte dooptypen zijn uitgevoerd. Met de Visisizer zijn geen metingen gedaan met de referentiedop BCPC-F/M, maar wel is de Teejet XR 11004 gemeten, zowel met water als met de Squall-oplossing. Het druppelgroottespectrum van de Teejet XR 11004 VS met water ligt dicht bij dat van de BCPC-F/M.

Er is enige statistische spreiding te verwachten in zowel het gemiddelde druppelgroottespectrum (wat gevolgen heeft voor de berekende drift) als in de resultaten van de driftberekeningen op zich. De daaruit voortvloeiende variatiecoëfficiënt blijkt minder dan 3% te zijn. Bij de indeling van dop-drukcombinaties in driftreductieklassen is hiermee in deze rapportage geen rekening gehouden. Analooq aan de klassenindelingen in Duitsland (Ganzelmeier en Rautmann, 2000) en Engeland (Gilbert, 2000) en de beoordeling van resultaten van veldproeven (ISO-22369, 2006; I&M, 2017c) is uitgegaan van de absolute waarden 50, 75, 90 en 95% voor het vastleggen van de grenzen van de reductieklassen.

## 3 Meetresultaten

### 3.1 Druppelgroottespectrum

In Tabel 2 is het gemiddelde van de karakteristieke grootheden voor de Teejet XR11004VS met water en met Squall-oplossing gegeven, zoals bepaald met de PDPA. De bijbehorende metingen van de BCPC F/M referentiedop zijn ook in deze tabel opgenomen. De meetwaarden van de individuele metingen staan in Bijlage 1 en 2.

**Tabel 1** Samenvatting van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de Teejet XR11004VS bij 3 bar met water en met 0,5%(v/v) Squall-oplossing geïnjecteerd in de spuitleiding. Gemeten met PDPA.

Doctype/vloeistof	D <sub>V10</sub> [μm]	D <sub>V50</sub> [μm]	D <sub>V90</sub> [μm]	V <sub>100</sub> [%]	V <sub>gem</sub> [m/s]	Tophoek [°]	Gem. aantal druppels
XR11004 water	130	261	416	4.27	2.9	118	26600
XR11004 squall	186	414	669	1.60	3.1	101	13100
BCPC F/M water	131	241	395	3.88	3.0	110	17900

Voor de beoordeling van dooptypen voor het verkrijgen van de status driftarm is de waarde van V<sub>100</sub> van belang. De gemiddelde waarde van de V<sub>100</sub> voor de referentiedop is 3,88%. Daaruit volgt dat de kritische grens voor de status driftarm op 1,94% uitkomt. Uit Tabel 2 blijkt dat dooptype Teejet XR11004VS met water niet driftarm is (wat ook al bekend was). Hetzelfde dooptype met een 0,5% Squall-oplossing is wel driftarm omdat de bijbehorende V<sub>100</sub>-waarde onder de genoemde kritische grenswaarde valt. Dooptype Teejet XR11004VS in combinatie met 0,5% Squall in water komt daarom bij een druk van 3 bar in aanmerking voor de status driftarm volgens het Activiteitenbesluit Milieubeheer.

In Tabel 2 is het gemiddelde van de karakteristieke grootheden voor de Teejet DG11004VS en Airmix 11003 met water en met Squall-oplossing gegeven, voor de temporele spectra afgeleid uit de spatiale spectra gemeten met de Visisizer. Ter vergelijking zijn ook de waarden van de Teejet XR11004VS opgenomen, eveneens gemeten met de Visisizer. De meetwaarden van de individuele metingen staan in Bijlage 3.

**Tabel 2** Samenvatting van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de Teejet DG11004VS bij 3 bar en Airmix 11003 bij 2 bar, met water en met 0,5% Squall-oplossing. Visisizer metingen omgewerkt tot temporele spectra.

Doctype/vloeistof	Druk [kPa]	D <sub>V10</sub> [μm]	D <sub>V50</sub> [μm]	D <sub>V90</sub> [μm]	V <sub>100</sub> [%]	Tophoek [°]
XR11004 water	300	138	223	378	3.46	118
XR11004 squall	300	191	414	720	0.89	101
DG11004 water	300	161	273	457	1.32	111
DG11004 squall	300	190	387	682	0.66	101
AM11003 water	200	238	448	700	0.27	99
AM11003 squall	200	358	681	1028	0.05	69

Ook nu kan eerst naar de  $V_{100}$  gekeken worden. De Teejet DG11004VS (water) bij 3 bar heeft al de classificatie DRD50 (TCT, 2019). De DG11004VS met Squall-oplossing heeft een  $V_{100}$  die kleiner is dan die voor water en voldoet dus ten minste ook aan de DRD50 randvoorwaarden. Evenzo heeft de Airmix 11003 bij 2 bar de status DRD75; dezelfde dop met Squall-oplossing heeft een  $V_{100}$  die lager is, en voldoet dus ten minste ook aan de status DRD75.

## 3.2 Modelberekeningen en indeling in driftreductieklasse

In Tabel 3 zijn de resultaten van de driftberekeningen samengevat voor de XR11004VS op basis van spectra gemeten met de PDPA. De aangegeven driftdepositie is de depositie op de standaardsloot, als percentage van de uitgebrachte dosering. De aangegeven driftreducties gelden ten opzichte van de driftdepositie als de spuit uitgerust zou zijn met referentiedoppen (BCPC F/M) met water als spuitvloeistof. De standaarddeviaties in de simulaties zijn erg klein, waarmee de fout in de reducties minder dan 1% bedraagt voor de XR11004 met Squall-oplossing. De XR11004 met Squall geeft bij 3 bar een driftreductie van 68% en valt zodoende in de driftreductieklasse 50%. Dit is één DRD-klasse hoger dan de beoordeling 'geen DRD-klasse' voor water als spuitvloeistof. Als het effect van Squall apart wordt bekeken, geeft de Squall-oplossing een driftreductie van 71% ten opzichte van hetzelfde doptype met water als spuitvloeistof.

**Tabel 3** Berekende driftdepositie en percentage driftreductie op de strook 2,125-3,125 m vanaf de laatste spuitdop voor Teejet XR11004VS met water en met 0,5% Squall oplossing ten opzichte van de referentiedop BCPC-F/M; bijbehorende indeling in driftreductieklassen.

Doptype	Vloeistof	Driftdepositie [%dosering]	Stand.dev [%dosering]	Reductie [%]	Driftreductieklasse			
					50%	75%	90%	95%
BCPC F/M	Water	1.540	0.053	-				
XR11004	Water	1.696	0.032	-10				
XR11004	0,5% Squall	0.496	0.012	68	X			

In Tabel 4 zijn de resultaten van de driftberekeningen samengevat voor de doptypen die met de Visisizer zijn gemeten, inclusief die voor de Teejet XR11004VS als vergelijking. Omdat het IDEFICS-model niet gevalideerd is voor spectra van de Visisizer, zijn de aangegeven driftdeposities niet als absolute waarden bruikbaar. Wel kunnen ze in relatieve zin, dat wil zeggen in onderlinge vergelijking, gebruikt worden. Dat is bijvoorbeeld in de kolom driftreductie gedaan: hier wordt de driftreductie gegeven bij toepassing van de Squall-oplossing in vergelijking met alleen water als spuitvloeistof.

Ter vergelijking zijn de  $V_{100}$ -waarden uit Tabel 2 overgenomen. De kolom  $V_{100}$ -reductie geeft de reductie in  $V_{100}$  voor de Squall-oplossing ten opzichte van water als spuitvloeistof. Driftreductie en  $V_{100}$ -reductie liggen in dezelfde orde van grootte, wat bevestigt dat  $V_{100}$  een belangrijke grootheid is in de bepaling van driftdeposities op de evaluatiestrook.

De Teejet DG11004VS met water heeft reeds de status DRD50 bij 3 bar, dus geeft ten minste 50% driftreductie ten opzichte van de referentiedop op de evaluatiestrook. Door toepassing van de Squall-oplossing is volgens Tabel 4 een extra driftreductie van 54% mogelijk. De totale reductie van de DG11004VS bij 3 bar met Squall-oplossing bedraagt dan ten minste 77%, ofwel deze valt binnen de DRD75 classificatie. Dit is aangegeven met Y in Tabel 5. Het gebruik van de Squall-oplossing leidt tot een beoordeling die één DRD-klasse hoger is dan met water als spuitvloeistof.

De Airmix 11003 met water heeft de status DRD75 bij 2 bar. Dat wil zeggen de driftreductie is ten minste 75% ten opzichte van de referentiedop. Door gebruik van de Squall-oplossing is een extra reductie van 76% mogelijk (Tabel 4). De gecombineerde reductie is dan 94%, ofwel deze valt binnen de status DRD90. Ook nu leidt het toepassen van de Squall-oplossing tot een beoordeling die één DRD-klasse hoger is dan voor water als spuitvloeistof.

**Tabel 4** Berekende driftdepositie op de strook 2,125-3,125 m vanaf de laatste spuitdop voor Teejet DG11004VS bij 3 bar en Airmix 11003 bij 2 bar, met water en met 0,5% Squall oplossing. Driftreducties zijn bepaald ten opzichte van de deposities met water als spuitvloeistof. Ter vergelijking zijn ook de waarden voor Teejet XR11004VS opgenomen. Gebaseerd op spectra gemeten met Visisizer.

Doctype	Vloeistof	Druk [kPa]	Driftdepositie [%dosering] <sup>1</sup>	Driftreductie [%] <sup>2</sup>	V <sub>100</sub> [%] <sup>3</sup>	V <sub>100</sub> reductie [%] <sup>4</sup>
XR11004	Water	300	0.650		3.46	
XR11004	0,5% Squall	300	0.109	83	0.89	74
DG11004	Water	300	0.275		1.32	
DG11004	0,5% Squall	300	0.128	54	0.66	50
AM11003	Water	200	0.074		0.27	
AM11003	0,5% Squall	200	0.018	76	0.05	80

<sup>1</sup> relatieve driftdeposities, niet in absolute zin bruikbaar

<sup>2</sup> reductie in driftdepositie van Squall-oplossing ten opzichte van bespuiting met alleen water

<sup>3</sup> V<sub>100</sub> waarden overgenomen uit Tabel 2

<sup>4</sup> reductie in V<sub>100</sub> van Squall-oplossing ten opzichte van water als spuitvloeistof

**Tabel 5** Driftreducties van de Teejet DG11004VS bij 3 bar en Airmix 11003 bij 2 bar, voor de 0,5% Squall-oplossing, gebaseerd op vergelijking met water als spuitvloeistof.

Doctype	Vloeistof	Druk [kPa]	Reductie door Squall [%] <sup>1</sup>	Gecombineerde reductie [%] <sup>2</sup>	Driftreductieklasse <sup>3</sup>			
					50%	75%	90%	95%
DG11004	Water	300		50	X			
DG11004	0,5% Squall	300	54	77		Y		
AM11003	Water	200		75		X		
AM11003	0,5% Squall	200	76	94			Y	

<sup>1</sup> reductie in driftdepositie van Squall-oplossing ten opzichte van bespuiting met alleen water

<sup>2</sup> gecombineerde reductie t.b.v. classificatie, zie tekst

<sup>3</sup> classificatie naar driftreductie: X: volgens DRD-lijst (Helpdeskwater, 2019); Y: op basis van extra driftreducerend effect van de Squall-oplossing

---

## 4 Discussie

Het simulatiemodel IDEFICS kan worden gebruikt voor de classificatie van spuitdoppen in driftreductieklassen. Het model is gevalideerd aan de hand van experimentele driftstudies. Voor de validatie van het model was tevens het druppelgroottespectrum van de in de experimenten gebruikte spuitdoppen nodig. Deze druppelgroottespectra werden bepaald met behulp van een PDPA-systeem. In principe kunnen druppelgroottespectra ook met andere technieken bepaald worden. In het verleden bleek het erg moeilijk dergelijke methoden onderling uitwisselbaar te maken, aangezien de methoden niet gelijke resultaten opleverden, terwijl er ook geen geschikte absolute ijkmethode voorhanden was of is om de verschillende methoden te ijken. Zodoende is de gangbare procedure van dopclassificatie met het driftmodel IDEFICS goed bruikbaar maar impliciet afhankelijk van de spectra uit de PDPA-techniek.

Bij het meten van druppelspectra met de PDPA bij gebruik van Squall-oplossingen ontstond twijfel over de juistheid van de resultaten. De PDPA-techniek vereist dat de druppels rond en transparant zijn. Met name aan de tweede voorwaarde is mogelijk niet voldaan. De Squall-oplossing, zeker bij gebruik van luchtinjectiedoppen of venturidoppen, produceert druppels waarin vermoedelijk luchtbelletjes aanwezig zijn, waardoor de druppels niet meer voldoende transparant zijn. Niet-transparante druppels worden door de PDPA slechts moeilijk herkend. De kans op veel luchtbellen is vooral bij grotere druppels aanwezig, waardoor de resultaten van de PDPA-metingen een bias zullen hebben naar kleinere druppels. Ofwel, het resulterende druppelgroottespectrum is schijnbaar fijner dan het in werkelijkheid is. Dit heeft consequenties voor de driftreductieclassificatie, die vermoedelijk lager zal zijn dan in werkelijkheid mogelijk is.

De Visisizer van Oxford Lasers maakt niet gebruik van de transparantie van druppels, maar gebruikt alleen de contouren van de druppels. De bovengenoemde bias naar kleinere druppels is daarom niet aanwezig. Het gemeten spectrum met de Visisizer is een spatiaal spectrum en geeft in feite de ruimtelijke concentratie van druppels. Voor depositiebepaling is de flux van deeltjes (de hoeveelheid druppels die gedurende een bepaalde tijd door een denkbeeldig venster stromen) van belang. Dit temporele spectrum kan worden afgeleid uit het spatiale spectrum als de snelheid van de druppels (als functie van hun diameter) bekend is. Met de Visisizer was de gemiddelde snelheid van druppels meetbaar voor voldoende diameterklassen van de druppels. Daarmee was een temporeel spectrum te bepalen uit de resultaten van de Visisizer.

Hierboven is de validatiestatus van IDEFICS genoemd, waarbij gebruik is gemaakt van PDPA-spectra. Om resultaten van bijv. de Visisizer te kunnen gebruiken (als PDPA-resultaten onbetrouwbaar zouden worden) voor absolute bepaling van driftdepositie, zou het IDEFICS-model opnieuw geijkt moeten worden met spectra uit de Visisizer. Dit is geen eenvoudige zaak en valt buiten de scope van het huidige project. Dit betekent dat aan de absolute driftdeposities in dit rapport geen waarde mag worden toegekend. Maar in een onderlinge vergelijking kunnen ze wel betekenis hebben. Aangezien er geen meettechnische problemen zijn met de PDPA wanneer water als spuitvloeistof wordt gebruikt, moeten resultaten van PDPA en Visisizer ten minste onderling een lineair verband geven, zowel in  $V_{100}$  als in driftdeposities (wanneer spectra van zowel PDPA als Visisizer gebruikt worden in IDEFICS). In dat geval zullen relatieve driftreducties namelijk gelijk zijn voor beide technieken. In Bijlage 4 is een vergelijking gemaakt van de resultaten met de PDPA en de Visisizer. Uit deze vergelijking bleek dat er een lineair verband was tussen  $V_{100}$ -waarden van de PDPA en die van de Visisizer. Ook driftdeposities gaven een nagenoeg lineair verband te zien. Deze vergelijking ondersteunt daarmee de validiteit van de gebruikte methode van een relatieve beoordeling van het driftreducerend effect van Squall op basis van Visisizer-metingen.

---

## 5 Conclusie

De doptypen Teejet XR11004 VS en Teejet DG11004VS (Spraying Systems) bij 3 bar en Airmix 11003 (Agrotop) bij 2 bar zijn onderzocht met enerzijds water als spuitvloeistof en anderzijds een 0,5% oplossing van Squall in water. De hulpstof Squall werd hierbij met een Raven doseringssysteem in de spuitleiding voor de spuitdop geïnjecteerd. Aangezien de bepaling van druppelgroottespectra met een PDPA-systeem in sommige gevallen op mogelijke meettechnische problemen stuitte, werden de benodigde spectra voor Teejet DG11004VS en Airmix 11003 bepaald met een Visisizer van Oxford Lasers. Deze spectra konden geschikt worden gemaakt voor gebruik in het driftmodel IDEFICS. Echter IDEFICS is niet gevalideerd voor Visisizer-spectra, waardoor de driftdeposities niet in absolute zin bruikbaar waren, maar alleen in een onderlinge vergelijking.

Op basis van berekeningen van de driftdepositie naar het wateroppervlak van een standaardsloot is de driftreductie ten opzichte van een referentiebespuiting bepaald voor de Teejet XR11004VS met de beide genoemde spuitvloeistoffen bij een spuitdruk van 3 bar, een spuitboomhoogte 50 cm boven het gewas en een dopafstand van 50 cm. De combinatie Teejet XR11004VS met Squall-oplossing leverde een driftreductie van 68% op ten opzichte van een referentiebespuiting, waarmee de combinatie kon worden ingedeeld in de driftreductieklasse 50% (DRD50). Dit doptype heeft met water als spuitvloeistof geen driftreducerende status.

Voor de Teejet DG11004VS bleek het gebruik van de Squall-oplossing 54% relatieve driftreductie te geven ten opzichte van de driftdepositie bij een bespuiting met dezelfde doppen met alleen water als spuitvloeistof, bij 3 bar spuitdruk. Dit doptype heeft voor water al een classificatie van DRD50. De combinatie Teejet DG11004VS bij 3 bar met een 0,5% Squall-oplossing kan zodoende een absolute driftreductie van 77% geven ten opzichte van een referentiebespuiting en daarmee de status DRD75 bereiken.

Evenzo geeft voor doptype Airmix 11003 bij 2 bar het gebruik van de 0,5% Squall-oplossing een relatieve reductie van 76% op de driftdepositie van alleen water. Dit doptype heeft met water al een DRD75-status. De combinatie van de Airmix 11003 bij 2 bar met 0,5% Squall-oplossing kan zodoende een absolute driftreductie geven van 94% ten opzichte van een referentiebespuiting en daarmee de status DRD90 bereiken.

De doptypen Teejet XR11004VS (3 bar), Teejet DG11004VS (3 bar) en Airmix 11003 (2 bar) vallen met water als spuitvloeistof in drie verschillende DRD-klassen, respectievelijk geen klasse, DRD50 en DRD75. Ook vertegenwoordigen zij drie verschillende groepen spleetdoppen, namelijk resp. gewone spleetdoppen, voorkamerspleetdoppen en luchtinjectie- of venturidoppen. De resultaten laten zien dat de drie onderzochte doptypen een DRD-beoordeling kunnen krijgen die één klasse hoger is wanneer een geïnjecteerde 0.5% Squall-oplossing als spuitvloeistof wordt gebruikt.

Het gebruik van druppelgroottespectra uit andere technieken dan de PDPA is in principe mogelijk voor toepassing in driftberekeningen. Op dit moment is de driftdepositie bij gebruik van dergelijke spectra nog niet als absolute waarde te gebruiken, omdat een validatie van de combinatie van deze spectra met het IDEFICS-model ontbreekt. Ook voor verder gebruik van deze nieuwe aanpak met spectra uit andere meettechnieken is nader onderzoek nodig om de methodiek verder te ontwikkelen en de betrouwbaarheid ervan verder te bevestigen.

---

# Literatuur

- Ganzelmeier, H. & Rautmann D., 2000. Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. Aspects of Applied Biology 57, Pesticide application, 2000, p1-10.
- Gilbert, A.J., 2000. Local Environmental Risk Assessment for Pesticides (LERAP) in the UK. Aspects of Applied Biology 57, Pesticide Application, 2000, p83-90.
- Holterman, H.J., J.C. van de Zande, H.A.J. Porskamp en J.F.M. Huijsmans, 1997. Modelling spray drift from boom sprayers. Computers and Electronics in Agriculture 19(1997): p1-22.
- 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, IMAG, Wageningen, 38 pp.
- I&M, 2012. Activiteitenbesluit Milieubeheer, Staatsblad 2012 441/643
- I&M, 2017a. Wijziging van het Activiteitenbesluit milieubeheer in verband met de vermindering van emissies van gewasbeschermingsmiddelen in de glastuinbouw en open teelten. Staatsblad 23 juni 2017. 305
- I&M, 2017b. Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van spuitdoppen voor neerwaartse en op- en zijwaartse bespuiting - versie 1 juli 2017. Op Helpdeskwater.nl.
- I&M, 2017c. Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van neerwaartse en op- en zijwaartse spuittechnieken - versie 1 juli 2017. Op Helpdeskwater.nl.
- ISO-22369, 2006. Crop protection equipment – Drift classification of spraying equipment. Part 1. Classes. International Organization for Standardization, Geneva.
- Porskamp, H.A.J., J.C. van de Zande, H.J. Holterman en J.F.M. Huijsmans, 1999. Opzet van een classificatiesysteem voor spuitdoppen op basis van driftgevoeligheid. IMAG-DLO Rapport 99-02, IMAG, Wageningen, 22 pp.
- Southcombe, E.S.E., P.C.H. Miller, H. Ganzelmeier, J.C. van de Zande, A. Miralles & A.J. Hewitt, 1997. The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 1997. November 1997. Brighton. UK. p.371-380.
- TCT, 2017. Beoordelingssystematiek emissiereducerende maatregelen open teelt. Op Helpdeskwater.nl.
- TCT, 2019. Lijst met indeling van spuitdoppen in Driftreducerende Dop-klassen (DRD-lijst). Op Helpdeskwater.nl.



# Bijlage 1    Overzicht metingen XR11004

Overzicht van meetresultaten voor de Teejet XR11004VS bij 3 bar met water en Squall-oplossing verkregen uit PDPA-metingen.

Run	Doptype	Dop nr.	Dv10 [µm]	Dv50 [µm]	Dv90 [µm]	V100 [%]	Vgem [m/s]	Aantal druppels
1	XR 11004 water	1	127	252	414	4.30	2.79	26036
2		2	131	258	406	4.04	2.89	25314
3		3	129	259	417	4.14	2.84	27155
4		1	127	258	414	4.50	2.87	26096
5		2	127	254	405	4.64	2.87	27994
6		3	132	267	423	4.01	2.95	25863
7		1	130	265	425	4.28	2.94	27241
8		2	130	262	412	4.25	2.91	27059
9		3	129	259	410	4.27	2.93	26627
		Gem.	129	259	414	4.27	2.89	26598
10	XR 11004 Squall	1	180	420	715	1.80	3.14	13832
11		2	186	412	651	1.60	3.18	13575
12		3	186	410	658	1.56	3.13	12646
13		1	182	412	669	1.71	3.10	13445
14		2	186	414	647	1.64	3.13	13540
15		3	180	399	650	1.62	3.06	13464
16		1	193	426	709	1.40	3.17	12455
17		2	192	418	708	1.42	3.10	12669
18		3	177	403	640	1.69	2.87	12393
		Gem.	185	413	672	1.60	3.10	13113

## Bijlage 2    Overzicht metingen BCPC F/M

Overzicht van meetresultaten voor referentiedop BCPC-F/M verkregen uit PDPA-metingen.

Run	Doctype	Dv10 [µm]	Dv50 [µm]	Dv90 [µm]	V100 [%]	Vgem [m/s]	Aantal druppels
1	BCPC F/M water	130	240	408	3.83	3.13	18133
2		131	236	394	3.72	3.03	18610
3		130	236	400	3.77	3.11	18021
4		127	233	373	4.00	3.02	19334
5		128	234	392	3.91	3.04	18927
6		128	234	389	3.95	3.10	19206
7		128	238	392	3.95	2.96	18825
8		130	239	394	3.85	3.02	18490
9		130	235	405	3.89	2.97	17661
10		130	245	394	4.02	3.03	17802
11		132	246	399	3.76	3.02	17495
12		131	242	392	3.65	3.04	17246
13		129	236	390	3.93	2.90	18056
14		130	241	404	3.92	3.00	17941
15		127	235	385	4.14	2.90	18651
16		129	239	383	3.97	3.05	18183
17		129	237	389	4.17	2.99	18035
18		130	240	398	3.90	2.94	18588
19		132	235	390	3.72	3.00	17901
20		132	247	395	3.63	3.07	17670
21		133	242	394	3.51	3.07	16300
22		131	245	403	3.75	3.08	17142
23		129	242	402	4.15	3.11	17554
24		132	245	401	3.66	3.12	16127
25		131	245	390	3.74	3.10	16743
26		129	236	375	4.22	3.05	17301
27		132	242	402	3.93	3.03	16544
28		130	242	403	4.10	3.08	17377
29		128	239	395	4.27	2.94	17967
Gem.		130	240	394	3.90	3.03	17856

## Bijlage 3    Overzicht metingen Visisizer

**Tabel 3.1**    Afzonderlijke druppelgroottemetingen met Teejet XR 11004 VS bij 3 bar.

Run	Doptype	Dop nr.	Dv10 [µm]	Dv50 [µm]	Dv90 [µm]	V100 [%]	Aantal druppels
1	XR 11004 water	1	140	220	359	3.35	53024
2		2	138	218	365	3.57	53019
3		3	140	217	367	3.45	53014
4		1	137	224	371	3.55	45018
5		2	137	231	394	3.51	45004
6		3	135	221	376	3.81	45029
7		1	138	223	394	3.48	45007
8		2	140	231	390	3.18	45023
9		3	140	227	387	3.23	45011
gemiddeld			138	223	378	3.46	47683
10	XR 11004 Squall	1	194	394	681	0.78	39012
11		2	194	411	690	0.70	39013
12		3	192	404	711	0.73	39003
13		1	191	397	674	0.82	39006
14		2	191	406	727	0.95	39004
15		3	192	421	737	0.96	39004
16		1	193	444	820	0.94	39007
17		2	190	438	731	1.07	39005
18		3	186	407	705	1.04	39004
gemiddeld			191	414	720	0.89	39006

**Tabel 3.2**    Afzonderlijke druppelgroottemetingen met Teejet DG 11004 VS bij 3 bar.

Run	Doptype	Dop nr.	Dv10 [µm]	Dv50 [µm]	Dv90 [µm]	V100 [%]	Aantal druppels
1	DG 11004 water	1	166	276	448	0.81	49034
2		2	167	279	447	0.94	49039
3		3	167	274	444	0.79	49022
4		1	157	268	460	1.48	48970
5		2	160	266	443	1.35	49021
6		3	160	267	450	1.23	49015
7		1	154	276	473	2.06	49016
8		2	156	276	486	1.52	48984
9		3	156	275	462	1.70	49046
gemiddeld			161	273	457	1.32	49016
10	DG 11004 Squall	1	189	375	673	0.43	43035
11		2	191	383	657	0.50	43025
12		3	192	380	700	0.45	43029
13		1	199	391	692	0.53	43028
14		2	196	406	707	0.59	43019
15		3	199	402	675	0.53	43012
16		1	181	378	683	0.92	43046
17		2	181	386	669	1.02	43030
18		3	179	384	680	0.98	43053
gemiddeld			190	387	682	0.66	43031

**Tabel 3.3** Afzonderlijke druppelgroottemetingen met Airmix 11003 bij 2 bar.

Run	Doptype	Dop nr.	Dv10 [µm]	Dv50 [µm]	Dv90 [µm]	V100 [%]	Aantal druppels
1	Airmix 11003 water	1	238	456	724	0.31	49034
2		2	237	446	706	0.31	49062
3		3	236	446	690	0.27	49036
4		1	237	442	692	0.28	49063
5		2	238	442	696	0.22	49061
6		3	236	445	692	0.23	49065
7		1	241	457	711	0.26	49067
8		2	240	447	692	0.26	49054
9		3	240	447	697	0.28	49128
gemiddeld			238	448	700	0.27	49063
10	Airmix 11003 Squall	1	376	697	1017	0.05	43040
11		2	352	674	1019	0.06	39011
12		3	360	675	1031	0.05	39011
13		1	359	680	1032	0.05	39029
14		2	360	681	1052	0.06	39023
15		3	357	679	1014	0.05	39013
16		1	350	675	1005	0.07	39032
17		2	355	678	1041	0.05	39024
18		3	355	687	1041	0.06	39055
gemiddeld			358	681	1028	0.05	39471

## Bijlage 4 Vergelijking PDPA en Visisizer

De mogelijkheden om te checken of spectra verkregen met de Oxford Lasers Visisizer geschikt zijn om tot een verantwoorde beoordeling te komen van drift en driftreducties, zijn beperkt. De tot temporele spectra omgerekende resultaten van de Visisizer kunnen vergeleken worden met de spectrumresultaten van de PDPA. Bij water als spuitvloeistof levert de PDPA geen meettechnisch probleem op, dus in principe moeten de spectra van PDPA en Visisizer voor water onderling vergelijkbaar zijn. Omdat  $V_{100}$  een belangrijke factor is in de bepaling van driftdeposities, is deze grootte een logische eerste keus om te vergelijken voor de beide meettechnieken. In Tabel 4.1 staan de  $V_{100}$  waarden bepaald met PDPA en Visisizer (VIS) naast elkaar. Als vierde doctype werd ook de Agrotop TDXL 11006 bij 3 bar gemeten; met de PDPA echter niet met de Squall-oplossing. Voor de vergelijking van resultaten op basis van PDPA en Visisizer is het wel zinvol ook de beschikbare resultaten voor de TDXL11006 mee te nemen. De  $v_{100}$ -waarden uit de tabel zijn in Figuur 4.1 tegen elkaar uitgezet, opgesplitst naar water en Squall-oplossing als spuitvloeistof. De metingen met water laten een lineair verband zien tussen de resultaten voor PDPA en Visisizer. De  $V_{100}$  uit de PDPA zijn ongeveer 25% hoger dan die bepaald met de Visisizer. Voor de Squall-oplossing is ook een lineair verband te zien, maar dat gaat niet door de oorsprong van de grafiek. Het lineaire verband tussen de  $V_{100}$  voor PDPA en VIS bij metingen met water laat zien, te meer daar  $V_{100}$  een belangrijke factor voor driftdepositie is, dat spectra bepaald met de Visisizer in relatieve (onderlinge) beoordelingen bruikbaar kunnen zijn.

Evenzo kunnen de temporele spectra voor de verschillende dooptypen met water als spuitvloeistof in IDEFICS ingevoerd worden om de driftdepositie op de evaluatiestrook te bepalen. Dit kan zowel voor spectra uit de PDPA-metingen als voor spectra uit de Visisizer-metingen gedaan worden. De driftdeposities op basis van de Visisizer-spectra kunnen niet als absolute waarden gebruikt worden. Maar een vergelijking met driftdeposities voor doctype XR11004 laat zien dat de driftreducties ten opzichte van dit doctype in dezelfde orde van grootte liggen voor spectra op basis van PDPA en Visisizer (zie Tabel 4.2). Dit bevestigt dat spectra bepaald op grond van Visisizer-metingen bruikbaar kunnen zijn als invoer in IDEFICS voor de bepaling van relatieve driftreducties, ook al zijn absolute driftdeposities nog ongevalideerd in dit geval.

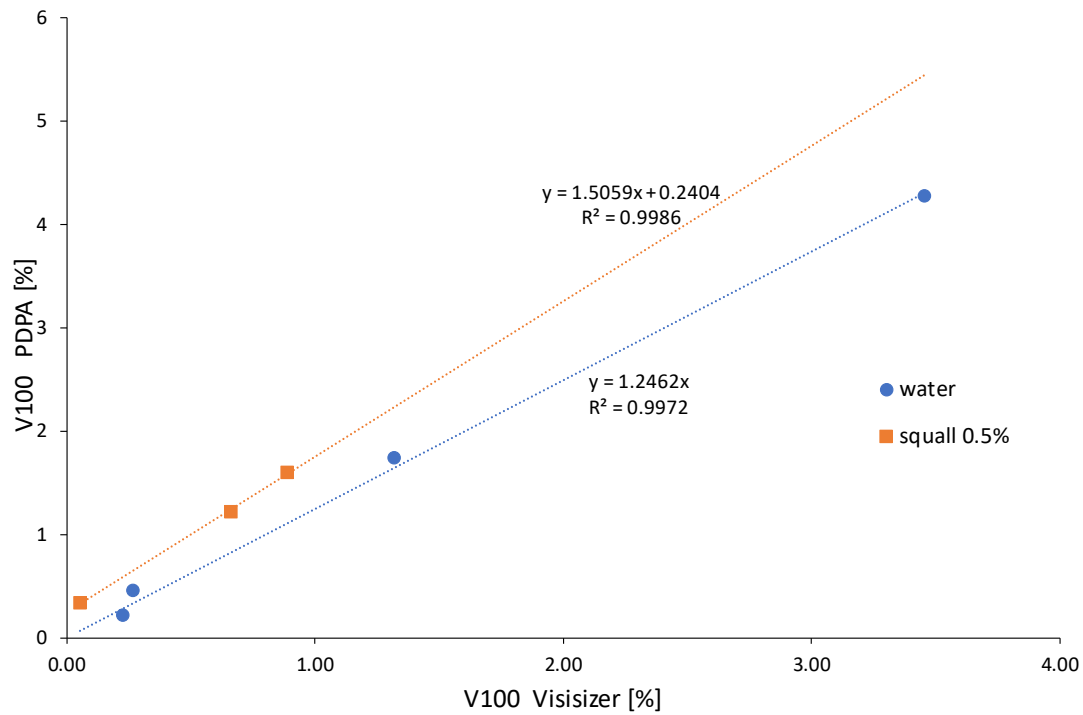
**Tabel 4.1** Overzicht van  $V_{100}$  waarden voor verschillende dooptypen met water en 0,5% Squall-oplossing als spuitvloeistof, gemeten met PDPA en Visisizer. Visisizer metingen zijn eerst omgerekend naar temporele spectra.

Doctype/vloeistof	Druk [kPa]	PDPA $V_{100}$ [%]	VIS $V_{100}$ [%]
XR11004 water	300	4.27	3.46
XR11004 squall	300	1.60	0.89
DG11004 water	300	1.74	1.32
DG11004 squall	300	1.21	0.66
AM11003 water	200	0.45	0.27
AM11003 squall	200	0.33	0.05
TDXL11006 water	300	0.21	0.23
TDXL11006 squall	300	-	0.14

**Tabel 4.2** Berekende driftdeposities op de evaluatiestrook voor verschillende dooptypen bij bespuiting met water, gebaseerd op temporele spectra bepaald met PDPA en Visisizer. Reducties in driftdepositie ten opzichte van de driftdepositie met de Teejet XR11004VS (water).

Dooptype/vloeistof	Druk [kPa]	Drift PDPA [%dosering]	Drift VIS <sup>1</sup> [%dosering]	Reduc PDPA [%]	Reduc VIS [%]
XR11004 water	300	1.696	0.650	-	-
DG11004 water	300	0.761	0.275	55	58
AM11003 water	200	0.382	0.074	77	89
TDXL11006 water	300	0.173	0.056	90	91

<sup>1</sup> relatieve driftdeposities, niet in absolute zin bruikbaar



**Figuur 4.1** Vergelijking van  $V_{100}$  waarden van PDPA en Visisizer, verdeeld naar type spuitvloeistof.



---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-919

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.







To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Correspondentie adres voor dit rapport:  
Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-919

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

