



Evaluatie van spuitdoppen met tophoeken 80/90 graden en 110/120 graden

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



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Evaluatie van spuitdoppen met tophoeken 80/90 graden en 110/120 graden

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

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde (projectnummer 3710472000).

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

Wageningen, maart 2021

Rapport WPR-1063

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/539329>

In het 'Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van spuitdoppen voor neerwaartse en op- en zijwaartse bespuiting' wordt vermeld hoe spuitdoppen moeten worden getest om een classificatie te verkrijgen naar hun driftreducerend effect. Zo kunnen dop-drukcombinaties op de zogenaamde DRD-lijst komen te staan in een bepaalde reductieklasse. Van de spleetdoppen zijn dit veelal de doptypes met tophoek van 110° of 120°. Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de vergelijking van druppelgrootteverdelingen van doptypes die een DRD-classificatie hebben bij een tophoek van 110° of 120° maar niet bij een kleinere tophoek, om de hypothese te verifiëren dat een kleinere tophoek een gelijkwaardig of grover druppelgroottespectrum oplevert. Dit is voor 8 doptypes in 11 vergelijkingen onderzocht, door de druppelspectra te meten en statistisch te vergelijken. De resultaten laten zien dat de gestelde hypothese vaak opgaat, maar in enkele gevallen zeker niet. In sommige gevallen blijkt de kleinere tophoek zelfs een fijnere spuitnevel op te leveren. Daarmee kan dus niet met zekerheid gezegd worden dat een kleinere tophoek altijd een grover druppelspectrum oplevert voor doppen van eenzelfde type.

Trefwoorden: drift, spuitdoppen, tophoek, driftreductie, DRD-classificatie

© 2021 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

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-1063

Foto omslag: D.C. de Hoog

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Methoden	10
	2.1 Selectie van dootypes	10
	2.2 Meetmethode	11
3	Resultaten	13
4	Discussie	16
5	Conclusie	17
	Literatuur	18
	Bijlage 1 Dootypes en afbeeldingen	19
	Bijlage 2 Meetresultaten PDPA	21
	Bijlage 3 Meetresultaten BCPC-F/M dop	30
	Bijlage 4 Verdelingsmetingen spuitbord	31

Woord vooraf

In verband met de toenemende belangstelling voor gebruik van een veldspuit met verlaagde spuitboom als driftreducerende techniek (DRT) is een sterke vraag ontstaan naar de indeling van spuitdoppen voor neerwaartse bespuiting met een tophoek van 80/90° in een driftreductie klasse (DRD-klasse).

Aangenomen werd dat spuitdoppen met een tophoek van 80/90° waarschijnlijk altijd in dezelfde (of hogere) DRD-klasse gecertificeerd zouden kunnen worden als de 110/120° tophoek doppen van gelijke type en grootte. Er zijn daarom van een beperkte selectie merk/type/grootte/druk-combinaties van de DRD-lijst (Tabel 1a) paarsgewijze metingen gedaan van doppen met een tophoek van 80/90° en 110/120°. Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de vergelijking van druppelgrootteverdelingen van doptypes die een DRD-classificatie hebben bij een tophoek van 110° of 120° maar niet bij een kleinere tophoek, om de hypothese te verifiëren dat een kleinere tophoek een gelijkwaardig of grover druppelgroottespectrum oplevert.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat en begeleid door Dhr. W. van Zeventer.

Wageningen, maart 2021.

Samenvatting

In het 'Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van spuitdoppen voor neerwaartse en op- en zijwaartse bespuiting' wordt vermeld hoe spuitdoppen moeten worden getest om een classificatie te verkrijgen naar hun driftreducerend effect. Zo kunnen dop-drukcombinaties op de zogenaamde DRD-lijst komen te staan in een bepaalde driftreductieklasse. Van de spleetdoppen zijn dit veelal de doptypes met tophoek van 110° of 120°. Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de vergelijking van druppelgrootteverdelingen van doptypes die een DRD-classificatie hebben bij een tophoek van 110° of 120° maar niet bij een kleinere tophoek, om de hypothese te verifiëren dat een kleinere tophoek een gelijkwaardig of grover druppelgroottespectrum oplevert. Dit is voor 8 doptypes in 11 vergelijkingen onderzocht, door de druppelspectra te meten en statistisch te vergelijken. De resultaten laten zien dat de gestelde hypothese vaak opgaat, maar in enkele gevallen zeker niet. In sommige gevallen blijkt de kleinere tophoek zelfs een fijnere spuitnevel op te leveren. Daarmee kan dus niet met zekerheid gezegd worden dat een kleinere tophoek altijd een grover druppelspectrum oplevert voor doppen van eenzelfde type.

1 Inleiding

In verband met de toenemende belangstelling voor gebruik van een veldspuit met verlaagde spuitboom als een driftreducerende techniek (DRT) is een sterke vraag ontstaan naar indeling van spuitdoppen voor neerwaartse bespuiting met een tophoek van 80/90° in DRD-klassen. In het 'Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van spuitdoppen voor neerwaartse en op- en zijwaartse bespuiting' (MinIM, 2017; zie ook TCT, 2017) staat beschreven hoe het onderzoek voor het vaststellen van de driftreductie moet worden uitgevoerd en hoe spuitdoppen ingedeeld moeten worden in driftreductieklassen. Naar aanleiding van een aanvraag voor Teejet AI spuitdoppen met een tophoek van 80° (Holterman & van de Zande, 2021) is discussie ontstaan over de indeling van spuitdoppen met een tophoek van 80/90° voor neerwaartse bespuiting.

In het bovengenoemde meetprotocol wordt niet expliciet ingegaan op het vaststellen van de driftreductie en indeling in driftreductieklassen van spuitdoppen voor neerwaartse bespuiting met een 'afwijkende' tophoek van 80/90°. In het meetprotocol staat beschreven dat de driftreductie van spuitdoppen wordt bepaald ten opzichte van de vastgestelde referentiedop (BCPC fijn-midden; 31-030-F110). De status DRD50 van een spuitdop wordt vastgesteld op basis van de V_{100} , het volumepercentage van de druppels met een diameter kleiner dan 100 µm. Indeling van een spuitdop in DRD75, DRD90 en DRD95 wordt vastgesteld op basis van berekeningen met het driftmodel IDEFICS. In dit driftmodel wordt een volvelds bespuiting gesimuleerd voor een spuitboom voorzien van enerzijds de te onderzoeken doppen, anderzijds de referentiedoppen. De overige omstandigheden worden daarbij gestandaardiseerd. De reductie die de spuitboom met de te onderzoeken doppen geeft in driftdepositie op een naastgelegen standaardssloot dient als basis om te beoordelen in welke DRD-klasse de spuitdoppen ingedeeld kunnen worden.

Op dit moment staan er slechts weinig spuitdoppen met een tophoek van 80 of 90° op de DRD-lijst (Tabel 1b in TCT, 2020a) die gebruikt kunnen worden in de DRT-technieken met een verlaagde spuitboomhoogte (TCT, 2020b). Omdat gewoonlijk een kleinere tophoek een grovere spuitnevel zal opleveren (bij verder overeenkomstige omstandigheden), zullen naar verwachting spuitdoppen met een tophoek van 80-90° ten minste in dezelfde DRD-klasse gecertificeerd kunnen worden als spuitdoppen van gelijke type en grootte met een tophoek in de range 110-120°. Indien dit aangetoond kan worden voor een voldoende aantal verschillende doptypes, mag verondersteld worden dat dit een algemeen principe is. In dit rapport wordt een onderzoek beschreven om te inventariseren of de genoemde veronderstelling ook experimenteel te bevestigen is. Hiertoe is een selectie gemaakt van een aantal spuitdoppen die zowel in 80-90° variant als 110-120° variant aanwezig zijn, waarvan de laatste groep al een DRD-classificering heeft.

2 Methoden

2.1 Selectie van dootypes

Op basis van een selectie van spuitdoppen die in twee tophoekvarianten verkrijgbaar zijn, is onderzocht of de variant met 80-90 graden tophoek al dan niet een grover druppelgroottespectrum heeft dan de variant met 110-120° tophoek variant. De gekozen spuitdoppen met de grotere tophoek hebben al een DRD-classificatie (bij bepaalde spuitdrukken). Om een eerlijke vergelijking mogelijk te maken, zijn de 80-90° doppen en de 110-120° doppen paarsgewijs gemeten. Er is niet gebruik gemaakt van oude meetresultaten voor de 110-120° doppen. De druppelgroottespectra zijn beoordeeld op de karakteristieke grootheden V_{100} , D_{V10} , D_{V50} en D_{V90} . Als de 80-90° variant inderdaad grover zou zijn dan zijn 110-120° tegenhanger, dan zou van de eerste variant de V_{100} kleiner moeten zijn en de D_{V10} , D_{V50} en D_{V90} juist groter dan van de tweede variant.

Het huidige meetprotocol voor de certificering van spuitdoppen in DRD-klassen (MinIM, 2017) schrijft voor dat metingen moeten worden gedaan aan drie exemplaren van het te testen doptype en elke meting moet in drievoud gedaan worden. Deze drie doppen worden geselecteerd op basis van hun afgifte, niet op basis van de druppelgrootteverdeling. Om minder afhankelijk te zijn van een toevallige keuze van een set van drie doppen, werden in afwijking van het huidige meetprotocol de druppelgroottemetingen verricht aan 10 exemplaren van de te testen doppen. Elke meting is in enkelvoud gedaan. Hierdoor ontstaat er een robuuster beeld voor vergelijking van de druppelgroottespectra doordat de conclusie gebaseerd is op 10 doppen en niet op 3.

De selectie van dootypes in dit onderzoek is mede gebaseerd op een mogelijke toepassing in combinatie met een verlaagde spuitboomhoogte van 30 cm bij 25 cm dopafstand (TCT, 2020b). Daarvoor komen vooral dopgroottes 01, 015, 02 en 03 in aanmerking om nog een acceptabel spuitvolume te hebben bij een rijsnelheid van 6-8 km/h. Op de DRD-lijst (TCT, 2020a) blijken 10 dop-drukcombinaties te staan die bij een spuitdruk van 2 en 3 bar interessant zijn om in dit kader vergelijkende metingen te doen. De onderzochte dop-drukcombinaties zijn hieruit geselecteerd en staan vermeld in Tabel 1. De typeaanduidingen zoals ze op de doppen staan aangegeven, is te zien op de foto's in Bijlage 1.

Het is niet altijd duidelijk wanneer er nieuwe versies van een bepaald doptype op de markt komen. Bij Lechler ID 90-015 en ID 120-015 was dit wel duidelijk. Daarom zijn hiervan in de vergelijking zowel een serie oude als nieuwe doppen opgenomen. Ook zijn er belangrijke verschillen in het materiaal van de uitstroomopening van de dop. De 110/120° doppen zijn veelal in verschillende materialen beschikbaar: kunststof (POM of P), roestvast staal (SS) en keramisch (C). De 80/90° doppen hebben een spuittip van roestvast staal (TeeJet) of keramisch (Albuz, Lechler). Er is in de test zo veel mogelijk gekozen voor een vergelijking tussen tophoek bij hetzelfde materiaal. De 120° doppen van Lechler op de DRD-lijst hebben een spuitopening die gewoonlijk van kunststof is (POM), ook al is dat niet expliciet aangegeven. Daarom is voor de Lechler IDK 120-015 een vergelijking gemaakt met zowel de POM- als de C-versie. Voor de Lechler ID 120-025 wordt ook een vergelijking met de beide materialen gemaakt.

Tabel 1 Lijst van getest doptypes in de vergelijking van 80/90° en 110/120° doppen.

Nr	Doptype	Spuitdruk [bar]	Beschikbaar in materiaal ¹	Huidige DRD-klasse
1	Albuz AVI 80-015	3	C	
	Albuz AVI 110 015	3	C	75
2	Albuz AVI 80 02	3	C	
	Albuz AVI 110 02	3	C	75
3	Lechler AD 90-03 C	2	C	
	Lechler AD 120-03 C	2	C/POM	50 (POM)
4	Lechler IDK 90-015 C	2	C	
	Lechler IDK 120-015 C ²	2	C	
	Lechler IDK 120-015 ²	2	POM	50
5	Lechler ID 90-025 C ⁴	2.5	C	
	Lechler ID-120-025 C ^{2 5}	2.5	C	90
	Lechler ID-120-025 ^{2 5}	2.5	POM	90
6	Lechler ID 90-015 C ^{3 6}	3	C	
	Lechler ID-120-015 ^{5 6}	3	C/POM	50
7	TeeJet AI 8002	3	SS	
	TeeJet AI 11002	3	SS	50
8	TeeJet DG 8003 VS	2	SS	
	TeeJet DG 11003 VS	2	SS/P	50

¹ materiaal van spuittip: C = keramisch; P, POM = kunststof; SS = roestvast staal

² op DRD-lijst staan diverse 120° Lechler doppen meestal in POM, daarom van de 120° versie zowel C als POM getest

³ gebruikt in de driftmetingen met lage spuitboomhoogte 30 cm en dopafstand 25 cm

⁴ de 90° versie van 'oude' ID 120-025

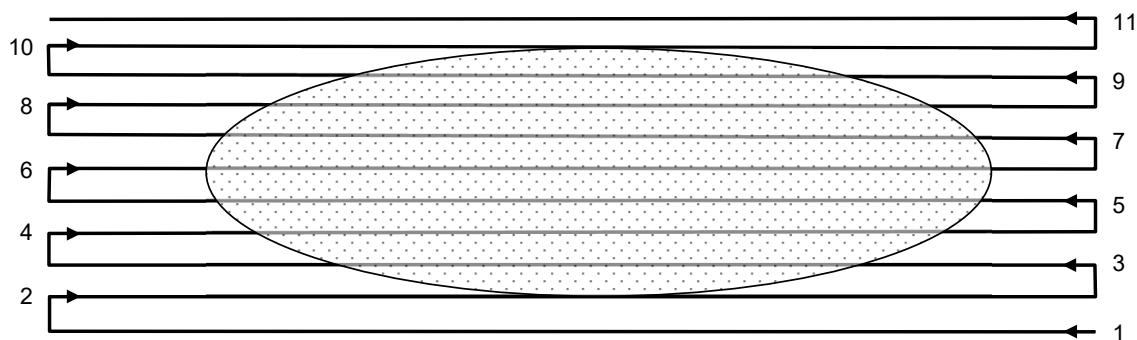
⁵ behorend tot de nieuwe ID3-doppenserie die nu op de markt is

⁶ van ID 90-015 en ID 120-015 zowel een oude als nieuwe serie doppen getest (met de oude serie is eerdere certificering gedaan); de geteste nieuwe ID-120-015 POM behoort tot de ID3-serie

2.2 Meetmethode

Het huidige DRD-protocol (MinIM, 2017) schrijft voor dat van 10 exemplaren van een doptype de vloeistofafgifte bepaald moet worden, waarna uit deze set 3 exemplaren geselecteerd worden om druppelgroottemetingen aan te doen in drievoud. Een aantal van slechts 3 exemplaren kan een ongunstig effect hebben op de resultaten, wat een statistische vergelijking bemoeilijkt. Daarom is in afwijking van het protocol besloten om van 10 exemplaren de druppelgrootteverdelingen te meten in enkelvoud. Dit levert 10 meetresultaten op, terwijl volgens het protocol 3x3 dus 9 metingen zouden zijn verricht. In de test is tevens de meting van de referentiedop BCPC-F/M (fijn-midden) meegenomen.

De druppelgrootteverdeling (of ook druppelgroottespectrum) is gemeten met een Phase Doppler Particle Analyzer (PDPA, TSI). De spuitvloeistof hierbij was leidingwater van 20°C. 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 per situatie 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 was 0,35 m boven het meetvlak. De meethoogte boven de vloer bedroeg 0,70 m. De tophoek van de spuitkegel werd voor elke dop bij elke drukcombinatie geometrisch bepaald.



Figuur 1 *Patroon van de banen voor het scannen van de druppelgrootteverdeling in een horizontaal vlak 0,35 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 PDPA was tijdens de metingen als volgt ingesteld:

- Laservermogen in meetpunt 25 mW
- Focus frontlens transmitter 1000 mm
- Focus frontlens detector 1000 mm
- Expander/contractor contractor
- Detectiehoek 40°
- Detectorspanning 540 V
- Signaaldrempel 50 mV
- Meetbereik 5 - 1250 μm
- Diameter resolutie 2,4 μm
- Probe Volume Correction ja

Het laservermogen werd vooraf aan elke meting gecontroleerd en zo nodig bijgesteld. Ook de inkoppeling van de laserstralen in de glasvezels in de zogenaamde 'fiber-drive' werd voorafgaande aan elke meting gecontroleerd. Deze mechanische koppeling is gevoelig voor temperatuurveranderingen en trillingen. Daarbij was steeds het nuttig laservermogen ter plaatse van de feitelijke meting leidend: dit vermogen werd constant gehouden op de genoemde waarde van 25 mW.

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} [μm]; 10% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V10} ;
- D_{V50} [μm] = VMD [μm] (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} [μm]; 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 μm .

3 Resultaten

De spectrale karakteristieken van de druppelgrootteverdelingen van de individuele metingen staan vermeld in Bijlage 2. De meetresultaten voor de referentiedop BCPC-F/M staan in Bijlage 3; de V_{100} van de BCPC-F/M is 5.92%. Uit Tabel 2 blijkt dan dat de 80/90° variant van alle onderzochte doptypes volgens met Activiteitenbesluit Milieubeheer (MinIW, 2021) ten minste de classificering driftarm (DRD50) kan krijgen, omdat hun V_{100} lager is dan de helft van die van de BCPC-F/M. Voor alle dop-drukcombinaties is de spreiding (variatiecoëfficiënt) in D_{V10} en D_{V50} minder dan 5%, conform de eis in het meetprotocol (MinIM, 2017). Daarnaast is op de meetresultaten een t-toets uitgevoerd om te beoordelen of spectra al dan niet significant verschillend zijn. In de t-test is enkelzijdig getoetst, bij ongelijke varianties, met een significantieniveau van 0,05. Een samenvatting van de resultaten en uitslag van de t-test is te zien in onderstaande Tabel 2. Uitkomsten kunnen significant aantonen dat de spectrale grootheden verschillend zijn (hetzij groter dan wel kleiner), of dat er geen significant verschil is. In de tabel is daartoe de volgende codering opgenomen:

- A: 80/90° variant is significant grover dan 110/120° variant
- B: 80/90° variant is significant fijner dan 110/120° variant
- X: er is geen significant verschil gevonden

De t-test is voor elk van de vier spectrale grootheden (V_{100} , D_{V10} , D_{V50} en D_{V90}) uitgevoerd en leidt soms tot een verschillend resultaat; zie Discussie. Situatie A is van toepassing als de V_{100} van de 80/90° dop kleiner is dan die van de 110/120° dop, of als bij de andere grootheden (D_{V10} , D_{V50} en D_{V90}) de waarde groter is dan die van de 110/120° variant. Voor situatie B geldt precies het omgekeerde. Merk op dat situatie A 'verwacht' is (op grond van tophoek alleen), terwijl B de 'onverwachte' situatie representeert. In de Discussie wordt het verder op ingegaan.

Van nummer 1, Albuz AVI 80-015 bleek de 10° dop uit de serie een dusdanige lekkage te vertonen dat deze vervangen moest worden door een andere dop (uit een andere, oudere serie). De spectrale grootheden van deze 10° dop weken significant af van die van de overige negen doppen. Daarom zijn de resultaten van deze 10° dop niet meegenomen in de berekeningen en vergelijking. Voor Albuz AVI 80-015 en AVI 110 015 blijkt voor alle spectrale grootheden de 80° dop significant fijner (testoordeel 'B') te zijn dan de 110° dop.

Voor nummer 2, eveneens een Albuz AVI, maar 80 02 en 110 02, blijkt op basis van V_{100} de 80° dop significant grover (testoordeel 'A') te zijn dan de 110° variant, voor D_{V10} is er geen significant verschil (testoordeel 'X') en voor D_{V50} en D_{V90} is de 80° variant significant fijner dan de 110° variant.

Voor nummer 3, Lechler AD 90-03 C en AD 120-03 C, is de 90° versie significant grover dan de 120° versie.

Voor nummer 4 en 5 zijn van de 120° dop een C- en POM-variant gemeten. Beide zijn in een t-test vergeleken met de 90° dop, die alleen in C-variant beschikbaar was. Merk op dat bij nummer 4 in de lijst de Lechler IDK 120-015(POM) duidelijk fijner is dan de IDK 120-015C; uit een t-test blijkt dat ze onderling significant verschillend zijn in V_{100} , D_{V10} en D_{V50} (zie Tabel 8 in Bijlage 2). Beide 120° varianten zijn overigens significant fijner dan de 90° versie, aangegeven met testoordeel 'A' in Tabel 2.

Bij nummer 5 is het omgekeerde het geval: de Lechler ID 120-025C is grover dan zijn 90° equivalent. De POM-variant zit er een beetje tussenin, waarbij voor D_{V50} en D_{V90} geen verschil met de 90° versie kon worden aangetoond. Ook hier speelt het materiaal van de spuittip een rol: de beide 120° varianten zijn significant verschillend voor D_{V50} en D_{V90} maar niet voor V_{100} en D_{V10} (zie Tabel 9 in Bijlage 2).

Van de Lechler ID 90-015 en ID 120-015 (nummer 6 in de lijst) is een 'oude' en 'nieuwe' versie beschikbaar, die inderdaad iets verschillen in druppelgrootteverdelingen. In dit overzicht zijn alleen de beide oude met elkaar vergeleken en de beide nieuwe, waaruit blijkt dat in beide situaties de 90°-dop

significant grover is dan de 120° variant, voor alle geteste spectrale grootheden. Een vergelijkende test op een mogelijk verschil tussen oude en nieuwe dopvarianten bij gelijke tophoek toonde aan dat de 90° varianten significant verschilden behalve voor D_{V90} , terwijl de 120° varianten significant verschilden voor alle spectrale grootheden (zie Tabel 11 in Bijlage 2).

Voor nummer 7, Teejet AI 8002VS en AI 11002VS, is aangetoond dat op basis van V_{100} , D_{V10} en D_{V50} de 80° variant significant grover is dan de 110° variant; voor D_{V90} was er geen significant verschil aantoonbaar (hoewel D_{V90} wel gemiddeld groter was).

Voor nummer 8, Teejet DG 8003VS en DG 11003VS, is op basis van V_{100} en D_{V10} de 80° variant significant grover, terwijl voor D_{V50} en D_{V90} geen significante verschillen aantoonbaar waren.

Tabel 2 Samenvatting van resultaten (mediaan) van druppelgroottemetingen en de bijbehorende t-testen.

Doctype	Spuitdruk [bar]	V_{100} [%]	D_{V10} [μm]	D_{V50} [μm]	D_{V90} [μm]
Albuz AVI 80-015	3	1.03	207	413	665
Albuz AVI 110 015	3	0.85	232	501	845
T-test resultaat		B	B	B	B
Albuz AVI 80 02	3	0.63	244	492	798
Albuz AVI 110 02	3	0.77	241	504	827
T-test resultaat		A	X	B	B
Lechler AD 90-03 C	2	1.76	174	351	570
Lechler AD 120-03 C	2	2.31	158	324	503
T-test resultaat		A	A	A	A
Lechler IDK 90-015 C	2	0.28	303	566	895
Lechler IDK 120-015 C	2	0.49	272	516	799
Lechler IDK 120-015 (POM)	2	0.67	244	489	782
T-test resultaat (C-C) ¹		A	A	A	A
T-test resultaat (C-POM) ¹		A	A	A	A
Lechler ID 90-025 C	2.5	0.41	290	576	900
Lechler ID-120-025 C ²	2.5	0.33	298	588	922
Lechler ID-120-025 (POM) ²	2.5	0.31	293	572	896
T-test resultaat (C-C) ¹		B	B	B	B
T-test resultaat (C-POM) ¹		B	B	X	X
Lechler ID 90-015 C ³	3	0.40	303	622	963
Lechler ID 120-015 (POM) ³	3	0.51	269	533	860
Lechler ID 90-015 C ⁴	3	0.38	312	597	943
Lechler ID-120-015 (POM) ²	3	0.64	244	479	778
T-test resultaat (oud) ¹		A	A	A	A
T-test resultaat (nieuw) ¹		A	A	A	A
TeeJet AI 8002	3	0.38	283	572	905
TeeJet AI 11002	3	0.57	258	536	895
T-test resultaat		A	A	A	X
TeeJet DG 8003 VS	2	1.77	172	349	552
TeeJet DG 11003 VS	2	2.15	162	341	535
T-test resultaat		A	A	X	X

¹ toevoeging C-C geeft testresultaat van 90° C-versie en 120° C-versie; toevoeging C-POM geeft testresultaat van 90° C-versie en 120° POM-versie; oud = vergelijking van oude versies; nieuw = vergelijking van nieuwe versies

² nieuwe ID3-versie van dit doctype

³ oude versie van dit doctype

⁴ nieuwe versie van dit doctype

In Tabel 3 is het eindoordeel van de onderlinge vergelijkingen verder samengevat. In vijf gevallen is duidelijk en significant aangetoond met alle vier grootheden dat de doppen met smallere tophoek inderdaad grover zijn dan de equivalente doppen met wijdere tophoek (code: G). In twee gevallen is duidelijk aangetoond dat de doppen met smallere tophoek juist fijner zijn dan de overeenkomstige doppen met wijdere tophoek (code: F). In drie gevallen (code: '?') kan er niet met alle grootheden aangetoond worden dat de ene dopversie grover of fijner is dan de andere versie.

Als D_{V90} niet meegenomen zou worden in het eindoordeel, zou nummer 7 (Teejet AI 8002VS / AI 11002VS) het oordeel 'G' kunnen krijgen; zie Discussie. Voor nummer 8 (Teejet DG 8003VS / DG 11003VS) is ook voor D_{V50} niet aangetoond dat de 80° dop grover is dan de 110° dop, maar de overschrijdingskans ligt wel precies op het significantieniveau van 0,05 (zie Bijlage 2).

Tabel 3 Samenvatting van eindresultaat van de vergelijkende test.

Nr	Doctype	Doctype	Spuitedruk [bar]	Oordeel ¹
1	Albuz AVI 80-015	Albuz AVI 110 015	3	F
2	Albuz AVI 80 02	Albuz AVI 110 02	3	?
3	Lechler AD 90-03 C	Lechler AD 120-03 C	2	G
4	Lechler IDK 90-015 C	Lechler IDK 120-015 C	2	G
	Lechler IDK 90-015 C	Lechler IDK 120-015 (POM)	2	G
5	Lechler ID 90-025 C	Lechler ID-120-025 C ⁴	2.5	F
	Lechler ID 90-025 C	Lechler ID-120-025 (POM) – nieuw ⁴	2.5	?
6	Lechler ID 90-015 C - oud	Lechler ID 120-015 (POM) - oud	3	G
	Lechler ID 90-015 C - nieuw	Lechler ID-120-015 (POM) – nieuw ⁴	3	G
7	TeeJet AI 8002	TeeJet AI 11002	3	G ²
8	TeeJet DG 8003VS	TeeJet DG 11003VS	2	? ³

¹ oordeel: F = doctype met smallere tophoek is fijner dan die met wijdere tophoek; G = doctype met smallere tophoek is grover dan die met wijdere tophoek; ? = geen eenduidig oordeel te vormen

² als D_{V90} niet meetelt in oordeel, is de 80° versie grover dan de 110° versie

³ 80° versie lijkt grover, maar niet significant; zie tekst

⁴ nieuwe ID3-versie van dit doctype

4 Discussie

In dit onderzoek zijn diverse doptypes met een tophoek van 80/90° vergeleken met doppen van hetzelfde type maar met een tophoek van 110/120°. Er is gekeken naar vier karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, te weten V_{100} , D_{V10} , D_{V50} en D_{V90} . Omdat bij spleetdoppen een kleinere tophoek gepaard gaat met een minder snel opbreken van het druppelvlies direct onder de spuitdop, was de verwachting dat een kleinere tophoek een grover druppelspectrum zal opleveren dan een soortgelijke dop met een bredere tophoek. Dit wordt ook dikwijls waargenomen. Ook in deze studie werd dit in de meeste gevallen bevestigd door metingen van de druppelgrootteverdelingen. In enkele uitzonderingen was er een 'onverwacht' resultaat, namelijk dat de dop met kleinere tophoek toch fijner bleek te zijn dan die met de bredere tophoek.

Meestal gaven de vier genoemde grootheden dezelfde trend te zien. Toch waren er uitzonderingen. Bijvoorbeeld, voor diverse doptypes kon voor V_{100} en D_{V10} wel een significant verschil aangetoond worden tussen doppen met kleinere of bredere tophoek, terwijl voor D_{V50} en D_{V90} dat in hetzelfde geval niet aantoonbaar was.

Een speciale uitzondering betrof de vergelijking van Albuz AVI 80 02 en AVI 110 02 bij 3 bar. De V_{100} van de 80° dop was kleiner dan die van de 110° dop, wat duidt op een grover spectrum van de 80° dop. Voor D_{V10} was er geen significant verschil aantoonbaar. Voor D_{V50} en D_{V90} was er merkwaardig genoeg een omgekeerd effect te zien: op basis van deze twee grootheden zou de 80° dop juist fijner zijn dan de 110° dop.

Van de 11 uitgevoerde t-tests was de uitkomst ('verwacht' dan wel 'onverwacht') altijd significant voor V_{100} , voor D_{V10} was één uitkomst niet significant, voor D_{V50} twee uitkomsten niet significant en voor D_{V90} driemaal niet significant. Met name D_{V90} wordt vooral bepaald door relatief weinig zeer grote druppels in de spuitnevel. D_{V90} is dan ook relatief minder nauwkeurig dan de andere grootheden. Dit verklaart ook dat voor deze grootheid de meeste niet-significanties optreden. Het roept de vraag op of D_{V90} wel meegenomen zou moeten worden in de gemaakte vergelijkingen. Ten aanzien van drift naast het bespoten perceel, dragen zeer grote druppels hier nauwelijks aan bij. Ook vanuit dat gezichtspunt zou het weglaten van D_{V90} uit de vergelijking verdedigbaar zijn. In dit project zou het weglaten van D_{V90} uit de vergelijking voor de Teejet AI 8002/AI 11002 aangetoond zijn met de andere drie spectrale grootheden dat de 80° dop grover is dan de 110° dop.

De tophoek van een spuitkegel uit een spleetdop wordt vooral bepaald door de vorm van de opening in de tip van de spuitdop. Voor een spleetdop is die opening elliptisch van vorm. Daarnaast speelt ook de spuitdruk een rol. Voor doppen met een kleinere tophoek is de elliptische opening minder afgeplat (zie ook Bijlage 1). Daarbij zou de opening minder lang kunnen zijn (kortere lange as van de ellips), of juist breder (grotere korte as van de ellips). Hoe dit precies doorwerkt op tophoek en druppelvorming is ingewikkeld en hangt nauw samen met de exacte vloeistofstromingen in het inwendige van een spuitdop. Uit het uitgevoerde onderzoek blijkt in ieder geval dat de relatie tussen tophoek en druppelgrootteverdeling niet eenduidig bepaald is.

Voor enkele Lechler-doptypes zijn oude en nieuwe dopseries in de test meegenomen (nummers 5 en 6 in Tabel 2), alsook keramische C- en kunststof POM-varianten (nummers 4, 5 en 6 in Tabel 2). In vrijwel alle gevallen was aantoonbaar dat oude en nieuwe series significant verschillend waren, terwijl ook C- en POM-varianten significant verschilden. Omdat deze varianten vermoedelijk geproduceerd zijn in verschillende mallen of processen, is het niet verwonderlijk dat er verschillen aantoonbaar zijn in de druppelgroottespectra. De varianten moeten daarom als verschillende doptypes beoordeeld worden.

Het meetprotocol vereist ook, voordat spuitdoppen op de DRD-lijst van driftreducerende doppen kunnen worden geplaatst, dat aangetoond is dat de dwarsverdeling op een spuitbord gelijkmatig is en de variatiecoëfficiënt niet hoger is dan 10% bij een gootbreedte van 10 cm (MinIM, 2017). Dit maakte geen deel uit van de huidige studie, maar de dwarsverdelingen zijn wel gemeten en opgenomen in Bijlage 4.

5 Conclusie

Het doel van dit project was om te verifiëren of dootypes met een smallere tophoek een gelijkwaardig of grover druppelgroottespectrum zouden hebben in vergelijking met de overeenkomstige dootypes met wijdere tophoek. Als dat aangetoond zou kunnen worden, zouden de dootypes met smallere tophoek ten minste in dezelfde DRD-klasse ingedeeld kunnen worden als de dootypes met wijdere tophoek, voor zover die al een DRD-classificering hebben.

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt echter dat niet in alle gevallen aangetoond kan worden dat een smallere tophoek een grover druppelspectrum oplevert. Het is daarmee geen automatisme dat geldig zou zijn voor alle dootypes die in twee of meer tophoekversies beschikbaar zijn. Blijkbaar spelen nog andere factoren een rol dan alleen de tophoek, zoals het exacte ontwerp van een spuitdop.

Een nevenconclusie van dit onderzoek is dat oude en nieuwe series van een bepaald dootype gewoonlijk significant verschillen. Ook dootypes die alleen verschillen in het gebruikte materiaal voor de spuittip moeten als verschillende typen worden beoordeeld.

Literatuur

- Holterman, H.J. & J.C. van de Zande, 2021. Onderzoek aan spuitdoppen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS voor classificatie op basis van driftgevoeligheid. Wageningen Research, Rapport WPR-997. 26p; in voorbereiding
- MinIM (Ministerie van Infrastructuur en Milieu), 2017. Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van spuitdoppen voor neerwaartse en op- en zijwaartse bespuiting; versie 1 juli 2017; <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/open-teelt/driftreducerende/>
- MinIW (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), 2021. Activiteitenbesluit Milieubeheer; geldig vanaf 1 Januari 2021; <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2021-01-01>
- TCT (Technische Commissie Techniekbeoordeling), 2017. Beoordelingssystematiek emissiereducerende maatregelen open teelt; versie 15 december 2017; <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/open-teelt/driftreducerende/>
- TCT (Technische Commissie Techniekbeoordeling), 2020a. Lijst met indeling van spuitdoppen in DriftReducerende Dop-klassen (DRD-klassen); versie 23 december 2020; <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/open-teelt/driftreducerende/>
- TCT (Technische Commissie Techniekbeoordeling), 2020b. Lijst met indeling van spuittechnieken in DriftReducerende Techniek-klassen (DRT-klassen); versie 23 december 2020; <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/open-teelt/driftreducerende/>









Bijlage 1 Dootypes en afbeeldingen

De typeaanduidingen op de doppen is niet altijd eenduidig, zelfs niet binnen één merk. Typenummers zijn soms aaneengesloten, soms hebben ze een spatie of een verbindingsstreepje. Onderstaande tabel toont foto's van de onderzochte dootypes met hun afbeeldingen waarop de typeaanduiding te zien is. Merk op dat de voor spleetdoppen karakteristieke elliptische opening van de spuitdop voor dootypes met een tophoek van 80/90° een minder afgeplatte ellipsvorm heeft dan bij een tophoek van 110/120°. Dit is op sommige van onderstaande foto's goed te zien (bijv. nr 2, 3, 8).

Tabel 4 Dootypes en afbeeldingen van de doppen in de vergelijkende test. De kolom 'Nr' verwijst naar de nummers in Tabel 1 (paragraaf 2.1).

Nr	Dopserie / Afbeeldingen grootte			
1	Albuz AVI / 015			
		Albuz AVI 80-015	Albuz AVI 110 015	
2	Albuz AVI / 02			
		Albuz AVI 80 02	Albuz AVI 110 02	
3	Lechler AD / 03			
		Lechler AD 90-03 C	Lechler AD 120-03 C	
4	Lechler IDK / 015			
		Lechler IDK 90-015 C	Lechler IDK 120-015 C	Lechler IDK 120-015 (POM)
5	Lechler ID / 025			
		Lechler ID 90-025 C	Lechler ID-120-025 C (ID3)	Lechler ID-120-025 (POM; ID3)

(vervolg Tabel 4)

Nr	Dopserie / Afbeeldingen grootte		
6	Lechler ID / 015		
		Lechler ID 90-015 C (oud)	Lechler ID 120-015 (POM; oud)
			
		Lechler ID 90-015 C (nieuw)	Lechler ID-120-015 (POM, ID3)
7	TeeJet AI / 02		
		Teejet AI 8002 VS	Teejet AI 11002 VS
8	TeeJet DG / 03		
		Teejet DG 8003 VS	Teejet DG 11003 VS

Bijlage 2 Meetresultaten PDPA

Individuele meetresultaten van de onderzochte dop-drukcombinaties. De 80/90° variant is vergeleken met de 110/120° variant op elk van de grootheden V_{100} , D_{V10} , D_{V50} en D_{V90} . De t-test is eenzijdig uitgevoerd met de aanname dat varianties niet gelijk zijn. Als significantieniveau is 0,05 aangenomen; bij een testuitkomst (overschrijdingskans p) kleiner dan 0,05 is significant aangetoond dat de beide varianten verschillend zijn voor de betreffende grootheid.

Tabel 5 Resultaten van druppelgroottemetingen van Albuz AVI 80-015 en AVI 110 015 bij 3 bar.

	dop	V_{100}	D_{V10}	D_{V50}	D_{V90}
Albuz	1	1.17	197	401	647
AVI 80-015	2	0.98	206	412	691
3 bar	3	1.02	203	409	653
	4	1.08	207	419	664
	5	1.04	210	427	687
	6	0.99	205	413	658
	7	1.11	208	424	666
	8	1.20	199	405	633
	9	0.97	210	410	686
	10 ²	0.80	218	426	679
	gemiddelde	1.06	205.0	413.3	665.0
	mediaan	1.03	206.5	412.5	665.0
	standaardafwijking	0.08	4.6	8.6	19.8
Albuz	1	0.83	232	499	839
AVI 110 015	2	0.86	233	505	903
3 bar	3	0.88	227	502	919
	4	0.87	236	505	869
	5	0.74	242	520	883
	6	0.91	225	480	851
	7	0.78	235	505	814
	8	0.79	232	482	767
	9	0.90	231	498	808
	10	0.84	223	472	788
	gemiddelde	0.84	231.6	496.8	844.1
	mediaan	0.85	232.0	500.5	845.0
	standaardafwijking	0.06	5.6	14.5	50.1
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

² de tiende dop uit de originele serie vertoonde lekkage en is vervangen door een dop uit een andere (oudere) serie. De spectrale grootheden van deze tiende dop weken significant af van de overige negen en dop nr 10 is daarom niet meegenomen in gemiddelde, mediaan en standaardafwijking

Tabel 6 Resultaten van druppelgroottemetingen van Albuz AVI 80 02 en AVI 110 02 bij 3 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Albuz	1	0.64	243	493	791
AVI 80 02	2	0.64	237	479	780
3 bar	3	0.57	243	488	825
	4	0.60	250	500	815
	5	0.60	246	490	799
	6	0.64	245	498	797
	7	0.62	247	494	808
	8	0.61	243	496	779
	9	0.68	244	487	812
	10	0.66	244	484	780
	gemiddelde	0.63	244.2	490.9	798.6
	mediaan	0.63	244.0	491.5	798.0
	standaardafwijking	0.03	3.4	6.6	16.2
Albuz	1	0.81	237	489	813
AVI 110 02	2	0.71	248	525	835
3 bar	3	0.86	237	485	795
	4	0.86	238	508	885
	5	0.74	243	499	817
	6	0.72	245	522	844
	7	0.79	238	491	801
	8	0.64	250	526	849
	9	0.73	249	532	872
	10	0.79	239	491	819
	gemiddelde	0.77	242.4	506.8	833.0
	mediaan	0.77	241.0	503.5	827.0
	standaardafwijking	0.07	5.3	18.0	29.7
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.19	0.01	0.00
	significant verschillend	+	-	+	+

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

Tabel 7 Resultaten van druppelgroottemetingen van Lechler AD 90-03C en AD 120-03C bij 2 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Lechler	1	1.74	175	354	576
AD 90-03 C	2	1.80	174	351	556
2 bar	3	1.67	176	355	562
	4	1.78	171	350	569
	5	1.96	173	351	575
	6	1.83	173	351	570
	7	1.56	174	355	598
	8	1.65	176	349	555
	9	1.50	180	357	575
	10	1.82	173	348	554
	gemiddelde	1.73	174.5	352.1	569.0
	mediaan	1.76	174.0	351.0	569.5
	standaardafwijking	0.14	2.5	3.0	13.3
Lechler	1	2.30	159	323	497
AD 120-03 C	2	2.05	160	332	522
2 bar	3	2.49	156	324	504
	4	2.01	163	337	515
	5	2.07	159	324	484
	6	2.37	157	317	493
	7	2.18	164	338	543
	8	2.46	155	324	518
	9	2.54	152	324	502
	10	2.32	157	325	489
	gemiddelde	2.28	158.2	326.8	506.7
	mediaan	2.31	158.0	324.0	503.0
	standaardafwijking	0.19	3.6	6.7	17.9
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

Tabel 8 Resultaten van druppelgroottemetingen van Lechler IDK 90-015 C, IDK 120-015 C en IDK 120-015 POM bij 2 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Lechler	1	0.28	303	562	896
IDK 90-015 C	2	0.29	300	559	891
2 bar	3	0.26	318	596	879
	4	0.28	299	558	896
	5	0.26	302	554	880
	6	0.26	312	582	910
	7	0.23	320	587	923
	8	0.29	302	559	849
	9	0.28	310	578	914
	10	0.27	303	570	894
	gemiddelde	0.27	306.9	570.5	893.2
	mediaan	0.28	303.0	566.0	895.0
	standaardafwijking	0.02	7.6	14.4	21.0
Lechler	1	0.47	274	528	830
IDK 120-015 C	2	0.51	272	518	813
2 bar	3	0.52	261	494	760
	4	0.44	272	520	777
	5	0.44	271	523	805
	6	0.42	273	513	800
	7	0.51	266	501	763
	8	0.50	267	502	797
	9	0.36	293	554	830
	10	0.50	260	492	759
	gemiddelde	0.47	270.9	514.5	793.4
	mediaan	0.49	271.5	515.5	798.5
	standaardafwijking	0.05	9.2	18.6	27.4
Lechler	1	0.73	236	472	752
IDK 120-015 (POM)	2	0.68	237	485	786
2 bar	3	0.70	242	494	812
	4	0.66	246	492	782
	5	0.63	248	501	793
	6	0.61	247	492	761
	7	0.61	253	507	848
	8	0.81	225	444	709
	9	0.65	245	481	782
	10	0.81	227	451	714
	gemiddelde	0.69	240.6	481.9	773.9
	mediaan	0.67	243.5	488.5	782.0
	standaardafwijking	0.07	9.2	20.7	42.2
T-test C-C ^{1,2}	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+
T-test C-POM ^{1,2}	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+
T-test 120 C-POM ³	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.12
	significant verschillend	+	+	+	-

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

² C-C: 90° C vergeleken met 120° C; C-POM: 90° C vergeleken met 120° POM

³ vergelijking van beide 120° doppen op basis van materiaal van de spuit: C vs. POM

Tabel 9 Resultaten van druppelgroottemetingen van Lechler ID 90-025 C, ID-120-025 C en ID-120-025 (POM) bij 2,5 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Lechler	1	0.42	292	580	877
ID 90-025 C	2	0.36	295	613	905
2,5 bar	3	0.36	294	583	902
	4	0.40	290	567	890
	5	0.42	289	579	903
	6	0.42	283	565	896
	7	0.36	291	581	903
	8	0.38	290	573	903
	9	0.43	289	567	898
	10	0.48	277	549	859
	gemiddelde	0.40	289.0	575.7	893.6
	mediaan	0.41	290.0	576.0	900.0
	standaardafwijking	0.04	5.3	16.6	14.8
Lechler	1	0.33	294	585	920
ID-120-025 C	2	0.30	299	601	932
2,5 bar	3	0.33	296	583	921
	4	0.36	290	571	915
	5	0.32	300	588	922
	6	0.32	296	587	946
	7	0.33	297	587	921
	8	0.33	299	590	920
	9	0.29	299	592	927
	10	0.34	298	600	989
	gemiddelde	0.33	296.8	588.4	931.3
	mediaan	0.33	297.5	587.5	921.5
	standaardafwijking	0.02	3.0	8.5	22.1
Lechler	1	0.30	303	587	949
ID-120-025 (POM)	2	0.30	295	578	921
2,5 bar	3	0.32	292	566	900
	4	0.27	301	584	922
	5	0.35	294	575	887
	6	0.31	290	566	881
	7	0.31	299	583	932
	8	0.31	288	567	877
	9	0.33	289	568	891
	10	0.32	288	560	872
	gemiddelde	0.31	293.9	573.4	903.2
	mediaan	0.31	293.0	571.5	895.5
	standaardafwijking	0.02	5.5	9.3	26.2
T-test C-C ^{1,2}	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.03	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+
T-test C-POM ^{1,2}	overschrijdingskans	0.00	0.03	0.35	0.16
	significant verschillend	+	+	-	-
T-test 120 C-POM ³	overschrijdingskans	0.08	0.08	0.00	0.01
	significant verschillend	-	-	+	+

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

² C-C: 90° C vergeleken met 120° C; C-POM: 90° C vergeleken met 120° POM

³ vergelijking van beide 120° doppen op basis van materiaal van de spuittip: C vs. POM

Tabel 10 Resultaten van druppelgroottemetingen van Lechler ID 90-015 C en ID 120-015 POM voor oude versie, bij 3 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Lechler	1	0.32	309	641	971
ID 90-015 C	2	0.35	307	660	1002
3 bar	3	0.46	288	596	895
oud	4	0.42	303	618	955
	5	0.39	312	656	995
	6	0.44	302	606	939
	7	0.41	303	624	980
	8	0.41	302	620	970
	9	0.39	306	633	942
	10	0.39	303	613	932
	gemiddelde	0.40	303.5	626.7	958.1
	mediaan	0.40	303.0	622.0	962.5
	standaardafwijking	0.04	6.4	20.8	32.3
Lechler	1	0.52	268	528	852
ID 120-015 (POM)	2	0.55	260	520	849
3 bar	3	0.57	262	523	839
oud	4	0.51	271	536	849
	5	0.50	270	536	909
	6	0.50	270	530	883
	7	0.50	271	538	867
	8	0.56	274	534	823
	9	0.51	263	531	881
	10	0.50	268	535	881
	gemiddelde	0.52	267.7	531.1	863.3
	mediaan	0.51	269.0	532.5	859.5
	standaardafwijking	0.03	4.5	6.0	25.5
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

Tabel 11 Resultaten van druppelgroottemetingen van Lechler ID 90-015 C en ID 120-015 POM voor nieuwe versie, bij 3 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Lechler	1	0.35	319	631	1031
ID 90-015 C	2	0.34	310	587	917
3 bar	3	0.38	304	589	950
nieuw	4	0.37	312	603	940
	5	0.35	311	609	945
	6	0.39	313	629	977
	7	0.38	307	590	960
	8	0.33	315	590	913
	9	0.42	305	583	885
	10	0.39	320	629	941
	gemiddelde	0.37	311.6	604.0	945.9
	mediaan	0.38	311.5	596.5	943.0
	standaardafwijking	0.03	5.4	19.3	39.6
Lechler	1	0.56	249	487	804
ID 120-015 (POM)	2	0.67	243	470	794
3 bar	3	0.62	249	487	778
nieuw	4	0.54	250	479	777
	5	0.63	251	485	785
	6	0.66	242	467	779
	7	0.62	241	478	741
	8	0.68	245	477	748
	9	0.72	243	482	776
	10	0.65	241	477	767
	gemiddelde	0.64	245.4	478.9	774.9
	mediaan	0.64	244.0	478.5	777.5
	standaardafwijking	0.05	3.9	6.7	19.1
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+
T-test 90 oud-nieuw ²	overschrijdingskans	0.05	0.00	0.01	0.23
	significant verschillend	+	+	+	-
T-test 120 oud-nieuw ³	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.00
	significant verschillend	+	+	+	+

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

² vergelijking van oude en nieuwe 90° doppen (oude dop uit Tabel 10)

³ vergelijking van oude en nieuwe 120° doppen (oude dop uit Tabel 10)

Tabel 12 Resultaten van druppelgroottemetingen van Teejet AI 8002VS en AI 11002VS bij 3 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Teejet	1	0.39	285	584	897
AI 8002VS	2	0.40	277	572	919
3 bar	3	0.40	278	566	900
	4	0.35	284	572	922
	5	0.29	295	600	933
	6	0.36	281	568	889
	7	0.39	277	561	889
	8	0.36	286	585	926
	9	0.39	282	567	883
	10	0.34	289	589	910
	gemiddelde	0.37	283.4	576.4	906.8
	mediaan	0.38	283.0	572.0	905.0
	standaardafwijking	0.03	5.7	12.4	17.6
Teejet	1	0.57	260	555	953
AI 11002VS	2	0.56	259	526	881
3 bar	3	0.52	261	534	899
	4	0.60	248	538	857
	5	0.58	255	529	877
	6	0.55	258	539	910
	7	0.59	252	515	888
	8	0.48	265	563	890
	9	0.60	248	516	899
	10	0.55	258	544	906
	gemiddelde	0.56	256.4	535.9	896.0
	mediaan	0.57	258.0	536.0	894.5
	standaardafwijking	0.04	5.6	15.5	25.3
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.00	0.14
	significant verschillend	+	+	+	-

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

Tabel 13 Resultaten van druppelgroottemetingen van Teejet DG 8003VS en DG 11003VS bij 2 bar.

	dop	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
Teejet	1	2.08	164	339	549
DG 8003VS	2	2.00	165	337	505
2 bar	3	1.65	177	348	560
	4	1.68	171	345	557
	5	1.66	172	353	566
	6	1.81	172	350	551
	7	1.72	178	360	575
	8	1.94	164	336	510
	9	1.90	169	354	547
	10	1.71	172	349	553
	gemiddelde	1.82	170.4	347.1	547.3
	mediaan	1.77	171.5	348.5	552.0
	standaardafwijking	0.16	5.0	7.9	22.6
Teejet	1	1.90	168	353	539
DG 11003VS	2	2.23	160	346	551
2 bar	3	1.72	169	351	574
	4	2.01	166	344	529
	5	2.17	161	346	555
	6	2.34	157	328	519
	7	2.22	163	334	514
	8	2.13	161	337	535
	9	2.06	163	336	535
	10	2.19	160	336	526
	gemiddelde	2.10	162.8	341.1	537.7
	mediaan	2.15	162.0	340.5	535.0
	standaardafwijking	0.18	3.8	8.1	18.1
T-test ¹	overschrijdingskans	0.00	0.00	0.05	0.15
	significant verschillend	+	+	-	-

¹ overschrijdingskans (p) uit de t-test tussen metingen met 80/90° variant en de 110/120° variant; bij een p-waarde kleiner dan 0,05 kan het verschil als significant (+) worden aangemerkt

Bijlage 3 Meetresultaten BCPC-F/M dop

Tabel 14 Resultaten van druppelgroottemetingen van referentiedop BCPC-F/M bij 3 bar.

Meting nr	V ₁₀₀	D _{V10}	D _{V50}	D _{V90}
1	5.80	118	226	361
2	5.55	120	230	374
3	5.56	118	223	357
4	6.19	115	224	363
5	6.10	116	222	354
6	5.34	121	229	365
7	6.08	116	223	357
8	6.01	116	223	360
9	6.01	117	224	368
10	6.19	115	226	374
11	5.67	118	229	365
12	5.73	118	227	358
13	5.73	118	222	354
14	5.89	117	224	355
15	6.14	116	223	358
16	5.55	119	229	367
17	6.04	116	226	365
18	6.31	114	225	370
19	5.73	118	229	377
20	6.46	114	224	371
21	5.94	117	225	362
22	5.10	124	236	362
23	6.16	116	226	372
24	5.74	118	231	382
25	6.31	114	225	374
26	5.84	118	228	373
27	6.46	114	223	362
28	5.41	121	233	376
29	5.78	118	227	363
30	5.48	120	228	370
31	5.74	118	225	371
32	5.71	119	226	364
33	6.50	114	223	360
34	5.66	119	230	379
35	6.19	116	227	361
36	6.23	116	224	362
37	5.99	117	227	374
38	5.97	116	225	358
gemiddelde	5.90	117.2	226.2	365.7
mediaan	5.92	116.9	225.6	364.2
standaardafwijking	0.33	1.9	3.1	7.3

Bijlage 4 Verdelingsmetingen spuitbord

Voor de geteste dop-drukcombinaties zijn verdelingsmetingen uitgevoerd op een spuitbord. De metingen zijn in drievoud uitgevoerd. Onderstaande tabel geeft de variatiecoëfficiënt (CV), gemiddeld over de drie bepalingen. Voor de 110/120°-doppen zijn de spuitbordmetingen uitgevoerd bij dopafstand 50 cm en dophoogte boven het spuitbord 50 cm. Voor de 80/90°-doppen was de dopafstand 25 cm en dophoogte 30 cm en 50 cm.

Tabel 15 Samenvatting van resultaten van verdelingsmetingen op spuitbord, met berekende variatiecoëfficiënt (CV) bij een gootbreedte van 10 cm. Gemiddelde van 3 herhalingen.

Nr	Doctype	Spuitdruk [bar]	CV _{50/50} [%]	CV _{25/30} [µm]	CV _{25/50} [µm]
		Dopafstand [m]: 0.50		0.25	0.25
		Dophoogte [m]: 0.50		0.30	0.50
1	Albuz AVI 80-015	3		10.3	11.8
	Albuz AVI 110 015	3	12.4		
2	Albuz AVI 80 02	3		15.8	13.8
	Albuz AVI 110 02	3	4.0		
3	Lechler AD 90-03 C	2		5.9	3.5
	Lechler AD 120-03 C	2	3.4		
4	Lechler IDK 90-015 C	2		4.8	11.1
	Lechler IDK 120-015 C	2	4.2		
	Lechler IDK 120-015 (POM)	2	4.5		
5	Lechler ID 90-025 C	2.5		4.0	7.5
	Lechler ID-120-025 C ¹	2.5	4.3		
	Lechler ID-120-025 (POM) ¹	2.5	7.0		
6	Lechler ID 90-015 C ²	3		5.8	13.0
	Lechler ID 120-015 (POM) ²	3	*		
	Lechler ID 90-015 C ³	3		3.0	15.1
	Lechler ID-120-015 (POM) ¹	3	4.6		
7	TeeJet AI 8002	3		7.7	1.6
	TeeJet AI 11002	3	6.4		
8	TeeJet DG 8003 VS	2		6.2	3.2
	TeeJet DG 11003 VS	2	1.9		

* spuitbordmeting ontbreekt

¹ nieuwe ID3-versie van dit doctype

² oude versie van dit doctype

³ nieuwe versie van dit doctype

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1063

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

Rapport WPR-1063

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.

