

EMISSIE EN TOEDIENINGSTECHNIKEN VAN
BESTRIJDINGSMIDDELEN IN DE GLASTUINBOUW

Een literatuuronderzoek voor het onderzoeksprogramma Emissie-beperkende
toedieningstechnieken

R. van der Knaap
F. Koning

Verslag nr. 19
Juli 1992

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
Samenvatting	1
Begrippenkader	4
1. Inleiding	9
2. Spuitdoppen	11
2.1. Werveldoppen	11
2.2. Spleetdoppen	13
2.3. Anti-driftdoppen	15
2.4. Onderhoud van spuitdoppen	15
3. Hoogvolume-gewasbehandeling	16
3.1. Factoren die een hoogvolume-bespuiting beïnvloeden	16
3.2. Hoogvolume-spuitmethoden	18
3.2.1. Conventioneel hoogvolume-spuiten	18
3.2.1.1. Handgedragen hoogvolume-spuitapparatuur	19
3.2.1.2. Spuitboom/Spuitmast	20
3.2.1.3. Voortbewegen van een spuitboom/spuitmast	21
3.2.1.4. Uitvoeringsvormen van de spuitboom	22
3.2.1.5. Uitvoeringsvormen van de spuitmast	24
3.2.1.6. Doppen van spuitbomen	25
3.2.1.7. Doppen van spuitmasten	27
3.2.2. Spuiten met meegeven van een gecontroleerde puls aan de vloeistof	30
3.2.3. Spuiten met een afdekplaat voor de spuitdop	31
3.2.4. Spuiten met luchtondersteuning	31
3.2.4.1. Luchtondersteuning door lucht-vloeistofmenging	32
3.2.4.2. Luchtondersteuning na vorming van het spuitbeeld	34
3.2.5. Praktijkgegevens van hoogvolume-spuiten	34

4.	Laagvolume-gewasbehandelingen	36
4.1.	Electrostatisch spuiten	36
4.1.1.	Uitvoeringen van electrostatische apparatuur	37
4.1.2.	Praktijkgegevens van electrostatisch spuiten	38
4.2.	Gewasgericht nevelen	39
4.2.1.	Schijfvernevelaar	39
4.2.2.	Motorrugnevelspuit	40
4.2.3.	Kooivernevelaar	40
4.2.4.	Teemizer	41
4.3.	Fijnnevelen (colfoggen)	42
4.4.	Stuiven	43
5.	Laagvolume-ruimtebehandeling	44
5.1.	Foggen	44
5.1.1.	Werking van een fog-apparaat	44
5.1.2.	Belangrijke aspecten van foggen	44
5.1.3.	Druppelgrootte bij een fog-behandeling	45
5.1.4.	Druppelverdeling bij een fog-behandeling	45
5.1.5.	Spuitvloeistof bij een fog-behandeling	46
5.1.6.	Praktijkgegevens van enkele Fog-apparaten	48
5.1.6.1.	Druppelverdelingsvergelijking tussen een Dynafog, een Pulsfog en een Swingfog	48
5.1.6.2.	Druppelgroottemetingen bij een fog-apparaat type SN 11 en een fog-apparaat type DE	48
5.2.	Nevelen met een spuitbus	49
5.3.	Roken	49
6.	Ultralaagvolume-ruimtebehandeling	50
6.1.	LVM	50
6.1.1.	Werking van een LVM	50
6.1.2.	Verskillende uitvoeringen van LVM-installaties	51
6.1.3.	Berekening van het aantal ondersteuningsventilatoren	52
6.1.4.	Berekening van het aantal benodigde LVM-koppen	53
6.1.5.	Belangrijke aspecten van een LVM-behandeling	54
6.1.6.	Druppelgrootte bij een LVM-behandeling	55
6.1.7.	Toepassingen van een LVM-installatie	56

6.1.8.	Afluchten na een LVM-behandeling	56
6.1.9.	Praktijkgegevens van een LVM	57
7.	Emissie van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw	58
7.1.	Depositie- en luchtconcentratiemetingen bij een LVM, een Pulsfog en een hoogvolume-spuit	58
7.1.1.	Proefbeschrijving	58
7.1.2.	Luchtconcentratiemetingen	58
7.1.3.	Depositie-metingen op het gewas, het kasdek en de grond	59
7.1.4.	Condenswatermetingen	60
7.1.5.	Massabalans	60
	Literatuurlijst	62

- Bijlage 1.** Resultaten van een onderzoek naar de factoren die een gepulseerde bespuiting beïnvloeden
- Bijlage 2.** Theorie van de stabiliteit van een geladen druppel
- Bijlage 3.** Soortelijke massa, oppervlaktespanning en dynamische viscositeit van draagstoffen VK 1, VK 2, water, Nevolin, Nevocol en 3 verschillende concentraties Bayleton wettable powder bij 20 °C
- Bijlage 4.** Sproeieruitvoeringen voor fog-apparaat SN 11
- Bijlage 5.** De volumestroom, VMD, d_{v10} en d_{v90} gemeten bij verschillende sproeiers van een fog-apparaat type SN 11 en een fog-apparaat type DE
- Bijlage 6.** Concentratie- en druppelgrootteverdelingsmetingen
- Bijlage 7.** Tracers
- Bijlage 8.** Trefwoordencombinaties die gemaakt zijn om met de bestanden Agralin, Cab en Phytomed tot een literatuurlijst te komen van artikels, waarin toedieningstechnieken van bestrijdingsmiddelen behandeld worden
- Bijlage 9.** Inhoudsopgave van het literatuuronderzoek van het IMAG naar toedieningstechnieken in de landbouw d.d. 04-05-92

SAMENVATTING

Technieken voor bovengrondse toediening van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw kunnen onderverdeeld worden in gewasbehandelingen en ruimtebehandelingen.

Spuiten met luchtondersteuning, gepulseerd spuiten, spuiten met afdekplaat en conventioneel hoogvolume-spuiten zijn hoogvolume-gewasbehandelingen. Bij conventioneel hoogvolume-spuiten ligt het vloeistofverbruik tussen 500 en 2500 l/ha. De vloeistofverdeling is bij handgedragen spuitapparatuur afhankelijk van de bediener. Een goed afgestelde spuitmast of spuitboom heeft t.o.v. handgedragen spuitapparatuur een gelijkmatigere vloeistofverdeling over het gewas, waardoor het water- en middelgebruik gereduceerd kan worden.

Luchtondersteuning verhoogt de indringsnelheid en de indringdiepte in het gewas. Luchtondersteuning reduceert het vloeistofverbruik. Het kan zowel in de spuitdop als op een ontwikkeld spuitbeeld toegepast worden. Het aanbrengen van een afdekplaat bij de spuitdoppen verhoogt de indringsnelheid. Spleetdoppen krijgen door een diepere indringing van de nevel, de lagere driftgevoeligheid en het smallere en scherper begrensde spuitbeeld de voorkeur boven werveldoppen.

Electrostatisch (en electrodynamisch) spuiten, gewasgericht nevelen, fijnnevelen en stuiven zijn laagvolume-gewasbehandelingen. Bij electrostatisch (en electrodynamisch) spuiten zorgt een elektrische lading voor het uiteenslaan van de vloeistof in geladen druppeltjes. De vloeistofeigenschappen en de elektrische veldsterkte bepalen de druppelgrootte. Bij gewasgericht nevelen wordt maximaal 400 l/ha verneveld met een druppelgrootte tot 200 μ . Deze nevel kan gerealiseerd worden met een schijfvernevelaar, een motorrugnevelspuit, een apparaat met luchtondersteuning in de spuitdop (Teemizer) of een kooivernevelaar. Met een motorrugnevelspuit worden kleine kasoppervlakken behandeld, waarbij de druppelgrootte afhankelijk is van de vloeistoftoevoer. Bij een kooivernevelaar is de druppelgrootte afhankelijk van de rotatiesnelheid van de kooi, de maasbreedte en de vloeistofeigenschappen. De druppelgrootte is meestal afgesteld op ongeveer 80 μ , met een vloeistofdoserings van 40 l/ha. Bij fijnnevelen wordt met een colfogger vloeistof bij een druk van 20 MPa verneveld in druppels van 30 tot 70 μ . Door de hoge druk is een colfogger onderhoudsgevoelig en slecht te mechaniseren. Bij stuiven wordt bestrijdingsmiddel door een motorpoederderverstuiver in droge vorm op het gewas gebracht. Stuiven is een toedienings-

techniek die niet veel meer toegepast wordt.

Foggen, nevelen met een spuitbus en roken zijn laagvolume-ruimtebehandelingen. Integenstelling tot een fog-behandeling wordt nevelen met een spuitbus of roken meestal slechts ingezet als ondersteunende techniek. Met een fog-apparaat wordt een nevel verkregen met een VMD tussen 12 en 25 μ .

Een LVM is een ultralaagvolume-ruimtebehandeling, waarbij zeer kleine druppels door luchtondersteuning gelijkmatig over de ruimte verdeeld worden. Bij een hoog, vol gewas wordt in een kas met weinig ruimte boven het gewas de luchtcirculatie gestoord, en wordt een LVM-behandeling afgeraden. Voor deze toepassing wordt in Japan een plastic buis met gaten aan de uitstroomopening van de ventilator van de LVM bevestigd, waardoor een ruimtebehandeling van onderaf gerealiseerd wordt.

De druppelgrootte die met een toedieningstechniek gerealiseerd moet worden is afhankelijk van het gewenste doel. Schimmelbestrijding vereist een grotere druppel dan insectenbestrijding. Bij een plaag bovenin het gewas is het druppelspektrum minder belangrijk als bij een plaag onderin het gewas. Een plaag onderin het gewas vereist zowel grote druppels die de bladeren in beweging brengen als kleine, beweeglijke druppels met een grote druppelsnelheid. Luchtondersteuning is een manier om de druppelsnelheid langer op niveau te houden en eventueel zelfs te verhogen.

Druppels zijn in de glastuinbouw minder snel onderhevig aan drift dan in de akkerbouw, omdat de toediening uitgevoerd wordt in een gesloten ruimte. Er worden derhalve doppen toegepast die bij een t.o.v. de akkerbouw relatief hoge druk (0,8 tot 2,0 MPa) een spektrum met een lage VMD leveren. Kleine druppels bedekken bij gelijkblijvend vloeistofvolume een groter oppervlak dan grote druppels.

Hydraulische doppen hebben een breed spektrum. Door spuitvloeistof een gecontroleerde puls te geven wordt een smal spektrum verkregen, waarbij de druppelgrootte instelbaar is door de frequentie van de puls te veranderen.

Bij een ruimtebehandeling komt aan de onderkant van de bladeren nauwelijks middel terecht. De werking berust op dampwerking van het middel.

Bij electrostatisch (en electrodynamisch) spuiten komt door de aantrekkingskracht van het gewas en de kasopstanden minder spuitvloeistof op de grond terecht. De indringing in het gewas is echter slecht. Luchtondersteuning kan neerslaan van geladen druppeltjes op de kasopstanden verminderen en de indringing verbeteren.

Naast apparatuur en vloeistof zijn de windsnelheid buiten de kas, de relatieve luchtvochtigheid (RV) en de temperatuur van invloed op een ruimtebehandeling. Een toename van de windsnelheid buiten de kas vergroot de emissie. Een temperatuurstijging heeft verdamping tot gevolg, waardoor de emissie toeneemt. Een wetenschappelijke verklaring van de RV-waarden wordt niet gegeven. Er wordt echter aangeraden geen ruimtebehandeling uit te voeren met een RV hoger dan 90 % of een temperatuur hoger dan 30 °C. Het sluiten van een scherm beïnvloedt zowel de RV als de temperatuur. Door het sluiten van een folie-schermbekleding met anti-condenswerking kunnen condensdruppels met hoge middelenconcentraties van het scherm losraken en gewasschade opleveren. Het sluiten van een folie-schermbekleding met anti-condenswerking wordt bij een ruimtebehandeling derhalve afgeraden.

Bij een praktijkproef werden de emissie-stromen gemeten van een conventionele hoogvolume-spuit, een LVM en een Pulsfog. In een kas met tomatenplanten werd bij het hoogvolume-spuiten alle spuitvloeistof teruggevonden, terwijl bij de fog-behandeling slechts een gering percentage teruggevonden werd. Bij de LVM-behandeling lag de teruggevonden hoeveelheid spuitvloeistof hiertussenin. Het percentage spuitvloeistof op het gewas t.o.v. de teruggevonden hoeveelheid spuitvloeistof was bij elk apparaat ongeveer gelijk. Bij hoogvolume-spuiten kwam relatief meer vloeistof op de grond dan bij de LVM en de Pulsfog. Zowel op het kasdek, in het condenswater als naar de buitenlucht werd relatief meer teruggevonden bij de LVM en de Pulsfog dan bij de hoogvolume-spuit. In een lege kas was de depositie op de grond bij een LVM en een Pulsfog nagenoeg evengroot. Op het kasdek en in het condenswater werd bij de LVM echter beduidend meer teruggevonden.

BEGRIPPENKADER

Bedekkingsgraad

De bedekkingsgraad geeft het gedeelte van het oppervlak dat met druppels bedekt is weer (in %). Het kan groot verschil uitmaken of deze bedekkingsgraad gemeten wordt aan de hand van druppels of op basis van de vlekken die overblijven nadat de druppels zijn ingedroogd (werkelijke bedekkingsgraad).

CABO

Centrum voor Agro Biologisch Onderzoek.

Collectie-efficiëntie

Kleine druppels hebben de neiging om met de lucht om oppervlakken heen te gaan i.p.v. erop neer te slaan. Dit verschijnsel bepaalt de collectie-efficiëntie van een doel. Dit is het aantal druppels van een bepaalde afmeting die inslaan op een doel, vergeleken met het aantal dat door het geprojecteerde oppervlak van het doel zou gaan, als het doel weggehaald wordt. De collectie-efficiëntie is recht evenredig met VMD en de luchtsnelheid, en omgekeerd evenredig met de oppervlakte van het doel.

Contacthoek

De contacthoek is een maat voor de uiteindelijke vorm die een druppel na depositie aanneemt (bolheid of platheid). Deze wordt bepaald door de resultante van krachten in de grensvlakken vloeistof, lucht en ondergrond. Door inzakken van de druppel t.g.v. de zwaartekracht daalt de grootte van de contacthoek. Door verdamping neemt bovendien het volume van de druppel af, waardoor de contacthoek voor een kleine druppel moeilijk te bepalen is.

Depositie

Depositie is het proces waarbij, als gevolg van sedimentatie, inslag of opvangen, pesticiden neerslaan en zich hechten op oppervlakken. Vaak wordt het begrip depositie gebruikt om aan te geven hoeveel stof per oppervlakte-eenheid zich aan het te bespuiten oppervlak heeft gehecht (= retentie). Het begrip depositie wordt ook gebruikt om aan te geven hoe de pesticiden over het oppervlak zijn verdeeld (aantallen en soorten druppels).

Dopcode-nummering

8002

Een dop met een tophoek van 80 graden. De vloeistofafgifte wordt bepaald door de waarde van de laatste 2 cijfers. Deze waarde geeft de vloeistofafgifte van de dop bij een druk van 2 MPa in liter/min.

110015

Een dop met een tophoek van 110 graden. De vloeistofafgifte wordt bepaald door de waarde van de laatste 2 cijfers. Deze waarde geeft de vloeistofafgifte van de dop bij een druk van 2 MPa in liter/min.

Drift

Ongewenste emissie van bestrijdingsmiddelen in de vloeistoffase naar de lucht, ten gevolge van luchtbeweging.

Druppelgrootte-verdeling

Beeld omtrent de verdeling in klassen naar grootte en aantallen van druppels per klasse, gemeten aan de hand van een "wolk" van druppels in de lucht of een verzameling druppels op een oppervlak. De term wordt vaak onterecht toegekend aan een verzameling "vlekken" op een oppervlak nadat de druppels zijn opgedroogd.

 d_{v10}

De grootte van de druppel, die samen met alle kleinere druppels 10 % van het totale volume van het druppelgroottespectrum inneemt.

 d_{v90}

De grootte van de druppel, die samen met alle kleinere druppels 90 % van het totale volume van het druppelgroottespectrum inneemt.

Emulsie

Bij een emulsie komt het bestrijdingsmiddel in vloeibare vorm voor. Bij het mengen bewegen de kleine vloeistofdeeltjes zich in het water, maar lossen niet op. De deeltjesgrootte is kleiner dan 20 μ , waardoor verstopping van de nozzle niet makkelijk op zal treden. Een nadeel van een emulsie is echter het schuimen van de vloeistof.

IMAG

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen.

Leaf Area Index (L.A.I.)

De totale bladoppervlakte van een gewas per bodemoppervlak.

MJPG

Meerjarenplan Gewasbescherming.

MPa

De eenheid van druk is Pascal (Pa). MPa is een afkorting van Mega Pascal, hetgeen gelijk is aan 10 bar.

mu

De afkorting van de lengte-eenheid micrometer is μm . De uitspraak hiervan is mu. In dit verslag wordt micrometer weergegeven door mu.

Number Median Diameter (NMD)

De diameter waarbij 50 % van het druppelaantal een kleinere en 50 % een grotere diameter heeft.

Oppervlaktespanning

De oppervlaktespanning is een maat voor de krachten aan het grensvlak tussen vloeistof en lucht van een druppel, die in hoge mate de stabiliteit en vormvastheid van druppels bepaalt. Hierdoor wordt ook de vorm bepaald die de druppel aanneemt nadat deze op een ondergrond tot stilstand komt, en bepaalt mede de grootte van het oppervlak dat door de druppel bevochtigd wordt. De eenheid van oppervlaktespanning is N/m.

PTG

Proefstation voor Tuinbouw onder Glas.

Retentie

De hoeveelheid pesticide (geformuleerd product of actieve stof) die per oppervlakte-eenheid als gevolg van sedimentatie, inslag of opvang na een bespuiting op een oppervlak is neergekomen.

Sauter Mean Diameter (SMD)

De druppelgrootte met dezelfde volume/oppervlak verhouding als het gezamenlijk geanalyseerde druppelgroottespektrum. In formulevorm:

$$\text{SMD} = E(d_i^3 \times n_i) / E(d_i^2 \times n_i)$$

Hierin is: E = Sigma

d_i = Druppelgrootte per klasse

i = Klassennummer

n_i = Druppelaantal per klasse

SC

Staring Centrum.

Suspensie

Bij een suspensie komt het bestrijdingsmiddel in vaste vorm voor. De kleine vaste deeltjes zweven in het water, maar lossen niet op. Suspensies kunnen na verloop van tijd ontmengen. Roeren is derhalve noodzakelijk. Suspensies komen ook in de lucht voor. Dergelijke zwevende deeltjes worden aerosolen genoemd. Bij spuitpoeder is de werkzame stof meestal gekoppeld aan een draagstof om de zweefeigenschappen te verbeteren.

Viscositeit

De viscositeit is een grootte die de weerstand van een stromend medium tegen deformaties aangeeft, veroorzaakt door inwendige wrijving tussen de deeltjes. Het is een maat voor de taaiheid of de stroperigheid van een vloeistof. Een vloeistof heeft een dynamische- en een kinematische viscositeit. De kinematische viscositeit (m^2/s) is de dynamische viscositeit ($\text{N.s}/\text{m}^2$) gedeeld door de soortelijke massa (kg/m^3).

Volume Median Diameter (VMD)

De VMD is de druppelgrootte waaronder alle druppels de helft van het totale volume vormen. De VMD volgt uit formule:

$$V/2 = (\pi/6) \sum_{i=1}^k n_i \times d_i^3$$

1. INLEIDING

In de glastuinbouw worden bestrijdingsmiddelen gebruikt om een produkt van goede kwaliteit op de markt te brengen. Aan toedieningstechnieken in de glastuinbouw werden in het verleden alleen eisen gesteld aan het bedieningsgemak. Er worden nu ook eisen gesteld aan de belasting van het milieu. In het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG) worden emissie-reducties van bestrijdingsmiddelen naar zowel lucht, water als grond geëist. De huidige ongecontroleerde toedieningssituatie brengt een chemisch middel ook op ongewenste plaatsen. Door de bron van emissie, de spuitapparatuur, aan te passen kan de ongewenste werking, en daarmee de emissie, gereduceerd worden.

Om aan de eisen van het MJPG te voldoen is een aantal programma's opgezet. Het PTG-project, waarbij toedieningstechnieken van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw worden aangepast en ontwikkeld, is een onderdeel van het programma "Emissie-beperkende toedieningstechnieken". Bij dit programma heeft het IMAG de programmaleiding, en wordt steun verleend door het Staring Centrum (SC) en het CABO. Een coördinatiegroep houdt toezicht op de uitvoering van het programma. De eerste activiteit in het project is dit literatuuronderzoek naar emissie en toedieningstechnieken. Uit de literatuurbestanden Agralin, Cab en Phytomed werd d.m.v. trefwoordencombinaties een literatuurlijst met ongeveer 300 titels verkregen. Door de vele artikels op het gebied van toedieningstechnieken zou de literatuurlijst zeer makkelijk uitgebreid kunnen worden. De tijd voor de literatuurstudie was beperkt, waardoor een literatuurlijst met maximaal 300 titels verwerkt kon worden. In bijlage 8 staan de trefwoordencombinaties weergegeven, waarmee deze literatuurlijst verkregen is. Reductie van deze lijst door niet relevante of dubbele artikels te verwijderen leverde een lijst op met ongeveer 150 titels. Van deze lijst zijn alle artikels gelezen. Door de artikels die niets toevoegen niet op te nemen werd de literatuurlijst van blz.62 verkregen. In deze lijst staan ook enkele artikels, die niet op de beschreven wijze verkregen zijn, maar door het leveren van informatie wel in de literatuurlijst opgenomen moeten worden.

Er werd veel informatie over de toedieningstechnieken gevonden, maar over emissie van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw werd slechts één rapport gevonden. Hierin werd de depositie en de luchtconcentratie bij een LVM, een Pulsfog en een hoogvolume-spuit gemeten. De resultaten van deze metingen zijn in hoofdstuk 7 verwerkt.

Dit literatuuronderzoek richt zich op de bovengrondse toedieningstechnieken. De ondergrondse toedieningstechnieken, waaronder de wortelbehandelingsmethoden, vallen onder het project Gesloten systemen, en worden in dit onderzoek derhalve niet meegenomen. De bovengrondse toedieningstechnieken in de glastuinbouw zijn onder te verdelen in gewasbehandelingen of ruimtebehandelingen. Gewasbehandelingen worden onderverdeeld in hoogvolume-technieken en in laagvolume-technieken. Deze worden respectievelijk in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 behandeld. In hoofdstuk 2 worden de spuitdoppen behandeld die bij hoogvolume-behandelingen gebruikt worden. De spuitdoppen met specifieke toepassing op spuitbomen en spuitmasten worden ook in hoofdstuk 3 behandeld. Ruimtebehandelingen worden onderverdeeld in laagvolume-technieken en ultralaagvolume-technieken. Deze worden respectievelijk in hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6 behandeld.

Om emissie te kunnen bepalen is het belangrijk kennis van meetmethodieken te verzamelen, waarbij gebruik wordt gemaakt van concentratiemetingen, druppel-grootteverdelingsmetingen en tracers. Daar deze kennis echter niet het hoofddoel van het onderzoek was is deze informatie in bijlagen gezet (respectievelijk bijlage 6 en bijlage 7).

Op het IMAG is een overkoepelend literatuuronderzoek naar toedieningstechnieken van bestrijdingsmiddelen in de landbouw verricht. Hierin wordt achtereenvolgens de bij een bestrijding te gebruiken chemicaliën, de toedieningstechnieken, druppelvorming, drift, depositie, meettechnieken en theoretische achtergrondinformatie van de stroomeigenschappen van vloeistoffen en lucht, uitvoerig behandeld. De inhoudsopgave van dit verslag staat in bijlage 9.

2. SPUITDOPPEN

Bij enkele bovengrondse toedieningstechnieken van bestrijdingsmiddelen worden werveldoppen en spleetdoppen gebruikt. Werveldoppen kunnen onderverdeeld worden in doppen met volle kegel, doppen met holle kegel en tweekamerwerveldoppen. Spleetdoppen kunnen onderverdeeld worden in standaard spleetdoppen, dubbele spleetdoppen, "Evenspray" spleetdoppen, LP-spleetdoppen en tweekamerspleetdoppen. Een LP-spleetdop is een anti-driftdop. Naast werveldoppen en spleetdoppen worden ook anti-driftdoppen in dit hoofdstuk opgenomen.

2.1. Werveldoppen

Bij werveldoppen wordt een deel van de door de pomp geleverde energie gebruikt voor het in rotatie brengen van de vloeistof [28]. Hierdoor hebben druppels van werveldoppen t.o.v. druppels van spleetdoppen bij dezelfde druk een lagere snelheid, en derhalve minder indringing in het gewas [20,28]. De druppelgrootte daalt bij drukstijging, tot een bepaalde grens bereikt wordt. Boven deze grensdruk neemt de druppelgrootte nauwelijks meer af. De grensdruk is afhankelijk van het doptype. Bij de meeste werveldoppen treedt dit op bij 1 MPa. Het spuitvolume blijft echter wel toenemen [72].

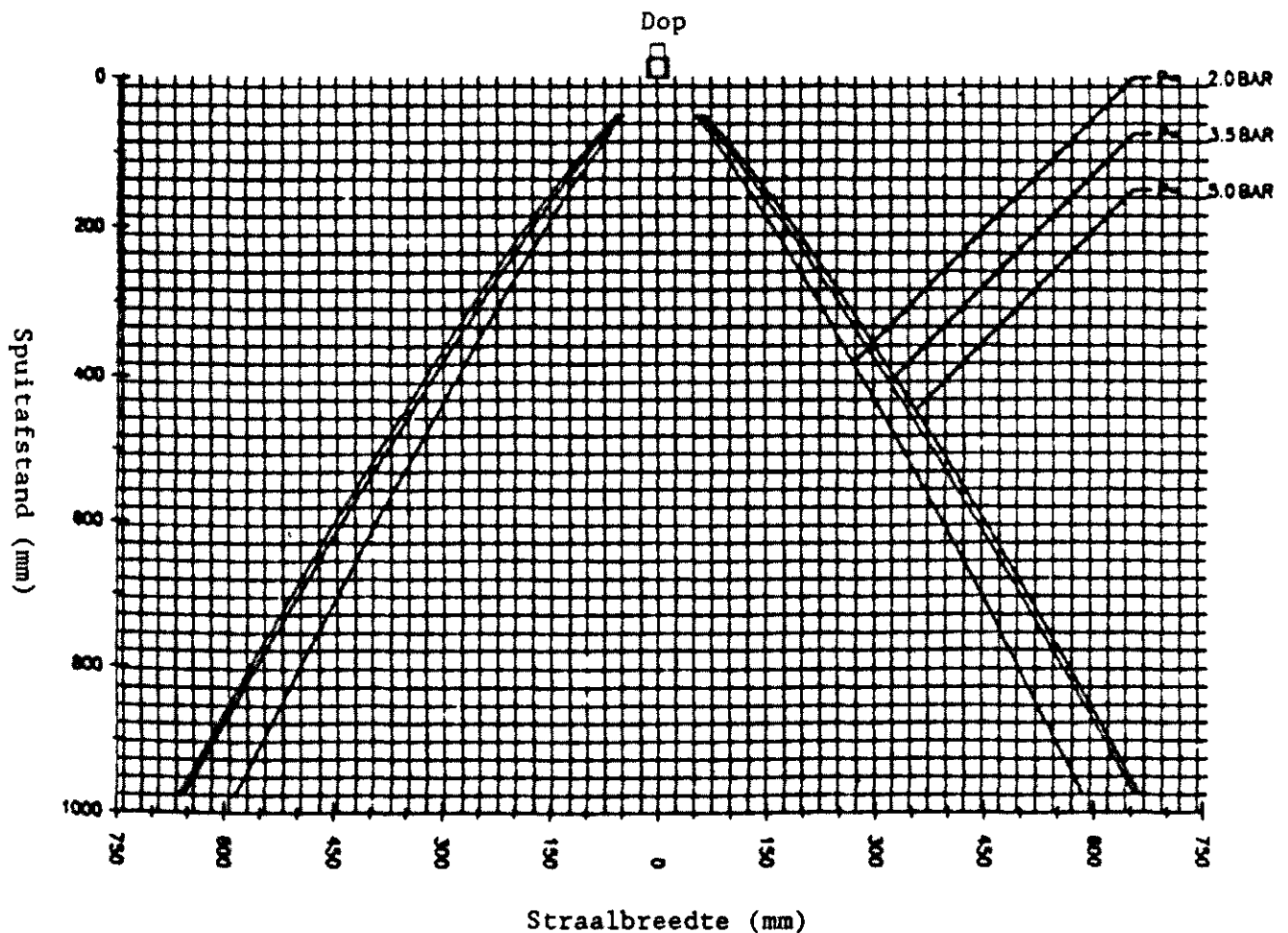
Voor de toediening van bestrijdingsmiddelen kan zowel een werveldop met een holle kegel als een werveldop met een volle kegel gebruikt worden. Het enige verschil tussen deze twee doppen is het afgegeven spuitbeeld. Een werveldop met volle kegel geeft een gesloten spuitbeeld en een werveldop met holle kegel niet. Naast deze twee doppen is het ook mogelijk een tweekamerwerveldop te gebruiken.

Het spuitbeeld van een tweekamerwerveldop lijkt op dat van een werveldop met holle kegel. Een tweekamerwerveldop is een spuitdop met 2 wervelkamers. In de tweede wervelkamer worden de kleine druppels samengevoegd tot grotere druppels, hetgeen extra energie kost. Tot een druk van 0,8 MPa geeft deze dop een uniforme, grove druppel [72]. Grote druppels komen snel tegen het gewas tot stilstand en brengen hierdoor het gewas in beweging. Om het bestrijdingsmiddel onderin het gewas te krijgen zijn naast grote druppels die het gewas in beweging brengen ook kleine, beweeglijke druppels met een hoge snelheid vereïst. De indringing in het gewas is bij een tweekamerwerveldop derhalve matig [toevoeging auteur].

Door de extra werveling in de tweede wervelkamer wordt de vloeistof met een

grotere centrifugaalkracht uit het spuitgat geslingerd, waardoor de tophoek groter wordt.

Een spuitdop heeft een bepaalde tophoek. Bij elke spuitdop wordt de tophoek door druktoename groter, tot een maximumwaarde bereikt wordt. Een verdere druktoename heeft een daling van de tophoek tot gevolg [72]. In figuur 1 is de straalbreedte van een holkegelwerveldop bij 3 verschillende drukken uitgezet tegen de spuitafstand. Uit deze grafiek kan de tophoek van de dop bij 3 verschillende drukken bepaald worden. Bij het toenemen van de druk wordt de tophoek groter. Het afnemen van de tophoek is hier niet zichtbaar, omdat de maximumwaarde bij 0,5 MPa nog niet bereikt is [76].



Figuur 1. De straalbreedte (mm) van een holkegelwerveldop bij 3 verschillende drukken (bar) uitgezet tegen de spuitafstand (mm)

Behalve door het dooptype en de druk wordt de tophoek ook beïnvloed door de viscositeit en de oppervlaktespanning van de spuitvloeistof. Een toename van de viscositeit of de oppervlaktespanning heeft een kleinere tophoek tot gevolg [79].

Werveldoppen worden in de glastuinbouw in spuitbomen en spuitmasten nagenoeg niet meer toegepast, maar vinden nog toepassing in handgedragen spuitapparatuur. De werkdruk ligt tussen 1 en 4 MPa. In de akkerbouw ligt de werkdruk bij werveldoppen tussen 0,3 en 0,5 MPa [toevoeging auteur].

2.2. Spleetdoppen

Bij een spleetdop treedt de vloeistof uit de lensvormige spuitopening als een plat vlies [20,72]. De dikte van het vlies en de grootte van de druppels wordt bepaald door de breedte van de spleet. De vloeistofstroom van een spleetdop blijft t.o.v. die van een werveldop compact, waardoor de invloed van de luchtwrijving op de druppels kleiner is. Hierdoor is een spleetdop minder driftgevoelig dan een werveldop [toevoeging auteur].

De druppelgrootte daalt bij drukstijging, tot een bepaalde grens bereikt wordt. Boven deze grensdruk neemt de druppelgrootte nauwelijks meer af [8,72]. De grensdruk is afhankelijk van het dooptype. Bij de meeste spleetdoppen treedt dit op bij 0,7 MPa. Het spuitvolume blijft echter wel toenemen [72].

Met een laser is bij verschillende drukken de druppelgrootte bepaald van de afgifte van een hoogvolume-spuit met 8002-spleetdoppen. De resultaten hiervan staan in tabel 1. In tabel 1 staat dat bij toenemen van de druk het aantal kleine druppels toeneemt [63].

Tabel 1. Resultaten van druppelmetingen bij een 8002-spleetdop

Druk (MPa)	VMD (μ)	Druppels kleiner
		dan 106 μ (%)
0,1	452	1,4
0,2	253	12,6
0,3	202	18,7
0,4	175	23,6

De spuitbeelden van spleetdoppen mogen elkaar niet raken. Dit kan gerealiseerd

worden door de doppen te verdraaien. Spleetdoppen zijn bij dezelfde rijsnelheid gevoeliger voor zwiepen (bewegingen in het horizontale vlak) dan doppen die in de rijrichting een grotere kegeldiameter hebben [20].

Een spleetdop heeft een breed druppelgroottespektrum. De grote druppels brengen het gewas in beweging en de kleine, beweeglijke druppels dringen met hoge snelheid het gewas in. De indringing in het gewas is bij spleetdoppen derhalve groter dan bij werveldoppen.

In de akkerbouw worden spleetdoppen met een tophoek van 65, 80 en 110 graden bij een werkdruk tussen 0,2 en 0,3 toegepast. De uittreesnelheid van druppels bij een spleetdop Teejet 11002 bij 0,25 MPa is 17 m/s. Op een afstand van 0,5 meter is de snelheid gedaald tot 2 m/s [2]. In de glastuinbouw worden spleetdoppen met een tophoek van 80 en 110 graden bij een werkdruk tussen 1,0 en 1,5 MPa toegepast.

De tophoek van een dop kan enkele graden verschillen t.o.v. de opgegeven waarde door keuze van spuitvloeistof en druk.

Naast de standaard spleetdoppen zijn er nog enkele spleetdoppen die gebruikt kunnen worden voor het toedienen van bestrijdingsmiddelen. Deze doppen zijn:

* Dubbele spleetdop

De dop levert twee spuitkegels. Beide kegels staan gericht onder een hoek van 30 graden, de één naar voren en de ander naar achteren. Hierdoor wordt elke plant van 2 kanten bespoten. Het gevolg is een betere bedekking van de plant dan bij de spleetdop. De dop is zeer geschikt voor rijenbespuiting [72].

* "Evenspray" spleetdop

Deze dop heeft een scherp afgebakende dwarsverdeling, en een zeer gelijkmatige vloeistofverdeling over de kegel. De dop wordt alleen toegepast bij rijenbespuiting. De kans op drift is door de compacte vloeistofstroom t.o.v. werveldoppen klein [72].

* LP-spleetdop

Deze dop is zo gemaakt dat het spektrum bij een lage druk smal is. De druppels zijn aanmerkelijk groter dan bij een standaard spleetdop [4,46,72]. Een 110015 LP-dop heeft bij 0,15 MPa een vloeistofafgifte van 0,68 l/min en een VMD van 340 μ m. Bij dezelfde afgifte is met een standaard spleetdop 110015 bij 0,4 MPa de VMD kleiner dan 175 μ m. Grote druppels zijn minder driftgevoelig. De LP-dop

vermindert derhalve drift.

Ondanks de relatief grote druppelvorming kan met deze dop lage vloeistofhoeveelheden verspoten worden zonder dat verstoringen of verstoppingen optreden. De lagere spuitdruk heeft ook minder slijtage van de dop tot gevolg. Deze dop wordt overal gebruikt worden waar geen kleine druppels benodigd zijn, zoals bijvoorbeeld in de akkerbouw [46]. Een nadeel van de dop is de gevoeligheid voor de storende invloed van terugslagklepjes of membraantjes op nadruppelen [72].

* Tweekamerspleetdop

Deze dop heeft tussen het zeefje en het spleetmondstuk een plaatje met een gecalibreerde opening. Er zijn ook bij hoge drukken bijna geen druppels kleiner dan 200 μ . Door de grote druppelvorming zijn tweekamerspleetdoppen niet geschikt voor toepassing in de glastuinbouw. De dwarsverdeling is identiek aan die van een conventionele spleetdop [72].

2.3. Anti-driftdoppen

Bij de keuze van een spuitdop moet een kompromis gevonden worden tussen een goede bedekking en de beperking van drift. Er zijn doppen op de markt die drift beperken door niet-gewenste kleine druppels te reduceren, zoals de RD Raindropdop (Delavan Corp.), de LP-spleetdop (Delavan Corp.) en de AD-dop (Lechler). Door de grotere druppelvorming zijn deze doppen niet geschikt voor het toedienen van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw [4].

2.4. Onderhoud van spuitdoppen

Het controleren op slijtage van spuitdoppen kan worden gerealiseerd door de vloeistofafgifte gedurende een bepaalde tijdseenheid op te vangen. Doppen die te weinig vloeistof afgeven moeten opengedraaid, waarna de doppen en de filters in de doppen schoongemaakt moeten worden. Vuil kan uit doppen verwijderd worden door een oplosmiddel Schering RM 78 te gebruiken. De doppen moeten enkele uren in het oplosmiddel liggen. Daarna moeten ze met een borsteltje gereinigd worden [20]. Indien de vloeistofafgifte na het schoonmaken meer dan 15 % van de opgegeven waarde afwijkt, dan is er sprake van slijtage. Wanneer 1 dop versleten is kunnen beter alle spuitmondjes en spuitplaatjes vervangen worden [20,38].

3. HOOGVOLUME-GEWASBEHANDELING

Een hoogvolume-gewasbehandeling wordt gerealiseerd door hoogvolume-sputten. Bij hoogvolume-sputten wordt vloeistof door een pomp door spuitdoppen geperst, waardoor een nevel ontstaat. Het dooptype en het aantal doppen is toepassingsafhankelijk.

3.1. Factoren die een hoogvolume-besputting beïnvloeden

Bij een hoogvolume-besputting zijn druk, dooptype, spuitvloeistof, voortbewegingssnelheid, gewastype, gewashoogte en klimaatsfactoren van invloed op het depositiepatroon.

Het druppelgroottespektrum dat een spuitdop afgeeft wordt beïnvloed door de druk, het dooptype en de fysische eigenschappen van de spuitvloeistof. Door de dopkeuze (soort dop, boring van de dop) en de werkdruk wordt voor een afgifte en een dubbeltgrootte-spektrum gekozen. Door een toename van de viscositeit of van de oppervlaktespanning van een vloeistof stijgt de VMD. Een toename van de soortelijke massa van een vloeistof heeft een daling van de VMD tot gevolg [72].

Naast het spektrum zijn de voortbewegingssnelheid van de spuitapparatuur, het gewastype en de hoogte van het gewas van invloed op de depositie op het gewas. Bij een lage voortbewegingssnelheid dringt de spuitvloeistof dieper in het gewas, omdat de snelheidsvector van de druppels meer naar het gewas gericht is. Daarom moet bij een vol gewas langzamer gereden worden dan bij een gewas waarbij de vloeistofstroom nauwelijks geremd wordt.

Elk gewastype heeft een eigen bladoppervlakte-structuur en een ruimtelijke bladverdeling. Dit vergt een aangepaste afstelling van de spuitapparatuur. Bij een besputting van bovenaf is de hoogte van het gewas van invloed op de indringing en de te versputten vloeistofhoeveelheid. Wanneer een gewas groeit, neemt de te bereiken indringdiepte toe. Hiervoor dienen aparte maatregelen genomen te worden, zoals het verlagen van de snelheid van het spuitapparaat [toevoeging auteur].

Door schaduwwerking komt een gedeelte van een plant niet in aanraking met de spuitvloeistof door overlap van bladeren. Schaduwwerking moet zoveel mogelijk vermeden worden [23].

Grote druppels met een hoge kinetische energie veroorzaken een grotere bladbeweging, en daarmee een betere menging van druppels en gewas. Een betere menging

betekent een betere indringing.

In de glastuinbouw is bij volgroeide gewassen waarbij blaadjes aan de stam zitten, een breed druppelgroottespektrum zinvol. Grote druppels brengen het gewas in beweging, en de kleine, beweeglijke druppels dringen met hoge snelheid het gewas in. Aangezien kleine druppels onderin het gewas komen, en druppels in de glastuinbouw minder driftgevoelig zijn dan in de akkerbouw, moet de gemiddelde druppeldiameter over het algemeen klein zijn.

Om een gelijkmatige bedekking van een gewasoppervlak te verkrijgen is met kleine druppels de benodigde vloeistofhoeveelheid kleiner dan met grote druppels. De formule luidt:

$$V_2/V_1 = d_2/d_1$$

V = Vloeistofvolume

d = Druppeldiameter

Door de geringe afdruiptverliezen bij kleine druppels t.o.v. grote druppels kan de benodigde vloeistofhoeveelheid verder gereduceerd worden [toevoeging auteur].

Om druppels te verkrijgen met een breed spektrum en een lage VMD worden op spuitmasten de spleetdoppen 80015 en 8002 en op spuitbomen de spleetdoppen 110015 en 11002 veel gebruikt. De werkdruk van deze doppen ligt tussen 1,0 en 1,5 MPa. Bij deze druk is de snelheid van de druppels hoog.

De werkdruk mag niet onbepaald verhoogd worden. De druppels kunnen namelijk te klein worden, waardoor ze niet goed meer op het gewas afzetten, hetgeen een laag bestrijdingseffect tot gevolg heeft [33].

Bij het bestrijden van schimmels is een grotere druppel gewenst dan bij het bestrijden van insecten. Schimmels kunnen goed worden bestreden met een druppelgrootte van ongeveer 150 μ [21]. Hierbij wordt derhalve geen 015-dop gebruikt, maar een 02-dop of een 03-dop. Voor het bestrijden van insecten is 70 μ voldoende. Alle ziekten en plagen kunnen in principe bestreden worden met druppels tussen 70 en 150 μ [21].

Bij het bestrijden van een plaag kan een tegenstelling ontstaan tussen de plantkundige eis aan de druppelgrootte en het technische vermogen het gewenste spektrum te realiseren. Er moet dan gekozen worden voor een instelling van de apparatuur, waarbij het gewenste spektrum zo optimaal mogelijk benaderd wordt

[toevoeging auteur].

De klimaatsfactoren instraling, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (RV) beïnvloeden een hoogvolume-bespuiting. Een RV hoger dan 90 % moet vermeden worden [10].

3.2. Hoogvolume-spuitmethoden

Een bespuiting kan worden uitgevoerd met een stationaire- of een verplaatsbare hoogvolume-spuit.

Een stationaire hoogvolume-spuit staat op een vaste plaats opgesteld. Het transport van de spuitvloeistof naar de kas vindt plaats door een vaste leiding met daarin opgenomen een aantal vaste aftappunten [3]. Er is geen goede controle op de tankinhoud, en er zijn drukverliezen en restverliezen ten gevolge van de (vaak) lange vaste leiding. Deze leiding vergt bovendien relatief veel onderhoud [27].

Bij een verplaatsbare hoogvolume-spuit is de controle op de tankinhoud beter dan bij een stationaire hoogvolume-spuit. Door het ontbreken van een lange, vaste leiding treedt minder drukverlies op, zijn de restverliezen kleiner en is minder onderhoud vereist [3,27].

Bij hoogvolume-spuittechnieken is het belangrijk dat de pomp een regelmatige vloeistofstroom afgeeft. Onderhoud aan de pomp is derhalve erg belangrijk. Het filter van de zuigleiding moet regelmatig worden gereinigd. Indien een in bedrijf zijnde pomp trilt en schokt dan wordt door het zuiggedeelte lucht aanzogen, waardoor de capaciteit sterk kan verminderen. Daarom moeten de koppelingen en klemmen in het aanzuiggedeelte goed aangedraaid worden. Wanneer de zuigleiding een slang is, dan moet deze op scheurtjes gecontroleerd worden [38]. Ook kan drukverlies veroorzaakt worden door slijtage van de drukregulator. Meestal moet de drukstift of de zitting vervangen worden [77].

Hoogvolume-spuiten kan onderverdeeld worden in conventioneel spuiten, spuiten met meegeven van een gecontroleerde puls, spuiten met een afdekplaat en spuiten met luchtondersteuning.

3.2.1. Conventioneel hoogvolume-spuiten

Conventioneel hoogvolume-spuiten kan onderverdeeld worden in hoogvolume-spuiten met handgedragen spuitapparatuur en hoogvolume-spuiten met een spuitboom of spuitmast.

Ongewenste aspecten bij een bespuiting zijn de lange tijdsduur en de gewasscha-

de die kan ontstaan door het toedienen van grote hoeveelheden spuitvloeistof [6]. Hoogvolume-sputten met handgedragen apparatuur is bovendien niet ergonomisch, en de verliezen zijn groot [47].

De te verspuiten vloeistofhoeveelheid is hoog, en is afhankelijk van de gewashoogte en de gebruikte spuitapparatuur. Bij hoogvolume-sputten met handgedragen spuitapparatuur is de benodigde hoeveelheid spuitvloeistof per hectare door een slechtere verdeling (en daardoor grotere verliezen) groter dan bij een spuitboom of spuitmast [22]. De grote hoeveelheid spuitvloeistof heeft een stijging van de RV tot gevolg [8].

3.2.1.1. Handgedragen hoogvolume-sputapparatuur

Onder handgedragen hoogvolume-sputapparatuur valt een spuitstok, een spuitlans, een spuitpistool en een spuitgeweer. De slang, met aan het uiteinde het spuitapparaat, is opgerold op een haspel. Bij deze toepassing kan een veerhaspel gebruikt worden. Door handkracht wordt de slang afgerold. Tijdens het afrollen wordt een verenstelsel gespannen. Bij een veerhaspel is de oprolsnelheid afhankelijk van de persoon. Een slang van 3/8 inch mag maximaal 40 meter lang zijn. Daarboven wordt de spankracht dermate groot dat deze door een man niet meer op te brengen is [3,27]. Ook een haspel met electromotor wordt veel toegepast. Hierbij stelt de bediener de oprolsnelheid van de haspel in en loopt vervolgens naar achteren. Met afstandbediening wordt de haspel vervolgens in werking gezet [77].

De verdeling over het gewas is bij deze toedieningsapparatuur afhankelijk van de bewegingen van de bediener, waardoor gemakkelijk stukken overlapt of overgeslagen worden [72].

De vloeistof wordt verdeeld door één of meer doppen. Elke dop heeft een vrij grote opening. Deze opening is geheel te openen of af te sluiten. Bij een afgesloten gat ontstaat een holle kegel met een grote tophoek. Bij een geheel geopend gat wordt een dichte bundel verkregen.

Bij een gewashoogte tot 25 cm wordt 600 l/ha verspoten. Van 25 tot 50 cm is dit 1000 l/ha, bij 50 tot 100 cm 1500 l/ha, bij 100 tot 150 cm 2000 l/ha en bij een gewashoogte boven de 150 cm wordt 2500 l/ha verspoten [10]. Deze waarden zijn slechts een indicatie van de te verspuiten vloeistofhoeveelheid. Bij een bepaalde gewashoogte kan de hoeveelheid namelijk aanzienlijk verschillen door de dichtheid van het gewas [77,81].

Door de opkomst van spuitbomen en spuitmasten zou handgedragen hoogvolume-

sputapparaat over het algemeen slechts gebruikt moeten worden voor slecht bereikbare plaatsen en voor plaatselijk bestrijden [72]. Er worden echter met een spuitpistool volledige bespuitingen uitgevoerd met goed resultaat en relatief weinig vloeistofverbruik. Een regelmatige verdeling over het oppervlak is kennelijk niet de enige voorwaarde voor een hoog effect. Het gebruik van dergelijke apparatuur mag derhalve niet op voorhand worden afgeschreven [toevoeging auteur].

3.2.1.2. Spuitboom/Spuitmast

Bij een spuitboom zijn een aantal spuitdoppen naast elkaar op een horizontale buis bevestigd. Bij een spuitmast zijn de doppen op een verticale buis bevestigd.

Sputten met een goed afgestelde spuitboom of spuitmast heeft een betere vloeistofverdeling over het kasoppervlak dan handgedragen hoogvolume-sputapparaat. De benodigde hoeveelheid spuitvloeistof bij een spuitboom kan t.o.v. de handgedragen hoogvolume-sputapparaat derhalve worden teruggebracht. Bij een gewashoogte van 0 tot 50 cm kan worden volstaan met 500 tot 800 l/ha. Bij een gewashoogte van 50 tot 150 cm moet er tussen de 1000 en 1500 l/ha versputen worden [22]. Deze waarden geven slechts een indicatie van de te versputen vloeistofhoeveelheid bij een spuitboom. Bij een bepaalde gewashoogte kan de hoeveelheid namelijk aanzienlijk verschillen door de dichtheid van het gewas [77,81].

De spuitdoppen zijn spleetdoppen of werveldoppen. De voorkeur gaat uit naar spleetdoppen. Door deze 15 graden schuin te draaien raken de spuitbeelden elkaar niet, en klonteren de druppels niet samen [5,39,72]. Er komen steeds meer dophouders op de markt die ervoor zorgen dat de doppen altijd in een vaste richting staan. Door de dophouder te kantelen kunnen de doppen worden afgesloten, waardoor de spuitmast zowel bij een laag gewas als een hoogopgaand gewas toegepast kan worden [39]. Voor een spuitboom of een spuitmast moet een filter zijn aangebracht, en moet in elke dophouder een filter aangebracht zijn, om het verstopping van de spuitdop te voorkomen. Bovendien moet een terugslagklepje zijn aangebracht om nadruppelen te voorkomen.

De doppen zijn meestal van keramisch, slijtvast aluminiumoxide. Hierdoor kan lang met dezelfde druppelgrootte en dezelfde hoeveelheid gesputen worden. Veel gebruikte doppen zijn voor spuitbomen de spleetdoppen 110015 en 11002 en voor spuitmasten de spleetdoppen 80015 en 8002. Het vervangen van de doppen moet

eenvoudig verricht kunnen worden. Hierdoor is het namelijk mogelijk de vloeistofafgifte eenvoudig te verkleinen of te vergroten zonder de verdere instelling te veranderen.

De vloeistofverdeling is bij spleetdoppen gelijkmatiger dan bij werveldoppen. Door het elipsvormige spuitbeeld van een spleetdop is (door dwarsverstelling van de doppen) een goede overlap van de spuitbeelden namelijk beter te realiseren dan bij het kegelvormige spuitbeeld van een werveldop [5].

Bij een verdraaiing van een spuitboom in het verticale vlak is er bij het hoogste punt van de boom een grotere overlap dan bij het laagste punt. De verdeling wordt door het verdraaien minder gelijkmatig, waardoor verdraaien zoveel mogelijk voorkomen moet worden.

Zowel een spuitboom als een spuitmast moet in hoogte verstelbaar kunnen worden. Naarmate de afstand van een spuitboom tot het gewas toeneemt, heeft een verdraaiing van de spuitboom een geringer effect op de vloeistofverdeling. Het is voor een gelijkmatige verdeling derhalve gunstig om de afstand van de spuitboom tot het gewas zo groot mogelijk te maken. Het vergroten van de afstand van de spuitboom tot het gewas vergroot de driftgevoeligheid, waardoor de hoogte begrensd wordt [53].

De vloeistofstroom moet met een kraan op de spuitmast of de spuitboom afsluitbaar zijn. Een apparaat met dubbele leidingen moet zowel links en rechts apart afsluitbaar zijn. Om de werkdruk bij de doppen nauwkeurig in te kunnen stellen moet een manometer op de spuitboom of spuitmast gemonteerd zijn. Meestal wordt een afsluitkraan met manometer gemonteerd, zodat de vloeistofstroom snel afsluitbaar is. Een toename van de slanglengte geeft bij gelijkblijvende diameter een stijging van het drukverlies. Indien de drukverliezen te groot worden moet derhalve een slang met een grotere diameter bevestigd worden.

Bij een spuitmast die voortgereden wordt door het oprollen van de slang moet, om de voortbewegingssnelheid zo constant mogelijk te krijgen, de aansluiting van de slang zo laag mogelijk aan de leiding op de mast bevestigd worden. Het onderstel moet zodanig geconstrueerd zijn, dat het spuitscherm dat de doppen afgeven niet beïnvloed wordt door het voortbewegen van de spuitmast [19].

3.2.1.3. Voortbewegen van een spuitboom/spuitmast

Een constante voortbewegingssnelheid is voor een gelijkmatige verdeling van spuitvloeistof over het gewas zeer belangrijk. Als de spuitboom/spuitmast met handkracht, zonder hulpmiddelen, voortbewogen wordt, kan geen constante snel-

heid gerealiseerd worden. Een constante snelheid is haalbaar door gebruik te maken van een aandrijving op de spuitmast of spuitboom, of met een electrisch haspel met speedcontrol. Naast een constante snelheid wordt door gebruik van een aandrijving ook arbeidsverlichting en arbeidsbesparing gerealiseerd [3]. Een slangenhaspel staat op het pad voor de kap die bespoten moet worden. De slang wordt vervolgens uitgerold, hetgeen, afhankelijk van de haspel, handmatig of mechanisch mogelijk is. Tijdens de bespuiting wordt de slang door een haspel opgerold [3]. Enkele haspeluitvoeringen die hierbij gebruikt worden zijn:

*** Haspel met electromotor**

Een electromotor rolt de slang op. De oprolsnelheid is traploos regelbaar, meestal tussen 6 en 60 meter per minuut. De windingen op de haspel dienen laag voor laag naast elkaar te liggen. Dit wordt bewerkstelligd door een slanggeleider die tevens zorgt dat de slang strak in het pad blijft liggen. Er zijn uitvoeringen mogelijk waar de haspel heen en weer rijdt [3]. Er zijn ook uitvoeringen met speedcontrol. Met speedcontrol wordt de oprolsnelheid aangepast aan de diameter van het haspel. Door het oprollen van de slang neemt de diameter van het haspel toe. Bij toenemen van de diameter wordt de haspelsnelheid gereduceerd, waardoor de oprolsnelheid constant blijft. Een haspel met speedcontrol heeft van alle haspels de meest constante oprolsnelheid [toevoeging auteur]. Met een haspel met electromotor kan zonder problemen gewerkt worden met een 3/8 inch slang van 100 m lang [3,27].

*** Haspel met 2 trommels**

Een electromotor rolt de slang op. De uitvoering waarbij de tweede trommel gebruikt wordt om een koord op te rollen heeft 2 verschillende aandrijvingen. Het is hierbij mogelijk om een spuitboom met een koord naar achteren te trekken, en vervolgens met een andere trommel de slang in te rollen. De uitvoering waarbij de tweede trommel gebruikt wordt om een gietslang op te rollen heeft slechts 1 aandrijving.

3.2.1.4. Uitvoeringsvormen van de spuitboom

Bij de meeste toepassingen van spuitbomen in de glastuinbouw wordt de spuitboom eerst naar achteren gereden en vervolgens al spuitend door de slangenhaspel naar voren getrokken. Dit is echter niet altijd het geval. Er zijn een aantal uitvoeringsvormen van spuitbomen mogelijk. Dit zijn:

Spuitboom, handmatig voortbewegen

De spuitboom is bevestigd aan een lichte draagconstructie. De spuitboom wordt door een persoon gedragen, of hangt met twee scharnierende steunen aan de verwarmingsbuizen of transportrails. Aan de spuitboom is een veerhaspel bevestigd. De spuitboom wordt handmatig naar achteren verplaatst. Achterin het pad wordt een afsluitkraan geopend. Hierdoor spuit de vloeistof met een vooraf ingestelde druk uit de doppen. Vervolgens loopt een persoon met spuitboom naar voren. Het handmatig voortbewegen van een spuitboom wordt niet veel meer toegepast. Door het gebruik van een elektrische haspel is meelopen van de persoon in het pad overbodig geworden, hetgeen het spuiten eenvoudiger maakt, en de kans op in aanraking komen met de spuitvloeistof aanzienlijk reduceert.

*** Spuitboom, opgehangen boven het gewas, voortbewegen met een slang**

De spuitboom is bevestigd aan een lichte draagconstructie. Het geheel hangt via twee scharnierende steunen aan verwarmingsbuizen of transportrails, die zich boven het gewas bevinden. De spuitboom wordt door een persoon handmatig naar achteren verplaatst. Vervolgens loopt de persoon naar het middenpad, zet de vloeistoftoevoer open en laat de spuitboom naar voren komen door oprollen van de haspel. De kans dat de persoon in aanraking komt met de spuitvloeistof is klein.

*** Spuitboom, opgehangen boven het gewas, voortbewegen met een koord**

De spuitboom is bevestigd aan een lichte draagconstructie. Het geheel hangt via twee scharnierende steunen aan verwarmingsbuizen of transportrails, die zich boven het gewas bevinden. Elke kap moet voorzien zijn van twee katrollen en een koord. De katrollen zijn aan het begin en aan het eind van de kap bevestigd. Voor deze uitvoering is een slangenhaspel met twee trommels vereist, namelijk een trommel voor het koord en een trommel voor de slang. Het koord in de kap wordt met de ene kant aan de boom bevestigd, en met de de andere kant aan de haspel. De spuitboom wordt met het koord naar het eind van de kap getrokken waarbij de slang wordt afgerold. Vanaf het pad wordt de vloeistoftoevoer geopend, en rolt de haspel de slang op, waardoor de boom naar voren komt. Bij het middenpad wordt de aandrijving gestopt, de vloeistoftoevoer afgesloten en het koord ontkoppelt. De kans dat de persoon in aanraking komt met de spuitvloeistof is klein.

* Zelfrijdende spuitwagen

Een zelfrijdende spuitwagen beweegt zich voort via 2 draagarmen over de verwarmingsbuizen. Aan beide draagarmen zijn 2 wielen bevestigd die door een accu-gevoede electromotor aangedreven worden. De accu's worden op de spuitwagen meegevoerd. Aan de draagarm is een spuitboom bevestigd, die in het midden wordt gevoed met spuitvloeistof. De bediening wordt gerealiseerd vanaf het middenpad. De vloeistof wordt op werkdruk gebracht. Vervolgens wordt al spuitend naar achteren gereden. Bij de gevel wordt automatisch gestopt en tegelijkertijd ook de vloeistoftoevoer naar de spuitboom afgesloten. Met een elektrisch haspel wordt de spuitboom naar voren gehaald. Het transport van kap naar kap gaat handbediend met een transportwagen. De wagen is voorzien van een haspel. De voordelen van een zelfrijdende spuitwagen zijn onder andere besparing van arbeid, het gemak, een gelijkmatige verdeling door de gelijkmatige voortbeweging, besparing op bestrijdingsmiddelen en water en minder droogstoken. De aanschafprijs is echter hoog (ongeveer 30.000 gulden) [23]. Het is goedkoper om bij het naar voren rijden de aandrijving van de spuitwagen te gebruiken. De elektrische haspel kan dan vervangen worden door een veerhaspel, die alleen zorgt voor het strak blijven van de slang.

* Combinatiespuitboom

Een combinatiespuitboom is een verticale spuitmast met 2 aparte buizen, bevestigd op een buisrailonderstel of op een onderstel met wielen. Bij opgaande gewassen wordt de combinatieboom als spuitmast gebruikt, bij lage gewassen als spuitboom. Voor de toepassing als spuitmast worden de leidingen met een katrol vertikaal getakeld [23].

3.2.1.5. Uitvoeringsvormen van de spuitmast

Er zijn een aantal uitvoeringsvormen van spuitmasten mogelijk. Dit zijn:

* Spuitmast, handmatig voortbewogen

De spuitmast wordt door een persoon handmatig naar achteren verplaatst. Aan de spuitmast is een veerhaspel bevestigd. Achterin het pad wordt een afsluitkraan geopend. Hierdoor spuit de vloeistof met een vooraf ingestelde druk uit de doppen. Vervolgens loopt de persoon met de spuitmast naar voren. Door de grote kans om met de spuitvloeistof in aanraking te komen wordt deze manier van spuiten niet veel meer toegepast. Een manier die meer toegepast wordt is de

sputmast handmatig naar achteren lopen en vervolgens vanaf het pad met een elektrisch haspel de spuitmast naar voren rijden. Hierbij is de kans dat de bediener in aanraking komt met de spuitvloeistof kleiner.

*** Spuitmast en slangenhaspel op buisrailwagen**

De spuitmast en de haspel zijn op een buisrailwagen geplaatst en worden hierdoor meegenomen het pad in. Tijdens het rijden van het pad naar de gevel staat de haspel in vrijloop en rolt de slang, die op het middenpad vastgezet is aan de vloeistoftank, af. Het uiteinde van de slang op de haspel staat met een leiding in verbinding met de spuitmast. Bij het spuitend terugrijden wordt de haspel aangedreven en past het toerental zich aan bij de toenemende diameter van de haspel. Bij deze uitvoering is het niet noodzakelijk dat er een persoon op de wagen mee gaat. Het voordeel hiervan is dat de persoon die het spuiten verzorgt alleen bij het overzetten van de spuitkar in aanraking kan komen met de spuitvloeistof [3]. Het is economisch om niet twee aandrijvingen (buisrailwagen en haspel) toe te passen, maar een aandrijving van de buisrailwagen in combinatie met een haspel veerbelast.

*** Automatische spuitkar voor opgaande gewassen**

Een buisrailkar met spuitmast wordt automatisch naar achteren gestuurd. Een sensor zorgt ervoor dat de kar bij de gevel stopt. De vloeistofkraan wordt opengestuurd en de kar rijdt al spuitend terug. Alleen bij het overrijden van de kar naar het volgende pad kan de bediener in aanraking komen met spuitvloeistof.

*** Combinatiespuitbomen voor opgaande en lage gewassen**

Zie 3.2.1.4. Uitvoeringsvormen van de spuitboom

3.2.1.6. Doppen van spuitbomen

De hoeveelheid vloeistof die per hectare verspoten wordt is afhankelijk van het aantal doppen, het doptype, de werkdruk en de voortbewegingssnelheid. De dopkeuze beïnvloedt de vloeistofafgifte en bepaalt de vorm van de spuitkegel. Met de dopkeuze wordt voor een bedekkingswijze gekozen [toevoeging auteur].

Bij een gewashoogte van 0 tot 50 cm wordt voor de meeste toepassingen in de glastuinbouw de werkdruk ingesteld tussen 1,0 en 1,5 MPa. Bij een gewashoogte van 50 tot 150 cm wordt voor de meeste toepassingen de werkdruk ingesteld tus-

sen 1,5 en 2,0 MPa [22].

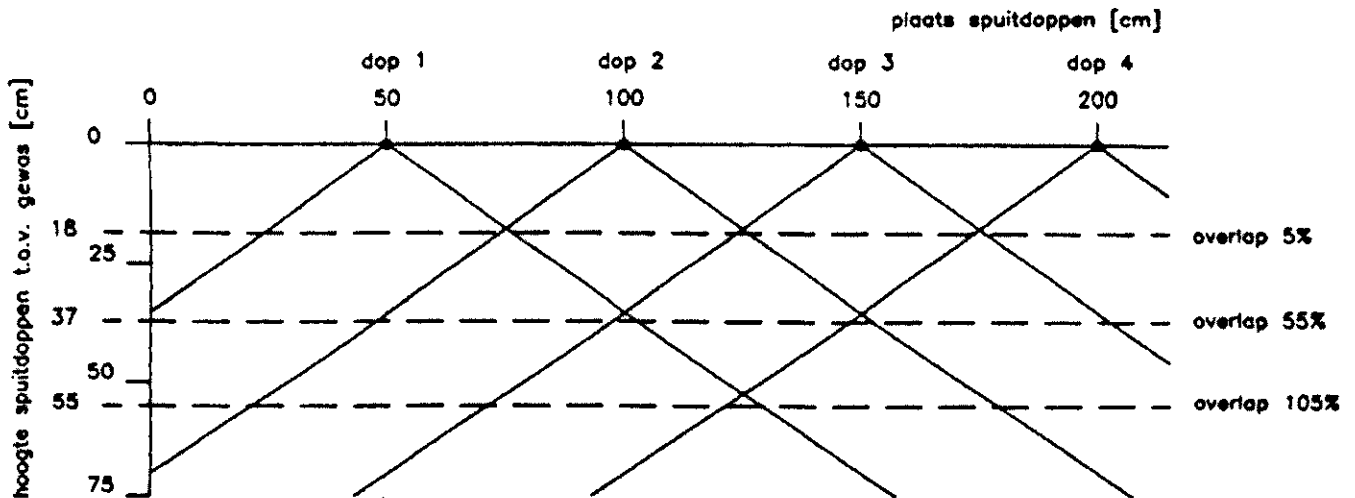
Een onderzoek, waarbij een fluorescerende stof aan de spuitvloeistof is toegevoegd, bevestigt de mening dat een spuitboom met spleetdoppen spuitvloeistof gelijkmatiger over het gewas verdeeld dan een spuitboom met werveldoppen. Bij dit onderzoek was de rijsnelheid 0,5 m/s, de onderlinge dopafstand 50 cm en de dopverdraaiing van de spleetdoppen 20° [23].

Op een spuitboom moeten spleetdoppen gebruikt worden met een tophoek van 110° . De doppen worden meestal op 50 cm van elkaar met een hoekverdraaiing van ongeveer 15° gemonteerd. Door de hoekverdraaiing raken de spuitbeelden van de spleetdoppen elkaar niet, maar lijkt het alsof ze elkaar raken. Indien Ruyter over raken spreekt bedoelt hij dit "virtueel" raken.

Volgens Ruyter is de verdeling van spuitvloeistof over het gewas het meest gelijkmatig op de punten waarbij de spuitbeelden van de doppen elkaar raken. Door de hoogte van de spuitboom te variëren is het mogelijk dat de spuitbeelden van dop 1 en dop 2 elkaar raken (overlap 0 %), dat de spuitbeelden van dop 1 en dop 3 elkaar raken (overlap 50 %) of dat de spuitbeelden van dop 1 en dop 4 elkaar raken (overlap 100 %). Een toename van het aantal doppen, waarvan de spuitbeelden elkaar raken, heeft een gelijkmatigere verdeling van de vloeistof over het gewas tot gevolg [20]. Om dit te realiseren moet echter de afstand van de doppen tot het gewas toenemen. Dit heeft echter een grotere driftgevoeligheid tot gevolg. Bovendien neemt de luchtweerstand die de druppels moeten overwinnen toe, waardoor de druppelsnelheid, en daarmee de indringing van de spuitvloeistof in het gewas, afneemt. Een gebruiker moet derhalve een keuze maken tussen de overlap en de maximale hoogte van de spuitboom die nog aanvaardbaar is.

Aan de rand van het spuitbeeld van een spuitdop treedt een kleine verstoring op. Om deze randverstoring te voorkomen wordt aangeraden de spuitboom op een hoogte boven het gewas te hangen waarbij de overlap 5 % groter is. Het gevolg hiervan is dat de spuitboom op een hoogte moet hangen waarbij de overlap 5 %, 55 %, of 105 % is [20].

In figuur 2 is het spuitbeeld van 4 spleetdoppen met een onderlinge dopafstand van 50 cm en een tophoek van 110° weergegeven tot een spuitboomhoogte van 75 cm. In deze figuur is de hoogte van de spuitdoppen weergegeven waarbij de overlap 5 %, 55 % en 105 % bedraagt (resp. 18 cm, 37 cm en 55 cm). In de glastuinbouw wordt gekozen voor een overlap van 55 % of 105 %. De boomhoogte moet derhalve 37 of 55 cm bedragen.



Figuur 2. Het spuitbeeld van 4 spleetdoppen met een onderlinge dopafstand van 50 cm en een tophoek van 110° weergegeven tot een spuitboomhoogte van 75 cm

In de glastuinbouw is op dit moment gangbaar dat de spuitboomhoogte ingesteld wordt binnen een bepaald bereik. Een voorbeeld hiervan is de aanbeveling van Nunnink, dat bij spleetdoppen 11002 met een onderlinge dopafstand van 45 cm en een werkdruk tussen 1,0 en 1,5 MPa de spuitboomhoogte in moet liggen tussen 50 en 70 cm [39]. De mening van Ruyter kan leiden tot een verandering van opvatting over de spuitboomhoogte.

De verstoppingsgevoeligheid van een kleine spleetdop is groot. Er moet daarom met gefilterd water gespoten worden, terwijl ook de eisen aan het filteren van de spuitvloeistof groot zijn. Bovendien moeten de leidingen, filters en tank na iedere bespuiting goed gereinigd worden [23].

3.2.1.7. Doppen van spuitmasten

De hoeveelheid vloeistof die per hectare verspoten wordt is afhankelijk van het aantal doppen, het doptype, de werkdruk en de voortbewegingssnelheid. De dopkeuze beïnvloedt de vloeistofafgifte en bepaalt de vorm van de spuitkegel. Met de dopkeuze wordt voor een bedekkingswijze gekozen [toevoeging auteur].

Volgens E. Nunnink worden met dophouders die schuin omhoog gericht staan de bladeren opgetild, waardoor de vloeistof verder het gewas indringt en de onderkant van de bladeren beter geraakt wordt [39]. In de glastuinbouw worden dophouders toegepast die in een vaste stand onder een hoek van 45° schuin omhoog

gericht staan. De dophouders worden echter bij een spuitmast meestal in een vaste stand onder een hoek van 15 of 20° schuin omhoog gericht.

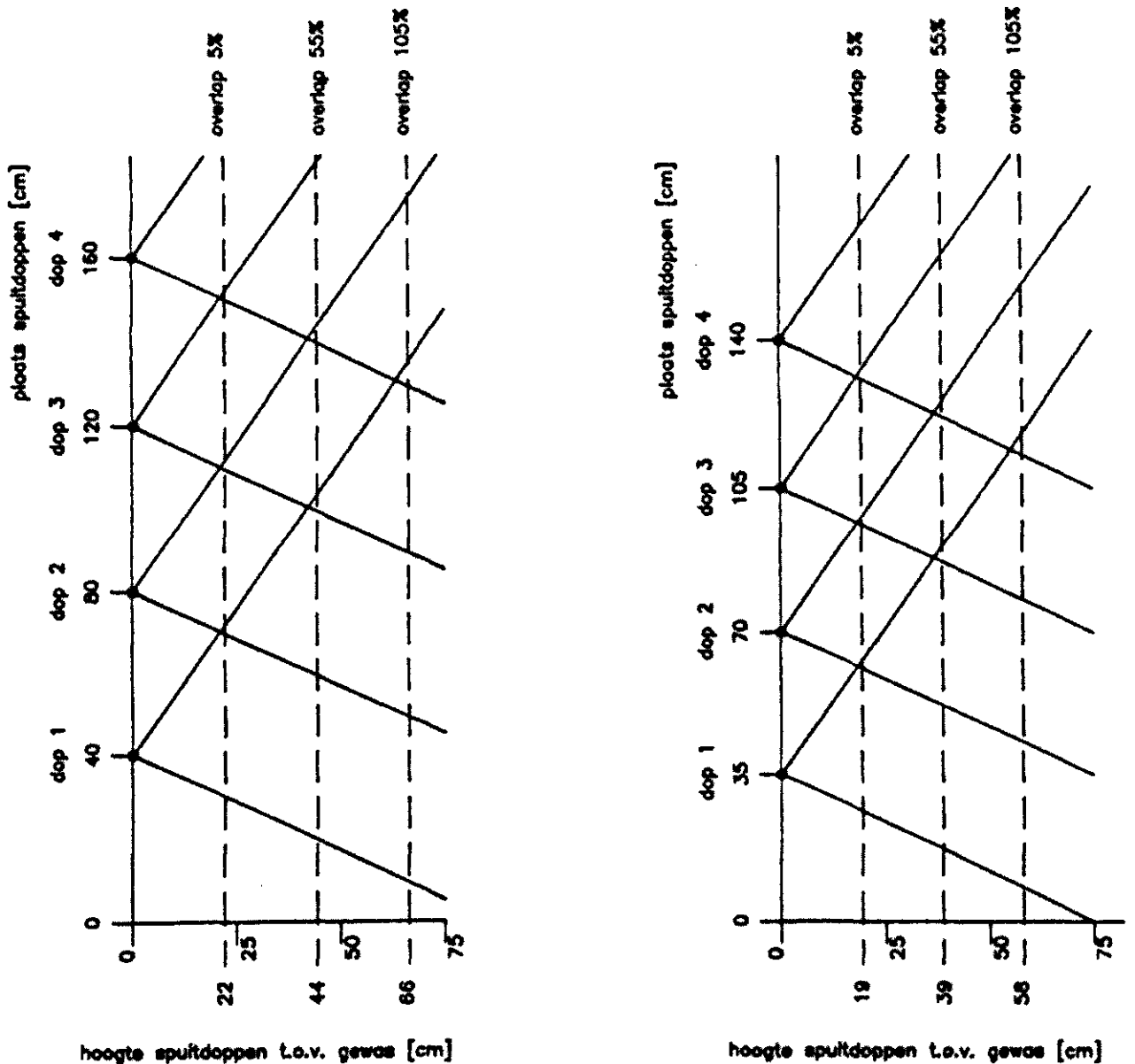
Het is mogelijk dophouders te monteren die door een kogelgewricht draaibaar zijn. Meeldijk raadt aan deze dophouders bij onregelmatig bebladerde gewassen toe te passen. Het kogelgewricht moet een uitslag hebben die iets kleiner is dan 90°, waardoor de spuitdop 360° draaibaar is. Door de doppen schuin omhoog te zetten wordt een betere indringing verkregen. De onderste dop raakt het gewas als eerste, waardoor de bladeren gaan bewegen, en de dop erboven een betere indringing heeft. Dit werkt zo door naar boven. Bij gewassen met veel blad bovenin is het noodzakelijk dat bovenin ook veel spuitvloeistof komt. Hiertoe dienen de onderste doppen weinig vloeistof af te geven en schuin omhoog te spuiten, terwijl de bovenste doppen veel af geven en dwars door het gewas spuiten [27]. Wij raden echter aan dophouders met een vaste stand toe te passen.

Net als op spuitbomen worden spleetdoppen ook op spuitmasten met een hoekverdraaiing van 15° gemonteerd, waardoor ook hier de spuitbeelden "virtueel" raken. De verdeling van de spuitvloeistof is het meest gelijkmatig indien de afstand tot het gewas een waarde heeft waarbij de overlap 5 %, 55 % of 105 % is (zie 3.2.1.6.).

Bij een spuitmast is de tophoek en de montage van de doppen gewijzigd aan die van een spuitboom. De onderlinge dopafstand is 35 of 40 cm, de tophoek 80°, en de dophouders staan schuin omhoog gericht [27,28]. Hierdoor verschilt de optimale afstand van de doppen tot het gewas bij een spuitmast aan de optimale afstand bij een spuitboom. Op bladzijde 29 staat in tabel 2 de afstand die de spleetdoppen t.o.v. het gewas moeten hebben, om een overlap te verkrijgen van 5 %, 55 % en 105 %, bij een spuitmast met een onderlinge dopafstand van 35 of 40 cm en een dophouder die 15 of 20° omhoog gericht staat. Met de waarden uit tabel 2 kan figuur 3 getekend worden. In figuur 3 is het spuitbeeld weergegeven van vier spleetdoppen (tophoek 80°, dophouder 15° omhoog gericht) bij een onderlinge dopafstand van zowel 35 als 40 cm. In deze figuur is de afstand van de doppen tot het gewas weergegeven waarbij de overlap 5 %, 55 % en 105 % bedraagt.

De werkdruk ligt in de glastuinbouw tussen 1,0 en 2,0 MPa [22]. Deze druk is beduidend hoger dan de druk in de akkerbouw. Een hogere druk geeft bij gelijkblijvende boring van de dop een stijging van de vloeistofafgifte. Om de vloeistofafgifte te reduceren worden in de glastuinbouw doppen toegepast met een

kleinere boring. Deze spleetdoppen geven bij een werkdruk van 1,0 tot 2,0 MPa een lage VMD. Doordat druppels in de glastuinbouw minder driftgevoelig zijn dan in de akkerbouw, is de emissie naar de buitenlucht bij hoogvolume-sputten, ondanks de relatief kleine druppels, niet groot. Bovendien geven relatief kleine druppels ook een gelijkmatige verdeling over het gewas en een gelijkmatige indringing in het gewas (zie 3.1.).



Figuur 3. Het spuitbeeld van vier spleetdoppen (tophoek 80° , dophouder 15° omhoog gericht) bij een onderlinge dopafstand van zowel 35 als 40 cm

Tabel 2. De afstand van de spleetdoppen tot het gewas (cm) waarbij een overlap van de spuitbeelden gerealiseerd wordt van 5 %, 55 % en 105 % bij een spuitmast met een onderlinge dopafstand van 35 of 40 cm en een dophouder die 15 of 20° omhoog gericht is

Stand van de dophouder (°)	15		20	
Onderlinge dopafstand (cm)	35	40	35	40
Overlap (%)	Afstand van de spleetdoppen tot het gewas (cm)			
5	19	22	18	20
55	39	44	35	40
105	58	66	53	60

3.2.2. Spuiten met meegeven van een gecontroleerde puls aan de vloeistof

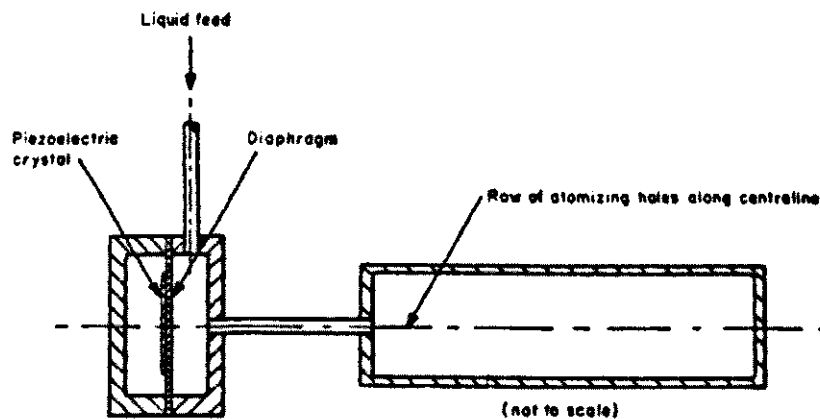
Hydraulische doppen produceren, op tweekamerdoppen na, een zeer breed spectrum, kleine druppels bereiken het doel zelden gecontroleerd en kunnen geïnhaleerd worden door de toepasser. Grote druppels geven een lage bedekkingsgraad bij een gegeven volume van de vloeistof, en geven dus ook een lage efficiëncy. Volgens Bode wordt een maximale efficiëncy bereikt door de vloeistof te verdelen in druppels met een smal (en beheerd) spectrum. Bij uniforme druppels bestaat echter de mogelijkheid dat de druppels zich niet gelijkmatig over het gewas verdelen (zie 3.1.).

Een mogelijkheid om uniforme druppels te verkrijgen is het meegeven van een puls aan een vloeistofkolom, waardoor de vloeistofkolom in trilling gebracht wordt. De gepulseerde vloeistof stroomt, door een klein gat, naar een cilinder voorzien van kleine gaatjes (100-150 µ) met een onderlinge afstand van 1,5 mm (zie figuur 4). Deze cilinders kunnen eenvoudig op spuitbomen gemonteerd worden.

De mogelijkheid de puls in te stellen maakt het uiteenvallen van de vloeistof in druppels bestuurbaar. Hierdoor kan een puls ingesteld worden waarbij druppels met de gewenste VMD gerealiseerd worden [17]. De puls kan verkregen worden met een piëzo-elektrisch kristal, een golfgenerator of een magnetostatisch ap-

paraat [4].

Er is onderzoek verricht naar de factoren die een gepulseerde bespuiting beïnvloeden, en naar het verschil in druppelgroottespektrum tussen een gepulseerde



Figuur 4. Principe-schets van gepulseerd spuiten

bespuiting en een bespuiting zonder meegeven van een puls [17]. De resultaten van dit onderzoek staan in bijlage 1.

Bij gepulseerd spuiten met een spuitboom (voortbewegingssnelheid 2 m/s) wordt 670 l/ha verspoten. Deze hoeveelheid geeft aan dat hier sprake is van een hoogvolume-techniek. Gepulseerd spuiten wordt in de glastuinbouw niet toegepast.

3.2.3. Spuiten met een afdekplaat voor de spuitdop

Bij spuitapparatuur zonder afdekplaat zorgt de voortbewegingssnelheid voor een relatieve luchtsnelheid t.o.v. de spuitapparatuur. Door het aanbrengen van een afdekplaat voor de spuitdop wordt deze relatieve luchtsnelheid opgeheven. Dit heeft een hogere indringsnelheid in het gewas tot gevolg. Het effect van de plaat wordt groter naarmate de voortbewegingssnelheid groter wordt. Toepassing vindt tot op heden slechts plaats in de akkerbouw [2].

3.2.4. Spuiten met luchtondersteuning

Om de druppelverplaatsing te vergroten wordt gebruik gemaakt van luchtondersteuning. Bij spuiten met luchtondersteuning wordt in de akkerbouw ongeveer

100 l/ha verspoten. Hieruit blijkt dat met luchtondersteuning beduidend minder vloeistof per hectare wordt verspoten dan bij conventioneel spuiten. Ondanks het relatief lage vloeistofverbruik valt spuiten met luchtondersteuning, niet onder laagvolume- maar onder hoogvolume-sputen.

De luchtondersteuning kan plaats vinden voordat het spuitbeeld is afgegeven. Deze vorm valt onder de categorie luchtondersteuning door lucht-vloeistofmenging. Bij de tweede toepassing wordt een spuitbeeld afgegeven, waarna met ventilatorhulp de vloeistof het gewas ingeblazen wordt. Deze vorm valt onder de categorie luchtondersteuning na vorming van het spuitbeeld.

3.2.4.1. Luchtondersteuning door lucht-vloeistofmenging

Met luchtondersteuning door lucht-vloeistofmenging wordt, t.o.v. een dop zonder luchtondersteuning bij dezelfde druk, de uittreesnelheid verhoogd [47]. Een hogere uittreesnelheid reduceert de hoeveelheid drift, waardoor de hoeveelheid gerichte vloeistof stijgt [2,47]. Bovendien is bij gelijkblijvend spektrum de verdeling van de vloeistof over het gewas bij een hogere druppelsnelheid gelijkmatiger dan bij conventioneel spuiten.

Een uitvoering van lucht-vloeistofmenging is de Two (Twin) fluid-nozzle. Bij deze uitvoering levert een compressor of ventilator een luchtstroom. Door de luchtstroom ontstaat bij de nozzle een onderdruk, waardoor vloeistof uit de tank gezogen wordt. Deze vloeistof wordt verneveld door de luchtstroom. De vloeistoftank hoeft niet zelf onder druk gezet te worden. Verhogen van de luchthoeveelheid en de stroomsnelheid doet de druppelgrootte van de verspoten vloeistof dalen [8,63]. Een Air-vortex spuitdop (Belvoir nozzle) is een Twin fluid-nozzle. De VMD van deze dop is lager dan 30 μ , waarvan een aanzienlijk deel kleiner is dan 5 μ [63]. Dergelijke druppels zijn driftgevoelig en hechten slecht aan het gewas, waardoor deze dop niet geschikt is voor een gewasgerichte-behandeling.

Er zijn een aantal uitvoeringen van lucht-vloeistofmenging waarbij de vloeistof onder druk gezet moet worden. Lucht wordt onder druk aangevoerd, en in de dop met de vloeistof vermengd en verspoten [45,47]. De verhouding tussen de lucht- en de vloeistofdruk beïnvloedt de druppelgrootte. Een groter drukverschil tussen de lucht- en de vloeistofdruk geeft grovere druppels. De luchthoeveelheid bedraagt per dop maximaal 50 l/min [47]. Enkele doptypen zijn:

*** Airtec-dop**

Dit is een ketsdop die een lucht-vloeistof-mengsel afgeeft [70]. De ketsplaat zorgt ervoor dat heel kleine druppels vermeden worden door ze te laten samenklonteren. Door verandering van de verhouding tussen de luchtdruk en de vloeistofdruk wordt de druppelgrootte beïnvloed. De ideale instelling van vloeistofdruk en luchtdruk is op het tijdstip van publikatie (van artikelnummer 41 van de literatuurlijst) nog niet gevonden [41]. Een Airtec-dop wordt toegepast bij lage lucht- en vloeistofdruk. De vloeistofdruk moet minimaal 70 kPa hoger ingesteld worden dan de luchtdruk. De luchtdruk varieert van 70 tot 150 kPa, de vloeistofdruk varieert van 150 tot 350 kPa. Deze drukvariaties leveren een VMD die ligt tussen 165 en 290 μ . De dopopbrengst ligt tussen 0,4 en 0,8 l/min. De maximale luchtsnelheid direct onder de dop is 5 m/s en 65 cm onder de dop is de snelheid nog 1 tot 2 m/s. De luchtsnelheden hebben, in vergelijking met toepassing in de glastuinbouw, waar de uittreesnelheid van de vloeistof direct onder de dop 20 m/s bedraagt, lage waarden. Een oorzaak hiervoor is de lage druk waarmee bij deze dop gewerkt wordt. De kans op een dopverstopping is klein door de ronde vorm van de doseeropening [47].

Airtec-doppen worden in de akkerbouw toegepast. In de glastuinbouw wordt een spuitboom met Airtec-doppen uitgeprobeerd door chrysantentuinder P. Litjens. De luchtcompressor en de middelentank zijn op de boom gemonteerd. Bij deze spuitboom zit de stroomvoorziening i.v.m. het gewicht (nog) niet op de boom. De stroomvoorziening wordt derhalve gerealiseerd door een electriciteitskabel mee de kas in te trekken [41]. Er zijn van deze spuitboom geen resultaten bekend [toevoeging auteur].

*** Airjet-dop**

Dit is een ketsdop, uitgevoerd met drukbegrenzers, die een mengsel van lucht en vloeistof afgeeft. De vloeistofopbrengst ligt tussen 0,3 en 1,17 l/min. De VMD ligt rond de 150 μ [70].

*** Danfoil-dop**

Dit is een speciale vloeistofdop, die een mengsel van lucht en vloeistof afgeeft. De vloeistofopbrengst ligt tussen 0,07 en 0,15 l/min. De VMD is afhankelijk van de vloeistofdruk en de blaaskap, en ligt ongeveer op 100 μ . De druppelgrootte is enigszins onafhankelijk van de vloeistofopbrengst te sturen door verandering van de luchthoeveelheid [70].

3.2.4.2. Luchtondersteuning na vorming van het spuitbeeld

Lucht wordt toegevoerd nadat de spuitdop het spuitbeeld heeft afgegeven [47]. De lucht wordt via een slurf het gewas ingeblazen terwijl vloeistof uit de doppen komt [45,47].

De plaatsing van de doppen heeft invloed op het spuitbeeld. Bij doppen die voor de luchtstroom geplaatst worden, kan het spuitbeeld zich ontwikkelen, voordat de luchtstroom de druppels meeneemt. Indien de doppen in de luchtstroom staan is dit niet het geval. In de akkerbouw worden doppen die voor de luchtstroom geplaatst worden het meest toegepast.

De luchtvolumestroom is variabel en heeft slechts een gering effect op de druppelgrootte. Deze hangt voornamelijk af van de spuitdop en de spuitdruk. De luchtvolumestroom heeft invloed op de snelheid van de druppels. Hiermee wordt een driftbeperking en een grotere indringing gerealiseerd [47]. Enkele doptypen zijn:

* Degania-dop

Een werveldop die in de luchtstroom wordt geplaatst. De vloeistofopbrengst per dop ligt tussen 0,26 en 0,6 l/min. De druppelgrootte is afhankelijk van de vloeistofdruk. De VMD ligt over het algemeen ongeveer op 100 mu [70].

* Hardi-Twin

Een spleetdop die voor de luchtstroom wordt geplaatst. De vloeistofopbrengst per dop ligt tussen 0,2 en 2 l/min [47]. De VMD ligt, afhankelijk van het type spleetdop en de vloeistofdruk, tussen 90 en 200 mu [70].

Volgens S. Dol heeft biologisch onderzoek in de akkerbouw niet aangetoond dat spuiten met luchtondersteuning een beter bestrijdingseffect geeft dan een conventionele bespuiting [45]. Hoogvolume-spuiten met luchtondersteuning na vorming van het spuitbeeld wordt in de glastuinbouw niet toegepast.

3.2.5. Praktijkgegevens van hoogvolume-spuiten

In de akkerbouw en in de glastuinbouw is onderzoek verricht naar het bedekkingspercentage van het gewas bij enkele hoogvolume-spuittechnieken. In 1990 is in Denemarken onderzoek verricht naar de verdeling van spuitvloeistof over potplanten. Door de onderlinge verschillen bij de experimenten (o.a. soort gewas, hoogte gewas, spuitapparatuur en werkdruk) kunnen de experimenten

niet met elkaar vergeleken worden. Uit de resultaten kan wel geconcludeerd worden dat de verdeling van spuitvloeistof over het gewas gelijkmatiger is indien de spuitvloeistof niet van bovenaf maar in horizontale richting het gewas in gespoten wordt [75].

In de akkerbouw is onderzoek verricht naar de invloed van luchtondersteuning op de bedekkingsgraad (%). Doel van het onderzoek was het verschil van de bedekkingsgraad bij conventioneel spuiten en bij verschillende vormen van luchtondersteuning. Er kunnen alleen technieken met elkaar vergeleken worden indien de verspoten vloeistofhoeveelheid gelijk is.

Met zowel Hardi-Twin als Degania-doppen werd op een spruitkoolgewas 200 l/ha verspoten. Met Hardi-Twin werd bovenin het gewas een bedekkingsgraad gerealiseerd van 40 %, in het midden 32 % en onderin 15 %, terwijl met Degania-doppen een bedekkingsgraad gerealiseerd werd van respectievelijk 48 %, 25 % en 22 %. Met een conventionele bespuiting en een bespuiting met Airtec-doppen werd op prei 100 l/ha verspoten. Met Airtec-doppen werd bovenin het gewas een bedekkingsgraad gerealiseerd van 26 %, in het midden 10 % en onderin 8 %, terwijl met conventioneel spuiten een bedekkingsgraad gerealiseerd werd van respectievelijk 27 %, 7 % en 4 %. Op een aardappelgewas werd met dezelfde vloeistofhoeveelheid met Airtec-doppen een bedekkingsgraad gerealiseerd van respectievelijk 23 %, 4 % en 3 %, terwijl met conventioneel spuiten een bedekkingsgraad gerealiseerd werd van respectievelijk 23 %, 6 % en 3 % [45].

Uit de meetresultaten volgt dat de spuitvloeistof met Airtec-doppen nauwelijks gelijkmatiger over het gewas verdeeld wordt dan bij conventioneel spuiten. Met Degania-doppen wordt zowel in het midden als onderin een bedekkingsgraad gerealiseerd dat nagenoeg gelijk is, terwijl de bedekkingsgraad bij Hardi-Twin onderin aanzienlijk lager is dan in het midden. Ondanks het grotere verschil tussen de bedekkingsgraad bovenin en in het midden kan de conclusie getrokken worden dat de indringing in het gewas met Degania-doppen gelijkmatiger is dan met Hardi-Twin.

4. LAAGVOLUME-GEWASBEHANDELINGEN

Laagvolume-gewasbehandelingen vallen uiteen in electrostatisch spuiten, gewasgericht nevelen, fijnnevelen (colfoggen) en stuiven.

4.1. Electrostatisch spuiten

In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen electrostatisch spuiten en electrodynamisch spuiten. Bij electrostatisch spuiten wordt aan reeds gevormde druppels een lading meegegeven, terwijl bij electrodynamisch spuiten de lading meewerkt aan de druppelvorming. Het verschil tussen deze 2 termen komt in de literatuur niet duidelijk naar voren, waardoor alle informatie over spuiten met geladen deeltjes onder electrostatisch spuiten gezet wordt [toevoeging auteur]. Vloeistoffen die electrostatisch verspoten kunnen worden zijn "gewone" vloeistoffen als water, alcohol, glycerol en aceton. De druppelvorming bij electrostatisch spuiten wordt beïnvloed door de elektrische weerstand, de oppervlaktespanning, de diëlectrische constante, de soortelijke massa en de viscositeit van de vloeistof [61].

Bij electrostatisch spuiten wordt een veldsterkte aangebracht van 15 tot 30 kV. De vloeistofafgifte neemt toe bij toename van de veldsterkte. Door het verhogen van de veldsterkte krijgen de druppeltjes een grotere lading en worden ze door interne explosies steeds kleiner [21,61]. Verhogen van de vloeistofhoeveelheid heeft een stijging van de VMD tot gevolg. De VMD heeft, afhankelijk van spanning en vloeistofhoeveelheid, een waarde tussen 20 en 200 μ [63]. De theorie over de stabiliteit van een geladen druppel wordt in bijlage 2 uiteengezet. Door het uiteenslaan van de druppels wordt de kans op vervluchting groter. De geladen deeltjes moeten eigenlijk naar het gewas getrokken worden, maar ook de kasopstanden oefenen aantrekkingskracht uit, waardoor de verdeling over het gewas verstoord wordt [21]. Bij sommige toepassingen kan het neerslaan op kasopstanden gereduceerd worden door gebruik te maken van luchtondersteuning. De naar het gewas gerichte luchtstroom moet dan de effectiviteit van de bespuiting vergroten. De lading zorgt voor het snel neerslaan van de druppels. Hierdoor is zowel de druppelverdeling in het gewas (indringing) als de druppelverdeling over het gewasoppervlak niet gelijkmatig [44]. De verdeling van de spuitvloeistof over het gewas wordt ook beïnvloed door bewegingen van de bediener. Electrostatisch spuiten wordt in de glastuinbouw niet toegepast.

4.1.1. Uitvoeringen van electrostatische apparatuur*** ESS (Electrostatic Spraying Systems, Athens, Georgia)**

Een gepatenteerde sproeikop zorgt ervoor dat de druppels elektrisch geladen worden. Deze sproeikop maakt gebruik van luchtondersteuning en levert druppels met een VMD van ongeveer 31 μ m. Er wordt met deze toepassing tussen 37 en 112 l/ha verspoten [44]. Bij experimenten werd met de ESS-BP-4 bij een luchtdruk van 0,38 MPa tussen 250 en 280 ml/min verspoten [44,74].

*** ENS (Parker Parspray 707, land, Ohio)**

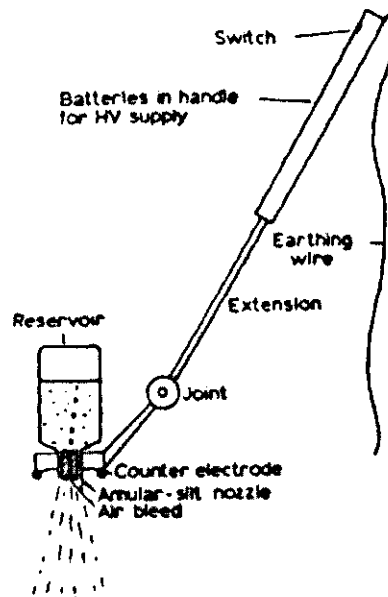
Electrostatisch spuiten waarbij gebruik gemaakt wordt van luchtondersteuning. Er wordt met deze toepassing 37 l/ha verspoten met een VMD van ongeveer 31 μ m [44]. Met dit apparaat werden behandelingen uitgevoerd waarbij de verspoten vloeistofhoeveelheid steeds werd afgesteld op een waarde tussen 40 en 180 ml/min. De luchtdruk bleek hierbij tussen 35 en 207 kPa te liggen. De VMD die bij de verschillende instellingen gerealiseerd werd varieerde van 10 tot 80 μ m. Met een luchtdruk van 138 kPa werd 70 tot 80 ml/min verspoten met een VMD van 25 μ m [74].

Het effect van het spuiten met ENS en ESS is afhankelijk van de plantpositie. Vooral bij ENS is door een ongelijkmatige druppelverdeling het bestrijdingseffect op planten dichtbij het apparaat beter dan op planten op grotere afstand van het apparaat [44].

*** Electrodyn**

In figuur 5 staat een Electrodyn getekend. Bij een Electrodyn wordt vloeistof onder druk uit een plastic tank door een ringvormige spleetdop gedrukt. De spleetdop heeft een spanning van 15 tot 25 kV [61]. Er moet gespoten worden met bestrijdingsmiddelen, waaraan door de elektroden op de unit eenvoudig een lading kan worden meegegeven [44]. Met deze toepassing kan bovenin het gewas een gelijkmatige druppelverdeling over het gewas worden verkregen [44,61]. De verdeling in het gewas is echter, mede door het ontbreken van luchtondersteuning, niet gelijkmatig [44,61].

Het vernevelingsproces en het laadproces wordt verzorgd door één elektrisch circuit. Indien dit uitvalt stoppen beide processen. Andere electrostatische systemen hebben vaak een apart circuit voor de vloeistofdruk, waardoor het vernevelen onafhankelijk van het opladen plaatsvindt [61].



Figuur 5. De Electro-dyn

*** De Microdyne "Tube" (Micron Sprayers Ltd)**

Electrostatisch spuiten waarbij gebruik gemaakt wordt van luchtondersteuning. Achter een spleetdop, waarop een spanning staat van 15 tot 25 kV, is een ventilator bevestigd. Deze ventilator levert een luchtstroom, waardoor de indring-snelheid in het gewas toeneemt [54]. Bij een luchtstroom van $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$ wordt $0,5 \text{ ml}$ vloeistof/min verspoten met een VMD van 16 μ [74].

4.1.2. Praktijkgegevens van electrostatisch spuiten

Er is onderzoek verricht naar de effectiviteit van een behandeling met de "Tube" van Micron Sprayers. Hierbij werd 70 gram actieve stof per liter vloeistof verspoten, en werd Risella olie toegevoegd, om een hogere elektrische soortelijke weerstand te verkrijgen. De volumestroom van de ventilator was $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Gedurende 80 seconden werd met een loopsnelheid van $0,15 \text{ m/s}$ naar twee kanten gespoten. Hierbij werd $0,4 \text{ l/ha}$ verspoten, waarin 28 gram actieve stof zat. Bij een stroomsnelheid van $0,5 \text{ ml/min}$ was de VMD 18 μ .

De door de fabrikant voorgeschreven hoeveelheid voor hoogvolume-sputten in warenhuizen is 120 gram actieve stof/ha. In de zomer moet 1 of 2 keer per week een bespuiting worden uitgevoerd.

Bij dit onderzoek werden tussen 26 juni en 29 augustus slechts 4 bespuitingen uitgevoerd, waarbij de effectiviteit van de bespuitingen laag was. Hieruit mag niet direct geconcludeerd worden dat de "Tube" niet geschikt is om een plaag effectief te bestrijden. In het verleden is met dit apparaat, met een dosering die slechts 25 % van de standaarddosering bedroeg, een dodingspercentage van 99 % gerealiseerd. De oorzaak voor het lage dodingspercentage kan naast het geringe aantal bespuitingen ook het niet bespuiten van alle rijen zijn. Het is namelijk goed mogelijk dat de onbespoten planten een bron van infectie voor de overige planten vormden. Om de werking van het apparaat goed te kunnen beoordelen moet de proef derhalve opnieuw uitgevoerd worden, waarbij alle planten behandeld worden [54].

De invloed van luchtondersteuning bij electrostatisch spuiten werd onderzocht door een electrostatisch apparaat achtereenvolgens zonder luchtondersteuning, met luchtondersteuning met een luchtsnelheid van 15 m/s én met luchtondersteuning met een luchtsnelheid van 30 m/s toe te passen. Er werd tevens een depositiemeting bij een hydraulisch apparaat verricht.

Uit het resultaat van de metingen blijkt dat met hydraulisch spuiten bovenin het gewas een lagere depositie gerealiseerd werd dan met electrostatisch spuiten zonder luchtondersteuning (26,5 microgram/g droge stof t.o.v. 119,8 microgram/g droge stof). Onderin het gewas was de depositie bij hydraulisch spuiten echter hoger (34,7 t.o.v. 17,9). Bij luchtondersteuning met 15 m/s werd bovenin een depositie gemeten van 94,0 microgram/g droge stof. Onderin was dit 22,6. Bij luchtondersteuning van 30 m/s was dit bovenin 99,9 en onderin 27,1. Het kan nuttig zijn om bij electrostatisch spuiten luchtondersteuning te gebruiken, maar uit bovenstaande waarden blijkt de invloed daarvan geen grote verbeteringen op te leveren [58].

4.2. Gewasgericht nevelen

Bij gewasgericht nevelen hebben de druppels een diameter tot 200 μ m, en wordt maximaal 400 liter spuitvloeistof per hectare verspoten. Dit kan gerealiseerd worden met een schijfvernevelaar, een motorrugnevelspuit, een kooivernevelaar en een Teemizer.

4.2.1. Schijfvernevelaar

Een schijfvernevelaar is erg storingsgevoelig en is derhalve niet geschikt voor toepassing in de glastuinbouw [72]. Om deze reden wordt de schijfvernevelaar

niet nader toegelicht.

4.2.2. Motorrugnevelspuit

Een benzinemotor drijft een ventilator aan, waardoor een luchtstroom gerealiseerd wordt. Deze luchtstroom stroomt door een dikke flexibele slang met aan het einde van de slang een mondstuk. Dit mondstuk is voorzien van een vernauwing (venturi), waardoor de luchtsnelheid toeneemt. De spuitvloeistof stroomt uit de tank door een toevoerslangetje naar het mondstuk. Hier wordt de vloeistof in de luchtstroom gebracht en in druppels uit elkaargeslagen en weggeblazen [3,72]. De hoeveelheid vloeistof die verspoten wordt kan geregeld worden met een doseerkraan of met een plaatje met gaatjes van verschillende diameter [3].

De vloeistofstroom van een rugnevelspuit wordt meestal afgesteld op 0,6 l/min, waarbij druppels met een diameter tot 100 μ verneveld worden [28]. De druppelgrootte neemt bij verhoging van de te verspuiten hoeveelheid toe. Met een eventuele wijziging in de afstelling moet hiermee rekening gehouden worden [16]. Volgens Nunnink is de spreiding van de druppelgrootte bij een rugnevelspuit groot, en worden druppels groter dan 200 μ gerealiseerd.

Met een nevelspuit wordt een vloeistofhoeveelheid verspoten van ongeveer 100 l/ha. De verdeling van de vloeistof over het gewas is afhankelijk van de persoon die de behandeling uitvoert. Een motorrugnevelspuit wordt op de rug gedragen. De tankinhoud kan derhalve niet zo groot zijn, zodat dit apparaat alleen geschikt is voor kleinere kasoppervlakken [28]. In de open lucht vindt het apparaat geen toepassing i.v.m. windgevoeligheid [72]. Een motorrugnevelspuit wordt niet veel meer toegepast [77].

4.2.3. Kooivernevelaar

Bij een kooivernevelaar wordt bestrijdingsmiddel aangevoerd door een roterende, holle as, waarna het door door gaatjes tegen een cilindrische kooi geslingerd wordt. Deze (eveneens) roterende kooi heeft tussen 25 en 100 gaatjes/cm² [41,74]. Door de rotatie van de kooi worden de druppeltjes naar buiten geslingerd. Boven elke kooi zit een ventilator, die niet alleen voor de indringing zorgt, maar ook voor de verdeling. Om te zorgen dat de vloeistof gelijkmatig over het gewas wordt verdeeld, blaast de ventilator de lucht door een verdeelplaat voorzien van schuingeboorde gaten. Dit principe wordt toegepast op de spuitrobot van Brinkman. Het vloeistofverbruik van een spuitrobot is

40 l/ha [41].

Een kooivernevelaar heeft t.o.v. bijvoorbeeld spleetdoppen een relatief smal druppelgrootte-spektrum. De druppelgrootte is afhankelijk van de rotatiesnelheid van de kooi, van de luchtverdeling en van de vloeistofeigenschappen. Een verhoging van de rotatiesnelheid van de kooi heeft een verlaging van de druppelgrootte tot gevolg. Ook een verlaging van de viscositeit en van de oppervlaktespanning heeft een daling van de VMD tot gevolg [74]. De VMD van een kooivernevelaar van de spuitrobot is afgesteld op ongeveer 80 μ , hetgeen volgens Brinkman de ideale druppelgrootte is voor de bestrijding van plagen in lage en middelhoge, uniforme gewassen (o.a. chrysantengewas) in de glastuinbouw [41]. Het is echter niet wetenschappelijk bewezen dat een smal spektrum met een lage VMD hiervoor ideaal is.

4.2.4. Teemizer

Een Teemizer is een laagvolume-apparaat, waarbij een aantal nozzles op een horizontale spuitboom vloeistof vernevelen d.m.v. lucht-vloeistofmenging. Het apparaat is ontwikkeld in Amerika.

Het volume van de luchtstroom ligt bij elke nozzle tussen 0,1 en 0,2 m³/min. De luchtdruk ligt tussen 6,8 (bij water) en 170 kPa (bij hoog-visceuze oliën). De vloeistof wordt met een doseerpomp door een buisje gepompt. Aan het eind van het buisje is een plaatje met een opening bevestigd. Voor laag-visceuze vloeistoffen (water) is de afmeting van de opening 0,5 mm. De afmeting hiervan neemt toe tot 1,6 mm voor hoog-visceuze vloeistoffen. De vloeistof stroomt samen met de lucht in een buisje met een inwendige diameter van 6,4 mm. Dit lucht-vloeistofmengsel stroomt naar een nozzle (plastic, messing of koper) met een lengte van 3,8 cm en een inwendige diameter van 2,4 mm. De scherpe rand aan het einde van de nozzle zorgt voor een scherp begrensd hol en conisch spuitbeeld met een kegeldiameter van 25 tot 35 cm.

De vloeistofafgifte per nozzle ligt tussen 3 en 80 ml/min. Bij een voortbewegingssnelheid van ongeveer 5 km/h wordt met een Teemizer per hectare tussen 1 en 18 liter verspoten.

Volgens Williford en Fulgham is een Teemizer goed toe te passen bij een rijenbespuiting. De vloeistofhoeveelheid die verspoten moet worden is afhankelijk van het te bespuiten gewas. Bij een brede gewasrij moet een brede strook bespoten worden, hetgeen een stijging van de vloeistofhoeveelheid per oppervlak en een daling van de voortbewegingssnelheid betekent. De luchtstroom heeft geen

invloed op de te verspuiten vloeistofhoeveelheid, maar zorgt voor het uitelkaar slaan van de vloeistof en voor de verdeling van de vloeistof over het gewas. De druppelgrootte is afhankelijk van de luchtdruk en van de fysische eigenschappen van de vloeistof. Bij een druk van 50 kPa worden met een hoog-visceuze vloeistof druppels van 300 tot 500 μ verspoten. De VMD kan afgesteld worden op een waarde tussen 100 en 1000 μ . Door een Teemizer af te stellen op een druppelgrootte kleiner dan 200, wordt een gewasgerichte nevel gerealiseerd. Een Teemizer kan volgens Williford en Fulgham zowel in de glastuinbouw als in de akkerbouw toegepast worden [56]. Ze worden echter (zover bekend) niet toegepast.

4.3. Fijnnevelen (colfoggen)

Colfoggen is het onder hoge druk vernevelen van bestrijdingsmiddelen. Een colfogger bestaat uit een spuitkar met een tank. De spuitkar is voorzien van een hogedrukpomp. Met een nevelpistool, waarmee 6 meter ver gespoten kan worden, wordt met een spuitdruk van 20 MPa een waternevel gevormd. Een kleine nozzle zorgt ervoor dat er geen harde waterstraal maar een fijne nevel met een VMD van 30 μ ontstaat [7,13,41]. Volgens de werkgroep tuinbouwtechniek en technologie Ede ligt de druppelgrootte bij een colfogger tussen 30 en 70 μ [72]. Door de hoge druk en de kleine nozzle is een colfogger erg onderhoudsgevoelig [13,41]. Een colfogger is slecht te mechaniseren [41]. De verdeling van de spuitvloeistof over het gewas is derhalve afhankelijk van de bediener. Een koudnevelapparaat werkt bijna geluidloos. De concentratie van het bestrijdingsmiddel is ongeveer 10 keer zo hoog als bij hoogvolume-sputten, en er wordt tussen 75 en 100 l/ha verneveld [7,26,41]. De te verspuiten hoeveelheid is gewas-afhankelijk. Met een colfogger kan per uur 5000 m² behandeld worden. Niet elk bestrijdingsmiddel is geschikt om te worden verneveld. Bij een zeer droge lucht kan aan de spuitvloeistof een verdampingsremmer (4 % Eko-mist) toegevoegd worden, zodat de druppels niet te snel oplossen [7,26]. De dosering Eko-mist kan bij temperaturen tot 12 °C teruggebracht worden tussen 1 en 2 l/ha [7]. Colfoggen kan bij lage en middelhoge gewassen worden toegepast [26]. Doordat colfoggen geen ruimtebehandeling is maar een gewasbehandeling kan de behandeling ook bij wind uitgevoerd worden [26]. Een neven-effect van colfoggen is de ruimtewerking. De zeer kleine druppels hechten zich niet aan het gewas maar blijven zweven. Hierdoor worden ook vliegende beestjes, beestjes op kasopstanden en beestjes aan de onderkant van het

blad bestreden.

Bij een test met een fluorescerende stof werd zichtbaar gemaakt dat bij deze techniek het middel onderin het gewas komt, er enige schaduwwerking is en de onderkant van het blad niet door druppels geraakt wordt [26].

4.4. Stuiven

Bij stuiven wordt het bestrijdingsmiddel in droge vorm op het gewas gebracht. Het bestrijdingsmiddel moet uit een zeer fijne poeder bestaan, die met een poederverstuiver op het gewas wordt geblazen. Het op het gewas brengen van poeder kan worden gerealiseerd met een blaasbalg of een ventilator. De hoofdbestanddelen van een poederverstuiver zijn een ventilator met blaaspijp, een voorraadtank en een doseerinrichting. Er wordt steeds een kleine hoeveelheid bestrijdingsmiddel in de luchtstroom gebracht. Een klein gedeelte van de lucht wordt gebruikt om het stuifpoeder in de voorraadtank in werveling te brengen en in de hoofdluchtstroom te mengen. De dosering wordt geregeld door meer of minder lucht door de voorraadtank te sturen of door een doseerschuiif. Een draagbare poederverstuiver kan met een benzinemotor of handmatig worden aangedreven. Een verrijdbare poederverstuiver wordt aangedreven door een electromotor. Met een gedragen motorpoederverstuiver kunnen in één werkgang 3 tot 5 kappen van 3,20 m van bovenaf worden gestoven. Bij opgaande gewassen komt het een enkele keer voor dat onderdoor gestoven wordt. De werkbreedte beperkt zich dan tot 1 of 2 kappen. Bij deze toepassing moet de poederverstuiver voorzien zijn van een verlengde blaaspijp voorzien van twee blaasmonden.

Verrijdbare poederverstuivers worden altijd toegepast voor stuiven van bovenaf. Deze apparaten worden in hoofdzaak gebruikt op plantenopkweek-bedrijven en hebben een zeer hoge capaciteit [3].

Stuiven werkt arbeidsbesparend en houdt het gewas droog. De verdeling van het middel over het gewas is bij stuiven afhankelijk van de bediener. Vooral omdat de hele kas onder de poeder komt te zitten, wordt stuiven steeds minder toegepast [77].

5. LAAGVOLUME-RUIMTEBEHANDELING

Laagvolume-ruimtebehandelingen vallen uiteen in foggen, nevelen met een spuitbus en roken.

5.1. Foggen

Een fog-apparaat is een verplaatsbare straalmotorspuit, waarmee een warmnevelbehandeling uitgevoerd wordt [72].

5.1.1. Werking van een fog-apparaat

Bij een fog-apparaat ontbrandt een luchtbrandstofmengsel in een verbrandingskamer. Door een ontstekingsvonk wordt een verbrandingsmotor in werking gezet, waarna de motor door zelfontbranding in werking blijft [3]. Een fog-apparaat heeft een pulserende werking van 80 tot 100 ontbrandingen per minuut [3,72]. De uitlaatgassen worden naar het uiteinde van de uitlaatpijp gestuurd [3]. Deze uitlaatpijp moet voor een goede werking schuin omhoog gericht worden [18]. Aan het uiteinde van de pijp zijn één of meer sproeiërs aangebracht. Door de snelheid van de uitlaatgassen (15 tot 20 m/s) wordt vloeistof aangezogen, waarna de vloeistof door de pulserende gasstroom uitelkaar geslagen wordt, en vervolgens over de kasruimte verdeeld wordt [3]. De temperatuur van de gassen die het fog-apparaat verlaten is 65 °C. Deze temperatuur brengt geen gewaschade met zich mee [72]. Na een behandeling moet eerst de vloeistoftoevoer worden afgesloten, voordat het apparaat uitgezet mag worden. Hierdoor wordt voorkomen dat het bestrijdingsmiddel in de hete pijp sterk wordt verhit [51]. Een fog-apparaat kan (zonder speciale draagstof) ingezet worden bij de bestrijding van bladluis, trips, witte vlieg, florida-mot, mineervlieg en spint [77].

5.1.2. Belangrijke aspecten van foggen

Een fogbehandeling moet op een droog gewas uitgevoerd worden bij windstil weer of bij een geringe wind. De optimale kasttemperatuur is 20 °C. Condensatie op het gewas moet vermeden worden, omdat sterk geconcentreerde middel zich ophoopt in de condensatiedruppels, waardoor gewasverbranding kan ontstaan. Ook bij hoge temperaturen kan gewasverbranding ontstaan. De kasttemperatuur moet derhalve, afhankelijk van het gewastype, inliggen tussen 10 en 30 °C. Het oplopen van de temperatuur tijdens de behandeling moet vermeden worden. Door de behandeling uit te stellen tot zonsondergang wordt condensatie, en daarmee gewasverbran-

ding, vermeden [12,18]. De relatieve luchtvochtigheid mag bij een fog-behandeling niet boven 90 % liggen. De nevel krijgt hierdoor na de behandeling de kans om als een vochtige nevel op het gewas uit te zakken.

Een folie-scherm met anti-condenswerking mag i.v.m. het vallen van condensatiedruppels op het gewas bij een fog-behandeling niet gesloten worden [50].

Heteluchtkachels mogen niet werkzaam zijn, omdat een geforceerde luchtbeweging de werking van het fog-apparaat kan verstoren [18].

Een fog-behandeling brengt door de ontbrandingen veel lawaai met zich mee [72]. Het apparaat is t.o.v. conventioneel spuiten tijdsbesparend. Een fog-apparaat heeft slechts 2 tot 5 minuten nodig voor een behandeling van 1000 m² [7]. Voor het behouden van de werking was fog-apparatuur in het verleden zeer onderhoudsintensief [18,38]. Tegenwoordig is enkele minuten nablazen voldoende [77].

5.1.3. Druppelgrootte bij een fog-behandeling

Bij fog-apparaten kan geneveld worden met een VMD van 12 mu [7,72]. Bij een dermate lage VMD duurt een fog-behandeling echter te lang, waardoor meestal gekozen wordt voor een iets grotere VMD (15 tot 25 mu) [77]. Door de kleine druppeltjes heeft de hoge concentratie bestrijdingsmiddel van de te verspuitten vloeistof geen schadelijke gevolgen voor het gewas [14].

Bij alleen water als draagstof wordt een iets breder spectrum verkregen dan bij een speciale draagstof. De VMD krijgt door toevoeging van bijvoorbeeld Eko-mist een lagere waarde, omdat de draagstof adhesief (d.w.z. bindt zich aan water, stoot zichzelf af) is. De hoeveelheid Eko-mist mag maximaal 30 % van de totale vloeistofhoeveelheid bedragen [7].

De invloed van de sproeierdiameter op de druppeldiameter is groter dan de invloed van de draagstofkeuze. Een combinatie van sproeier en draagstof, waarbij relatief veel druppels gevormd worden met een diameter groter dan 30 mu, heeft neerslaan van druppels vlak voor het apparaat tot gevolg. Hierdoor kan gewasschade optreden, terwijl bovendien de hoeveelheid werkzame stof op andere plaatsen te laag kan zijn, hetgeen een lage effectiviteit van de behandeling oplevert. Dergelijke grote druppels moeten derhalve zoveel mogelijk vermeden worden [57].

5.1.4. Druppelverdeling bij een fog-behandeling

Een fog-apparaat levert kleine druppels. Kleine druppels hechten echter slecht. De onderkant van het blad wordt bij foggen slecht geraakt [63]. Er wordt zelfs

beweerd dat de onderkant niet geraakt wordt [26]. Het effect van een fog-apparaat wordt daarom bepaald door dampwerking van het bestrijdingsmiddel en de beweeglijkheid van de te bestrijden plaag [63]. Een schimmel wordt derhalve niet met een ruimtebehandeling bestreden. Voor de bestrijding van schimmels is een grote hoeveelheid vloeistof met relatief grote druppels gewenst. Hiervoor is derhalve een hoogvolume-behandeling geschikt [toevoeging auteur].

Het toevoegen van een speciale draagstof (Eko-mist) zorgt voor een verlaging van de verdampingssnelheid van de vloeistof. De vloeistof in de druppels verdampt minder snel, hetgeen een grotere reikwijdte tot gevolg heeft [7,51]. Bovendien is het aantal druppels dat uiteindelijk neerslaat op het gewas bij gebruik van een draagstof groter [81].

De olie in een draagstof maakt een nevel zichtbaar [7,51]. Dit heeft als voordeel dat te zien is wanneer de nevel gelijkmatig over de ruimte verdeeld is, en een volgend vak geneveld moet worden [7].

5.1.5. Spuitvloeistof bij een fog-behandeling

Bij een fog-behandeling wordt een sterk geconcentreerde vloeistof verspoten, waarbij per hectare slechts tussen 10 en 30 liter vloeistof benodigd is [7]. De te verspuiten hoeveelheid is afhankelijk van de planthoogte. Hoe hoger het gewas, des te meer middel verspoten moet worden [50]. Spuitvloeistof bevat bestrijdingsmiddel opgelost in water, een draagstof en eventueel toevoegingen (bijvoorbeeld uitvloeiers). Als draagstof kan water gebruikt worden, maar het is ook mogelijk een combinatie van water met VK 1, VK 2, Eko-mist, Nevolin of Nevocol te gebruiken. De soortelijke massa, de oppervlaktespanning en de dynamische viscositeit van deze draagstoffen staan in bijlage 3. De dynamische viscositeit van een spuitvloeistof heeft een bereik van 0,00100 Pa.s (water) tot 0,0500 Pa.s (hoog visceuze olie). De oppervlaktespanning van spuitvloeistof heeft een bereik van 0,020 N/m (organische vloeistoffen) tot 0,072 N/m (water).

Bij een volumestroom van 16 l/h werd bij water, Nevocol en VK 1 de VMD gemeten. De VMD was hierbij respectievelijk 73 mu, 57 mu en 24 mu. De druppelgrootte blijkt af te nemen van water naar Nevocol naar VK 1 [73].

Eko-mist is een draagstof op basis van diethyleenglycol die bijgemengd kan worden bij alle bestrijdingsmiddelen die met een fog-apparaat verneveld mogen worden. De verhouding tussen Ekomist en water is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid (RV), en ligt tussen 1:9 (bij lage RV) en 1:3 (bij hoge RV).

Er mag derhalve geen spuitvloeistof aangemaakt worden waarbij de hoeveelheid Eko-mist groter is dan $1/3$ van de waterhoeveelheid. Het gebruik van Eko-mist in de glastuinbouw is de laatste jaren sterk toegenomen [toevoeging auteur]. Er zijn veel bestrijdingsmiddelen die slecht in water oplosbaar zijn. Door toevoegingen verdeelt het bestrijdingsmiddel zich gelijkmatig over de vloeistof. Hierbij is geen sprake van een oplossing maar van een verstrooiing van de deeltjes van het bestrijdingsmiddel. De gevormde emulsies zijn stabiel. De concentratie van het toegevoegde middel dat voor de verstrooiing zorgt mag niet zo hoog zijn dat plantvergiftiging kan ontstaan.

Aan spuitvloeistof kunnen nog enkele middelen toegevoegd worden die ervoor zorgen dat de hechting van het middel aan het gewas verbeterd, en de planten het middel beter laten opnemen. De toevoegingen kunnen zowel synthetisch als natuurlijk zijn. Plantaardig is duurder dan synthetisch. Het voordeel van deze natuurlijke produkten is dat ze, zelfs in hun geconcentreerde vorm, een lage giftigheid of zelfs geen giftigheid hebben. Deze produkten zijn geschikt als toevoeging en als basismiddel [60]. Bij gebruik van Eko-mist zijn toevoegingen die een betere hechting geven overbodig [81].

Een uitvloeier verlaagt de oppervlaktespanning van een vloeistof. Voor goed uitvloeien van de vloeistof is slechts een kleine toevoeging (0,01-0,1%) al voldoende. Een toevoeging van 0,1% uitvloeier verlaagd de oppervlaktespanning van water tot 0,028 N/m. Toevoegen van meer uitvloeier heeft nauwelijks verlaging van de oppervlaktespanning tot gevolg [73].

De spuitvloeistof kan zowel een emulsie als een suspensie zijn. Bij een emulsie moet tussen 1,5 en 3 $l/1000m^2$ verneveld worden. De RV moet een waarde hebben die inligt tussen 80 en 90 % [50,51]. Bij emulsies wordt meestal een sproeierdiameter van 1 mm toegepast [50]. De reikwijdte bij emulsies met VK 1 is 50 meter [51].

Bij een suspensie moet tussen 2 en 4 $l/1000m^2$ verneveld worden. De RV moet een waarde hebben die inligt tussen 60 en 80 % [50,51]. Bij suspensies wordt meestal een sproeierdiameter van 0,9 mm toegepast [50]. De reikwijdte bij suspensies met VK 1 of VK 2 is slechts 30 meter [51].

Bayleton wettable powder in water is een bestrijdingsmiddelsuspensie. Bij 3 verschillende concentraties is de soortelijke massa, de oppervlaktespanning en de dynamische viscositeit van de suspensie gemeten. Het resultaat van deze meting staat in bijlage 3. Uit bijlage 3 blijkt dat bij een suspensie een toename van de concentratie een hogere dynamische viscositeit en een lagere

oppervlaktespanning tot gevolg heeft [73].

5.1.6. Praktijkgegevens van enkele Fog-apparaten

5.1.6.1. Druppelverdelingsvergelijking tussen een Dynafog, een Pulsfog en een Swingfog

Bij een dicht gewas (gewashoogte ongeveer 50 cm) werden enkele fog-behandelingen uitgevoerd met een Dynafog, een Pulsfog en een Swingfog. Bij alle apparaten werd onderin op het gewas nagenoeg geen spuitvloeistof teruggevonden. De indringing van een fog-apparaat is derhalve slecht.

Bij een Dynafog werd een betere druppelverdeling over het gewas gerealiseerd met water als draagstof dan met Lira-Nefal. Bij een Pulsfog werd met VK 1 als draagstof een betere druppelverdeling bereikt dan met water.

Bij een Pulsfog met VK 1 werden voor de doseerplaats geen druppels groter dan 30 μ verspreid. Bij de overige behandelingen werden voor de doseerplaats druppels verspreid, die schade aan het gewas kunnen veroorzaken [18].

5.1.6.2. Druppelgroottemetingen bij een fog-apparaat type SN 11 en een fog-apparaat type DE

Bij een fog-apparaat type SN 11 zijn druppelgroottemetingen verricht. Er werden 6 verschillende sproeiers beproefd. Een overzicht van deze sproeiers wordt gegeven in bijlage 4. Bij een aantal instellingen van de volumestroom werden bij de verschillende sproeiers druppelgroottemetingen verricht. Met deze metingen werd de VMD, d_{v10} en d_{v90} bepaald. Het resultaat hiervan staat in bijlage 5, tabel 3.

De belangrijkste conclusie die uit deze resultaten getrokken kan worden is dat de uitvoering met de gelijkstroomsproeier grotere druppels leverde dan de tegenstroomsproeier. De grotere waarde van de VMD bij de gelijkstroomsproeier heeft twee oorzaken. Ten eerste is de verblijftijd van de vloeistof in de pijp bij de gelijkstroomsproeier t.o.v. de tegenstroomsproeier korter, waardoor minder verdamping van de vloeistof optreedt. Ten tweede hangt de mate van verstrooiing af van het impulsverschil. Het impulsverschil is het produkt van de massa van de vloeistof en het snelheidsverschil tussen de vloeistof en de gasstroom. Bij een gelijkstroomsproeier is het snelheidsverschil kleiner dan bij een tegenstroomsproeier, waardoor de vloeistofstroom minder uitelkaar geslagen wordt.

Bij een fog-apparaat type DE wordt de volumestroom uit de middelentank (V_w) samengevoegd met een volumestroom stoom (V_d). Een dergelijke aanpassing bevindt zich ten tijde van de druppelgrootte-metingen in het proefstadium. Een fog-apparaat type DE kan uitgevoerd worden met sproeier U 720, waarbij de verstuuving feitelijk buiten de dop plaatsvindt of een sproeier DR 0011, waarbij binnenmenging plaatsvindt.

Bij een aantal instellingen van de apparatuur werd de VMD, d_{v10} en d_{v90} bepaald. Het resultaat hiervan staat in bijlage 5, tabel 4. Uit de meetresultaten kan voor beide sproeiers geconcludeerd worden dat V_w rechtvaardig is aan de VMD, en V_d omgekeerd evenredig is aan de VMD. Deze conclusie kan voor sproeier DR 0011 door het grotere aantal metingen met grotere stelligheid gemaakt worden. De VMD blijkt bij de uitvoering met sproeier DR 0011 beduidend lager te liggen dan bij sproeier U 720. Uit bijlage 5 blijkt bovendien dat met het fog-apparaat type DE voorzien van sproeier DR 0011 het smalste druppelgroottespektrum geeft [73].

5.2. Nevelen met een spuitbus

Een nevelbehandeling uitvoeren met spuitbussen kan goed worden toegepast bij pleksgewijze bestrijding. De behandeling moet s'avonds uitgevoerd worden. Ongeveer 2 uur na de behandeling kan er afgelucht worden [25].

5.3. Roken

Een rookdoos is gevuld met een substantie, die bij verbranding veel rook doet ontstaan. Het bestrijdingsmiddel hecht zich aan de rook, en wordt door de partiële dampdruk van de rook in de kasruimte verspreid [72].

6. ULTRALAAGVOLUME-RUIMTEBEHANDELING

Bij ULV-technieken wordt per hectare meestal minder dan 10 liter vloeistof verspoten. Een voorbeeld van een ULV-techniek is een LVM-behandeling.

6.1. LVM

Een LVM is een kompressiespuit, waarmee een ruimtebehandeling uitgevoerd wordt. Het sterke punt van de LVM is vooral het ziektevrij maken van een teeltruimte tijdens de teeltwisseling en het bestrijden van vliegende insecten. De VMD van de nevel ligt meestal tussen 15 en 20 μ [82]. Het vloeistofverbruik per hectare is ongeveer 6,5 liter. Een LVM kan zowel stationair als mobiel uitgevoerd worden [26].

6.1.1. Werking van een LVM

Een LVM bestaat uit een kompressor, een ventilator, een verstuiver en een middelentank. De kompressor perst lucht onder druk door de verstuiver. Deze verstuiver is verbonden met de tank. Het middel in de tank wordt geroerd door een mechanisch aangedreven roerder of een mengpompje. Door de luchtstroom ontstaat onderdruk bij de verstuiver, waardoor vloeistof wordt aangezogen en vervolgens door de verstuiver zeer fijn verneveld. De luchtstroom die geleverd wordt door de kompressor en de ventilator zorgt ervoor dat de gevormde nevel verder de kas in gestuwd wordt [3]. De luchtstroom die de LVM-koppen leveren is doorgaans niet toereikend om de nevel gelijkmatig over de gehele kas te verdelen. Om een zo gelijkmatig mogelijke verdeling over het kasoppervlak te realiseren worden hulpventilatoren opgehangen. Voordat de vloeistof verneveld wordt moet de lucht in de kas in circulatie gebracht worden door de ventilatoren ongeveer een kwartier voor de verneveling in werking te zetten. Het is mogelijk een LVM aan te schaffen waarbij de te verspuiten hoeveelheid een vaste instelling heeft, maar er zijn er ook waarbij de afgifte met een doseerkraan regelbaar is. Een LVM wordt doorgaans geleverd met 1 ventilator en 1 verstuiver, met 1 ventilator en 2 verstuivers of met 2 ventilatoren met 2 verstuivers. Afhankelijk van de eisen die de gebruiker aan de LVM stelt kan de voor hem meest geschikte LVM aangeschaft worden. Indien een korte nevelduur gewenst is, dan moet de gebruiker een LVM met 2 verstuivers aanschaffen, terwijl voor een toepassing, waarbij de LVM een aantal keren verzet moet worden, een uitvoering met 2 koppen (2 ventilatoren en 2 verstuivers) zeer geschikt is

[30].

Per verstuiver mag maximaal 3 l/h verspoten worden [30,34]. Een grotere vloeistofafgifte levert druppels die dermate groot zijn, dat ze, in combinatie met de hoge concentratie middel in de spuitvloeistof, schade aan het gewas aan kunnen richten [77]. Bij het opstellen van de LVM-koppen moet, om verbranding van het gewas te voorkomen, rekening gehouden worden met de hoogte en de richting van de LVM-kop, en de afstand van de spuitmond tot het gewas.

6.1.2. Verschillende uitvoeringen van LVM-installaties

Een LVM-behandeling kan uitgevoerd worden met een mobiele LVM-installatie of een stationaire LVM-installatie.

Een mobiele LVM-installatie is een LVM-kop die op een verrijdbaar onderstel geplaatst is. De LVM-kop is in hoogte verstelbaar. De installatie wordt naar de ruimte gereden waar de ruimtebehandeling uitgevoerd moet worden. Door het instellen van een timer is aanwezigheid van de bediener in de kas tijdens de behandeling overbodig. Indien de bediener tijdens een behandeling de LVM moet verplaatsen is het verstandig een stationaire installatie aan te schaffen. Hierdoor wordt voorkomen dat de bediener zich in de behandelde kasruimte moet begeven. Bovendien is het bij verplaatsen niet mogelijk een gelijkmatige verdeling van de nevel over het gewas te realiseren [81].

Er zijn verschillende stationaire installaties mogelijk. Het systeem dat het meest toegepast wordt is eigenlijk vergelijkbaar met een mobiele LVM. In een kas worden enkele "mobiele" LVM-koppen stationair opgehangen. Vervolgens wordt berekend hoeveel LVM-koppen en hulpventilatoren benodigd zijn om de nevel gelijkmatig over het gehele kasoppervlak te verdelen. Deze uitvoering is iets duurder t.o.v. een mobiele LVM, omdat meer LVM-koppen benodigd zijn. De behandeling wordt door het grotere aantal LVM-koppen sneller uitgevoerd, en de bediener hoeft niet meer de kas in om de LVM te verzetten.

Het is mogelijk een stationaire LVM-installatie aan te schaffen, waarbij een centraal opgestelde kompressor een luchtstroom levert, die via een vast leidingsysteem naar de verstuivers van de LVM-koppen getransporteerd wordt. De besturing wordt gerealiseerd vanuit een centrale plaats. Bij deze installaties is de gehele behandelingscyclus, d.w.z. roeren, voorventileren, verstuiven, naspoelen en naventileren, geautomatiseerd. Alleen de middelenbeker moet nog gevuld worden en de knop moet worden ingedrukt [77,81]. Er kan ook een vaste installatie aangeschaft worden waarbij niet iedere tank apart gevuld hoeft te

worden, maar een centrale vulinstallatie aanwezig is. De vulinstallatie bestaat uit een vultrechter met daarnaast kolommen, waarin per afdeling de benodigde hoeveelheid oplossing met handbediende kranen gedoseerd kan worden. Na het afvullen worden de vloeistofeenheden door perslucht naar de verschillende tanks getransporteerd. Bij dit systeem is de kans op verstopping in de relatief lange leidingen groter, en moet om verstopping te voorkomen het gehele leidingsysteem nagespoeld worden. Een dergelijk systeem wordt nauwelijks toegepast [toevoeging auteur].

In Japan is een uitvoering van een mobiele LVM-installatie op de markt waarbij aan de uitgang van de ventilator van de LVM een plastic buis is bevestigd. De luchtstroom van de ventilator zorgt voor het transport van de nevel door de buis. De buis, die dezelfde lengte moet hebben als de kasdiepte, is voorzien van gaten aan de bovenkant. De nevel stroomt van onderaf naar de planten, en vult op deze manier de ruimte met nevel [9]. De behandeling kan op enkele manieren uitgevoerd worden. Indien meerdere plastic buizen in de kas uitgerold liggen, moet de LVM losgekoppeld, verplaatst en weer aangekoppeld worden. Het nadeel van deze methode is het kapotgaan van de buizen die in het pad blijven liggen door het eroverheen lopen tijdens dagelijkse werkzaamheden. Daarom wordt in Japan, waar deze methode in praktijk toegepast wordt, meestal slechts 1 buis gebruikt. De buis moet dan, om de LVM te kunnen verplaatsen, worden opgerold. Na het oprollen kan de LVM worden verzet, waarna de buis weer uitgerold kan worden en de behandeling kan worden voortgezet. Het nadeel van het oprollen is de lange tijdsduur die de gebruiker in de behandelde ruimte moet verblijven, hetgeen schadelijk is voor de gezondheid. De langwerpige vorm van de japanse kassen heeft t.o.v. de vierkante vorm van europese kassen het voordeel dat de LVM minder keer verplaatst moet worden, waardoor in Japan een behandeling op deze manier minder problemen met zich meebrengt.

Bij een LVM-installatie met een plastic buis treedt geen verbranding op, doordat het middel niet rechtstreeks uit de spuitmond naar het gewas geblazen wordt. Buiten Japan wordt deze methode (nog) niet toegepast [toevoeging auteur].

6.1.3. Berekening van het aantal ondersteuningsventilatoren

De methode voor het berekenen van het aantal ondersteuningsventilatoren is niet wetenschappelijk onderbouwd, maar wordt wel toegepast door elke installateur van LVM-apparatuur. Zij gaan ervan uit dat de luchtverplaatsing die in een uur

gerealiseerd moet worden gelijk is aan de kasinhoud maal de gewasweerstand. De gewasweerstand is gewasafhankelijk. Het is namelijk makkelijker de lucht te verplaatsen in een nagenoeg lege kas, dan in een kas waar een hoog, vol gewas de luchtbeweging remt. Een lege kas remt de luchtstroming niet, waardoor de waarde van de gewasweerstand hierbij 1 is. Aan een vol komkommengewas wordt door de installateurs een waarde van 2 gegeven. Aan elk gewas kan een weerstandfactor toegekend worden die inligt tussen 1 en 2. Indien uitgegaan wordt van een ventilator met een bepaalde capaciteit kan het aantal benodigde ventilatoren eenvoudig berekend worden, omdat de eenheid van zowel de capaciteit van de ventilatoren als de vereiste luchtverplaatsing m^3/h is.

Een LVM-behandeling vereist een goede luchtcirculatie in de kas. Voor een goede luchtcirculatie is het van belang dat een ventilator gekozen wordt met een worplengte die minimaal zo groot is als de afstand van het middenpad tot de gevel. De maximale worplengte van de ventilatoren die toegepast worden is 50 meter [77,81]. Er ontstaan derhalve problemen bij een kaplengte die groter is dan 50 meter. Bij dergelijke kassen moet het aantal ventilatoren verdubbeld worden. In de praktijk blijken meestal 6 tot 10 hulpventilatoren per hectare te volstaan [37].

6.1.4. Berekening van het aantal benodigde LVM-koppen

De LVM-apparaten worden meestal over het betonpad gericht, waarbij de hulpventilatoren de nevel naar het gewas transporteren. Het aantal LVM-koppen is hierbij afhankelijk van de lengte van het betonpad en de worplengte van de LVM. De worplengte van een LVM moet voldoende zijn om de gevel of de volgende ventilator te bereiken [34].

Bij LVM-koppen met een kleine worplengte kan een behandeling snel uitgevoerd worden. Bij een kleine worplengte zijn er namelijk meer LVM-koppen benodigd. Elke kop is voorzien van een verstuiver, waardoor de te verspuiten vloeistofhoeveelheid door het grotere aantal koppen sneller toegediend kan worden. Bovendien is de stroming bij ventilatoren met een geringe luchtstroom minder turbulent dan bij ventilatoren met een grote luchtstroom, hetgeen een gelijkmatigere verdeling van de nevel over de ruimte tot gevolg heeft. Indien een afstand van 100 meter afgelegd moet worden kunnen derhalve beter 4 LVM-koppen met een worplengte van 25 meter aangeschaft dan 2 LVM-koppen met een worplengte van 50 meter [77].

6.1.5. Belangrijke aspecten van een LVM-behandeling

Een LVM-installatie is eenvoudig te bedienen. Door het instellen van een timer hoeft de bediener bij een stationaire LVM-installatie tijdens de behandeling niet in de ruimte te komen waar de verneveling plaatsvindt. Hierdoor komt de bediener niet in aanraking met de spuitvloeistof, en kunnen tijdens de behandeling andere werkzaamheden verricht worden.

Om te voorkomen dat een LVM-kop verstopt raakt moet de spuitvloeistof bij het vullen van de tank gezeefd worden. Bovendien moet tijdens het vullen van de tank en gedurende de LVM-behandeling goed geroerd worden [12]. Meestal wordt het roeren mechanisch uitgevoerd [34].

Een LVM-behandeling brengt geen geluidsoverlast met zich mee. Doordat geen verhitting van de spuitvloeistof plaats vindt en er geen vorming van ethyleen (als bestanddeel van verbrandingsgassen) optreedt kunnen bijna alle bestrijdingsmiddelen verspoten worden. Het voordeel van een LVM-behandeling t.o.v. hoogvolume-sputten is de besparing van arbeid en van middel. Bovendien treedt geen afdruiptverlies of residu op [12,26, 37].

Bij een LVM-behandeling worden druppels met een lage VMD in een kasruimte gebracht. Om een gelijkmatige verdeling over het kasoppervlak te verkrijgen moeten deze druppels lang blijven zweven, waardoor de emissie naar de buitenlucht beduidend hoger is dan bij een hoogvolume-besputting [77,81]. Een LVM-installatie is duurder om aan te schaffen dan een fog-apparaat. Bovendien vergt een LVM-behandeling (voorventilatie, behandeling, naventilatie) meer tijd dan een fog-behandeling [37].

Zowel de gewas- als de klimaatomstandigheden in de kas zijn van invloed op de LVM-behandeling.

De meningen over de optimale waarde van de RV zijn verdeeld. P. Ruge vindt een RV van 85 tot 90 % ideaal [12]. E. Nunnink vindt dat de behandeling uitgevoerd moet worden bij een wat lagere RV [35]. Aangezien het sluiten van een foliescherm een stijging van de RV tot gevolg heeft wordt dit door Nunnink afgeraden [35]. De windsnelheid mag tijdens de behandeling maximaal 3 tot 4 m/s bedragen [25]. De kastemperatuur moet inliggen tussen 10 en 30 °C [12]. De optimale kastemperatuur is 20 °C [25].

De meningen over de toestand van het gewas zijn verdeeld. In de literatuur komt naar voren dat voor een LVM-behandeling een droog gewas het beste resultaat geeft [25]. P. Ruge beweert echter dat het afzetten van het middel op het gewas verbeterd kan worden door een half uur voor de behandeling het gewas gedurende

2 tot 3 minuten nat te maken. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met een stijging van de RV [12].

In verband met overdoseringschade mag de LVM niet te dicht op het gewas staan. De LVM moet over het betonpad gericht worden, waarbij de hoogte van de LVM-kop in ieder geval gelijk is aan de planthoogte. Bij een smal pad moet de LVM-kop op ongeveer 50 cm boven het gewas onder een hoek van 10 graden schuin omhoog gericht worden. Wanneer de afstand van de LVM tot het gewas klein is, dan moeten de planten op minder dan 6 meter afgedekt worden met een (plastic) zeil. Bij gewassen waar onderin niet veel bladeren zitten, zoals bij tomaat en komkommer, is het mogelijk in plaats van boven het gewas op 30-40 cm hoogte tussen de rijen te nevelen [12]. Deze methode wordt echter nauwelijks toegepast [77].

6.1.6. Druppelgrootte bij een LVM-behandeling

Bij een LVM-behandeling wordt de VMD beïnvloed door de diameter van de nozzle. Een nozzle van 0,6 mm wordt het meest toegepast. Een nozzle van 0,8 mm geeft een grovere druppel en wordt alleen voor spuitpoeder en flowables gebruikt [29].

De volumestroom wordt bepaald door de nozzle-diameter en de kompressordruk. Bij enkele LVM's kan de vloeistofstroom door de gebruiker ingesteld worden. Een verandering van de vloeistofstroom is echter van invloed op het druppelgrootte-spektrum. Fabrikanten stellen meestal zelf de volumestroom van de LVM af om te voorkomen dat een instelling een spektrum levert waarbij gewasverbranding optreedt [30].

Naast de nozzle-diameter en de kompressordruk is ook de viscositeit van de spuitvloeistof van invloed op het spektrum. Een vloeistof met een hoge viscositeit heeft t.o.v. een vloeistof met een lage viscositeit een (geringe) toename van de VMD tot gevolg [37].

Bij een kompressordruk van 6 bar en een volumestroom van 2,7 l/h is de VMD bij een LVM ongeveer 14 μ m [82]. De VMD bij een LVM-behandeling heeft over het algemeen een lagere waarde dan bij een fog-behandeling. Ook is de verdeling van de druppels over het kasoppervlak gelijkmatiger. Het gevolg hiervan is dat een LVM over het algemeen een groter bestrijdingseffect heeft [36].

Met een Arimitsu Greenhouse Sprayer werd zowel op 1 meter als op 4 meter afstand van de nozzle de VMD gemeten. De VMD was respectievelijk 13,6 μ m en 14,3 μ m [44]. Deze toename wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat op grotere

afstand een groter aantal zeer kleine druppels t.g.v. drift verdwenen is, doordat druppels samenklonteren of een combinatie van deze twee mechanismen. De VMD wordt echter ook beïnvloed door het uitzakken van grote druppels naar de grond en de afname van de druppeldiameter t.g.v. verdamping. Het is onduidelijk in welke mate de mechanismen de VMD beïnvloeden. Het effect van de meetafstand t.o.v. de nozzle op de VMD, is derhalve niet bekend.

6.1.7. Toepassingen van een LVM-installatie

Toepassen van een LVM-installatie bij een komkommengewas is niet altijd mogelijk. Indien boven het gewas weinig ruimte is dan remt het hoge, volle gewas de luchtcirculatie, hetgeen een slecht effect van de ruimtebehandeling tot gevolg heeft [8,77]. Een hoge kas heeft echter boven het gewas ruimte genoeg om de nevel gelijkmatig over het kasoppervlak te verdelen. Bij een dergelijke kas kan een LVM-installatie wel met goed resultaat toegepast worden [29,77,81].

Voor een goed behandelingseffect moeten druppeltjes zich niet alleen over het kasoppervlak verdelen, maar moeten ze zich ook afzetten op het gewas. Over de manier waarop de druppeltjes zich aan het gewas hechten zijn de meningen verdeeld. Volgens E. Nunnink zorgt de luchtcirculatie voor de afzetting op het gewas. De druppeltjes verdampen zeer snel, waardoor een zeer fijne fractie blijft zweven. Deze fractie is volgens Nunnink zo fijn, dat er nog moeilijk van een daalsnelheid gesproken kan worden en slechts de luchtcirculatie voor de afzetting kan zorgen [35]. De voorkeur gaat echter uit naar de theorie dat de druppeltjes neerslaan op het gewas doordat de luchtcirculatie gestopt wordt. Door de hulpventilatoren na de behandeling nog 5 tot 10 minuten te laten ventileren wordt het middel gelijkmatig over het kasoppervlak verdeeld. Door vervolgens de ventilatoren uit te zetten krijgen de druppels de kans om uit te zakken op het gewas [77,81].

Door de kleine druppel wordt de dampwerking van middelen als dichloorvos en Hostaquick optimaal benut. Het is echter moeilijk met de LVM gewasbehandelingen uit te voeren. Met een LVM kan spint, zonder dat de onderkant van het blad geraakt wordt, vrij goed bestreden worden. Bij schimmel, en vooral meeldauw, is het effect van de behandeling onvoldoende [36].

6.1.8. Afluchten na een LVM-behandeling

De werking van een LVM is gebaseerd op een fijne nevel die in de gesloten kas

blijft zweven, en na verloop van tijd voor een groot gedeelte uitgezakt is. Het tijdstip waarop afgelucht moet worden is afhankelijk van het middel dat verneveld wordt. Bij een middel met een grote dampwerking, zoals Dichloorvos, moet de kas langer gesloten blijven dan bij een middel dat niet van het gewas afdampt.

Volgens P. Ruge mag bij een LVM-behandeling op z'n vroegst 2 uur na de behandeling afgelucht worden. De druppeltjes krijgen dan de tijd om uit te zakken, waardoor een goede werking van de LVM-behandeling gerealiseerd kan worden. Bovendien blijft volgens Ruge de uitstoot van het bestrijdingsmiddel naar het milieu dan relatief beperkt [12]. Uit een onderzoek met Dichloorvos bleek dat de kas 3 uur gesloten moet blijven, waarna gedurende 2 uur afgelucht moet worden [82].

6.1.9. Praktijkgegevens van een LVM

Bij een komkommergewas werd bij een LVM-behandeling niet alleen aan de bovenkant maar ook aan de onderkant van de bladeren spuitvloeistof teruggevonden. De bedekkingsverschillen waren echter groot, hetgeen invloed had op het bestrijdingseffect. Hieruit blijkt dat een LVM-behandeling niet in elke kas bij een hoog, vol gewas uitgevoerd kan worden [8].

Bij een LVM-installatie voorzien van een plastic buis werd een verdelingsmeting uitgevoerd. Ook hierbij was de depositie aan de bovenkant van het gewas beduidend hoger dan aan de onderkant van het gewas. De verdeling over het kasoppervlak was gelijkmatig en de depositie bovenin het gewas was beduidend hoger dan onderin het gewas [11].

In 1980 werd in Japan met een LVM-installatie voorzien van een plastic buis een behandeling in een komkommergewas uitgevoerd tegen meeldauw. Gedurende 2 uur werd het aantal deeltjes gemeten die naar een hoogte van 1 meter boven de grond uitgezakt waren. Uit de metingen bleek dit 80 % van alle deeltjes te zijn. Van deze deeltjes was 90 % kleiner dan 5 μ [9]. Aan deze percentages kunnen echter weinig conclusies verbonden worden, omdat zowel de druppelgrootteverdeling van de spuitkop als de druppelgrootteverdeling direkt na de behandeling niet bekend zijn. Met deze meting wordt derhalve niet duidelijk gemaakt wat de invloed van de tijd is op de druppels.

7. EMISSIE VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN IN DE GLASTUINBOUW

In de glastuinbouw zijn tot op heden weinig metingen verricht naar de emissie van bestrijdingsmiddelen. Hierdoor zijn weinig waarden van de emissie-stromen bij de verschillende toedieningstechnieken bekend. In dit literatuuronderzoek werd slechts 1 rapport over emissie gevonden. De resultaten van dit rapport worden in dit hoofdstuk weergegeven.

7.1. Depositie- en luchtconcentratiemetingen bij een LVM, een Pulsfog en een hoogvolume-spuit

7.1.1. Proefbeschrijving

De depositie- en luchtconcentratiemetingen werden uitgevoerd met methomyl (Lannate L). De metingen werden zowel in een kas met een "extreem laag" gewas (lege kas) verricht als in een kas met een tomatengewas van 2,5 meter hoog. De kas werd onderverdeeld in 3 afdelingen van 200 m². In deze 3 afdelingen werden bij een tomatengewas metingen verricht bij een fog-behandeling (Pulsfog), een LVM-behandeling en een hoogvolume-behandeling. In een lege kas werden alleen metingen verricht bij een LVM-behandeling en een fog-behandeling. Naast depositie- en luchtconcentratiemetingen werd ook per afdeling het condenswater opgevangen.

Het doel van de metingen was het verkrijgen van inzicht in de verschillen in deposities en luchtconcentraties van bestrijdingsmiddelen bij deze toedieningstechnieken, en voor elke techniek een schatting te maken van de milieubelasting door de actieve stof.

7.1.2. Luchtconcentratiemetingen

Uit afnamecurves is gebleken dat de afname van de luchtconcentraties in de eerste 4 uur zeer groot was. In tabel 5 staat de concentratie methomyl in de kaslucht en percentage uitstoot naar de buitenlucht bij een fog-behandeling en een LVM-behandeling in zowel een lege kas als in een kas met een tomatengewas. Hierbij moet opgemerkt worden dat het massapercentage methomyl, dat na 3 uur naar de buitenlucht verdwenen is, geen gemeten maar een berekende waarde is. Bij het totale massapercentage methomyl dat naar de buitenlucht verdwijnt is geen rekening gehouden met het tijdens het afluchten afdampen van het gewas. Het totaalpercentage zal hierdoor in werkelijkheid waarschijnlijk een hogere

waarde hebben dan de waarde die hier vermeld staat.

Uit tabel 5 blijken de concentraties van methomyl in de lucht bij zowel een LVM-behandeling als bij een fog-behandeling in een lege kas hoger te zijn dan in een volle kas. Tevens blijken de concentraties van methomyl in de lucht bij een LVM-behandeling hoger te zijn dan bij een fog-behandeling. De emissie naar de buitenlucht is echter bij een LVM-behandeling niet hoger dan bij een fog-behandeling.

Tabel 5. Concentratie methomyl in de kaslucht en percentage uitstoot naar de buitenlucht bij een fog-behandeling en een LVM-behandeling in zowel een lege kas als in een kas met een tomatengewas

	Begin- conc. (mg/m ³)	Conc. na drie uur (microg/m ³)	Massa % na drie uur in de kaslucht	Massa % na drie uur naar de buitenlucht	Totale Massa % naar de buitenlucht	
Volle kas	Foggen	16,2	17	0,1	0,1	0,2
	LVM	15,0	21	0,1	0,1	0,2
Lege kas	Foggen	18,0	72	0,4	0,3	0,7
	LVM	16,2	41	0,3	0,2	0,5

7.1.3. Depositie metingen op het gewas, het kasdek en de grond

Met depositie metingen op het gewas werd bij een hoogvolume-bespuiting, een fog-behandeling en een LVM-behandeling respectievelijk 103 %, 13 % en 57 % van de doseringen teruggevonden. Het percentage bij hoogvolume-sputten ligt boven 100 %, hetgeen theoretisch niet mogelijk is. De oorzaak hiervoor is waarschijnlijk het bepalen van de Leaf Area Index (LAI). Deze LAI is namelijk bij depositie-onderzoek op gewassen relatief moeilijk te kwantificeren, daar voor een exacte bepaling alle bladeren geplukt zouden moeten worden, en vervolgens van alle bladeren het oppervlak bepaald moeten worden. Naast een fout in de bepaling van de LAI kon ook de schatting van de hoeveelheid spuitvloeistof op

50 liter onnauwkeurig zijn. De invloed van analysefouten is meestal slechts gering.

De depositie op het kasdek was na de behandeling van het tomatengewas bij de LVM het hoogst (1,5 % van de dosering), gevolgd door het foggen (0,4 % van de dosering) en het hoogvolume-sputten (0,05 % van de dosering). Ook na de behandeling van lege kassen bleek de depositie op het kasdek voor de LVM-behandeling groter te zijn (11 % van de dosering) dan voor de fog-behandeling (1,7 % van de dosering).

De depositie op de grond na behandeling van een tomatengewas bleek voor het hoogvolume-sputten, de LVM-behandeling en het foggen respectievelijk 21 %, 9 % en 0,9 % van de dosering te bedragen. Bij de behandeling van een lege kas bedroegen de deposities op de grond voor het pulsfoggen en de LVM-behandeling respectievelijk 27 % en 28 % van de dosering. De recovery-hoeveelheden van de behandelingen staan in 7.1.5..

7.1.4. Condenswatermetingen

Uit de meetresultaten bleek ten aanzien van het milieu het condenswater bij een LVM-behandeling de grootste problemen op te leveren. Bij de LVM-behandeling van een kas met tomatengewas werd 0,1 % van de dosering in het condenswater teruggevonden. Bij het hoogvolume-sputten en het foggen werd respectievelijk 0,02 % en 0,009 % van de dosering in het condenswater teruggevonden. Bij de behandeling van lege kassen werd voor de LVM-behandeling en het foggen respectievelijk 0,02 % en 0,0007 % van de dosering teruggevonden. Bij de LVM-behandeling en de fog-behandeling wordt slechts een zeer klein gedeelte van de depositiewaarden op het kasdek in het condenswater teruggevonden. Van de kleine depositiehoeveelheid op het kasdek bij de hoogvolume-behandeling wordt een groot gedeelte in het condenswater (48 %) teruggevonden.

7.1.5. Massabalans

Bij het hoogvolume-sputten, de fog-behandeling en de LVM-behandeling werd totaal respectievelijk 124 %, 15 % en 68 % van de doseringen teruggevonden. Bij de behandeling van lege kassen werd voor de fog-behandeling en de LVM-behandeling respectievelijk 30 % en 40 % van de doseringen teruggevonden. De zij- en achterwanden van de kas werden niet bemonsterd. De depositie kon hierop niet vastgesteld worden, waardoor de massabalans niet volledig is. De lage waarde van de massabalans bij de fog-behandeling en de LVM-behandeling,

bij zowel het behandelen van een kas met tomatengewas als een lege kas, zou erop kunnen duiden dat de gebruikte apparatuur niet geschikt was voor het behandelen van kleine kascompartimenten, zoals in dit experiment. De worplengte van zowel de pulsfog als de LVM waren dermate groot dat het merendeel van de methomyl op de zij- en achterwanden van de kas tot depositie gekomen kan zijn. Deze wanden werden niet bemonsterd.

Bij het hoogvolume-sputten werd meer middel teruggevonden dan er verspoten was, terwijl de zij- en de achterwanden van de kassen niet bemonsterd werden. Een verklaring voor deze overschatting kon, zoals al is opgemerkt, een fout in de bepaling van de LAI en een fout in de schatting van de hoeveelheid spuitvloei-stof zijn [49].

LITERATUURLIJST

- [1] Walker, J.O. Spraying systems for the 1980s: Proceedings of a symposium. Surrey England, March 26-27th, 1980.
- [2] 41. Deutsche Pflanzenschutz-Tagung in Munster, 10-14 Oktober 1977. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, No 178, p 1-288. 1977.
- [3] Consulentenschap in Algemene Dienst voor de bedrijfsuitrusting in Akker- en Tuinbouw (Ministerie van Landbouw en Visserij), Spuiten in de Glastuinbouw. 1988.
- [4] Bode, L.E. New Pesticide Application Equipment and Techniques. Plant disease, Volume 65, No 1. University of Illinois Urbana, 1981.
- [5] Nunnink, E. Horizontale spuitboom verbetert resultaat. Groenten en Fruit, Jaargang 45, No 10. 1989.
- [6] Sopp, P.I., Gillespie, A.T., Palmer, A. Application of Verticillium Lecanii for the control of Aphis Gossipii by a Low-Volume electrostatic rotary atomiser and a High-Volume hydraulic sprayer. Entomophaga, Jaargang 34, No 3. 1989.
- [7] Stahl, Pflanzenschutz unter Glas. Nebelmethode im Test. Zierpflanzenbau, Jaargang 25, No 9. 1985.
- [8] Moriya, S., Tsuga, K. Low Volume Spraying for Pest Control in the Horticulture under Covers. Japan Pesticide Information, No 52, 1988.
- [9A] Testing of residue, Diffusion and Effectiveness. Saitama Prefectural Horticultural Testing Grounds, 1980.
- [9B] Testing the Effectiveness of the LVH Against Damages of Greenhouse Vegetables Caused by disease. Miyazaki Prefectural Agricultural Testing Grounds, 1981.
- [10] Stand der Anwendung des halbstationären Kaltnebelverfahren in Gewächshausanlagen der DDR. Beilage der Zeitschrift Gartenbau, Jaargang 35, Heft 1. 1988.
- [11] Lindquist, R.K., Adams, A.J., Hall, F.R. Evaluation of the Mykron LVH-10 Greenhouse Sprayer. Department of Entomology and Laboratory for Pest Control Application Technology, The Ohio State University and Ohio Agricultural Research and Development Center. Wooster, 27 July 1990.
- [12] Ruge, P. Schonende Pflanzenschutztechnik für Pflanze, Mensch und Umwelt. Zierpflanzenbau, No 12. Isny, 13 June 1990.

- [13] Stahl, W. Moderner Pflanzenschutz mit niedrigen Aufwandmengen. Zierpflanzenbau, No 12. Überlingen, 13 June 1990.
- [14] Mehr Erfolg im Pflanzenschutz unter Glas. Deutsche Gartenbau, No 30. 1985.
- [15] Lecker, F. Swingfeuer. Nebelverfahren für den Pflanzenschutz. Gartenwelt, No 13. 1975.
- [16] Feis, N. Toekomstige ontwikkeling van de nevelspuit. Instituut voor Tuinbouwtechniek. Wageningen, 1954.
- [17] Frost, A.R., Yates, W.E. A pulsed-jet atomizer for the production of sprays with narrow drop size ranges. Journal of Agricultural Engineering Research, Jaargang 26, No 4, p 357-366. 1981.
- [18] Roosjen, M.G., Groen, J., Liefstink, D.A. Heldere kijk op nevelapparatuur. De Tuinderij, Jaargang 61, No 20, p 26-27. 1981.
- [19] Wullem, W.A. van, Spuitmasten ook toepasbaar bij snijbloemen. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 39, No 16, p 46-47. 1984.
- [20] Ruyter, P.C. Goed spuitwerk de basis voor gewasbescherming. Bloembollencultuur, No 22, p 16-18. 1985.
- [21] Spuittechniek: Met zo min mogelijk middel een goed effect bereiken. De Tuinderij, Jaargang 65, No 28, p 64-65. 1985.
- [22] Liefstink, D., Rops, A. Gewasbescherming. Spuittechniek in beweging. De Tuinderij, Jaargang 67, No 2, p 74-75. 1987.
- [23] Kosman, H.F.M., Liefstink, D.A. Spuitboom bespaart arbeid in teelt jaarrondchrysaant. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 42, No 5, p 100-101. 1987.
- [24] Mullem, W., Meeldijk, B.P. van, Ontwikkelingen op de voet volgen: Spuittechniek blijft zich vernieuwen. Groente en Fruit, Jaargang 43, No 1, p 60-61. 1987.
- [25] Peeters, K., Wilders, P., Hoogstrate, J. Foggen en spuitbussen: Ruimtebehandeling houdt plagen onder de duim. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 42, No 45, p 66-67. 1987.
- [26] Nunnink, E. Spuittechniek beperkt gebruik gewasbeschermingsmiddelen. Groente en Fruit, Jaargang 43, No 30, p 106-109. 1988.
- [27] Meeldijk, B.P. van, Geautomatiseerde apparatuur brengt hoeveelheid spuitvloeistof terug: Minder arbeid, betere werkomstandigheden. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 43, No 4, p 78-79,81. 1988.

- [28] Wilders, P. Verantwoord omgaan met bestrijdingsmiddelen: Toedieningstechnieken steeds verfiinder. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 43, No 8, p 24-27. 1988.
- [29] Duyn, P. van, Vaste LVM installatie investering in vrije tijd. Groente en Fruit, Jaargang 44, No 15, p 42-43. 1988.
- [30] Nunnink, E. Belangrijke plaats in gewasbescherming: Ervaringen met LVM. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 44, No 4, p 44-45,47. 1988.
- [31] Meeldijk, B.P. van, Nieuwe apparatuur voor gewasbescherming. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 44, No 4, p 40-41. 1989.
- [32] Nunnink, E. LVM vorig jaar bescheiden nieuwkomer, nu toonaangevend. Groente en Fruit, Jaargang 44, No 32, p 41. 1989.
- [33] Peeters, W. Milieu in fruitteelt minder middel nodig door betere spuittechnieken. Groente en Fruit, Jaargang 44, No 36, p 34-35. 1989.
- [34] Nunnink, E. Geen grote kwaliteitsverschillen tussen in handel zijnde LVM's. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 2, p 34-35. 1989.
- [35] Nunnink, E. Is LVM goed of slecht voor mens en milieu. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 2, p 35. 1989.
- [36] Nunnink, e. LVM voor alle bestrijdingen even geschikt. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 2, p 33. 1989.
- [37] Nunnink, E. LVM-behandeling heeft dezelfde regels als foggen. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 2, p 30-33. 1989.
- [38] Meeldijk, B.P. Spuit- en nevelapparatuur: Groot onderhoud is geen overbodige luxe. De Tuinderij, Jaargang 70, No 2, p 42-43. 1990.
- [39] Nunnink, E. Spuitmasten en -bomen centraal in Hoog Volume spuittechniek. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 29, p 98-99. 1990.
- [40] Nunnink, E. Luchtondersteuning basis succesvolle ruimtebehandeling. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 29, p 100-101. 1990.
- [41] Nunnink, E. Gewasbehandeling chrysanten met zeer fijne nevel: Mogelijkheden voor robottisering. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 45, No 4, p 84-85. 1990.
- [42] Nunnink, E. Ontwikkelingen bij spuitmasten en spuitbomen: Hoog Volume spuittechniek. Vakblad voor de Bloemisterij, Jaargang 45, No 4, p 88-89,91. 1990.
- [43] Rops, A. Kies de gewenste spuitdop bij gewenste liters per hectare. Groente en Fruit, Jaargang 45, No 31, p 64-65. 1990.

- [44] Lindquist, R.K., Powell, C.C. Get the most out of your pesticide applications. Grower Talks, Jaargang 54, No 4, p 59-67. 1990.
- [45] Dol, S. Nieuwe technieken gewasbescherming onderzocht: Luchtondersteuning duur en niet beter. Bloembollencultuur, Jaargang 101, No 20, p 14-16. 1990.
- [46] Neururer, H. LP-Duesen. Pflanzenarzt, Jaargang 34, No 12, p 112-113. 1981.
- [47] Brouwer, H.K., Westeijn-Alons, G.H. Sputten met luchtondersteuning. Landbouwmechanisatie, Jaargang 42, No 6, p 19-21. 1991.
- [48] Porskamp, H.A.J. De breedteverdeling en de druppelgrootte van spuitdoppen. Landbouwkundig Tijdschrift, Jaargang 93, No 1, p 3-9. 1981.
- [49] Crum, S.J.H., Heer, H. de, Staay, M. van der, Vreede, J.A.F de, Brouwer, D.H. Het effect van drie verschillende toedieningsmethoden op de depositie en luchtconcentratie van methomyl in kassen. Staring Centrum, Rapport 144. Wageningen, 1991.
- [50] Wendland, E.J., Junker, H. Swingbrenner:Nebelverfahren bei Zierpflanzen im Gewächshaus. Der Erwerbsgärtner, No 15. 1971.
- [51] Jansen, D. Erfahrungen mit dem Pulsfog-Nebelgenerator in Papenburger Anbaugesbiet. Der Erwerbsgärtner, No 38. 1972.
- [52] Helyer, N.L., Wardlow, L.R. Aphid control on chrysanthemum using frequent, low dose applications of Verticillium Lecanii. Bulletin SROP, Jaargang 10, No 2, p 62-65. 1987.
- [53] Mawer, C.J., Miller, P.C.W. Effect of roll angle and nozzle spray pattern on the uniformity of spray volume distribution below a boom. Crop Protection, No 8, p 217-222. Juni, 1989.
- [54] Adams, A.J., Palmer, A. Air-assisted electric application of permethrin to glasshouse tomatoes: Droplet distribution and its effect upon whiteflies in the presence of Encarsia Formosa. Crop Protection, No 8, p 40-48. February, 1989.
- [55] Slocombe, J.W., Kuhlman, D.K., Broxterman, A.J. Equipment for teaching pesticide application technology. American Society of Agricultural Engineers. 1990.
- [56] Williford, J.R., Fulgham, F.E. The Teemizer: A new air atomizing spray systems. American Society of Agricultural Engineers. 1989.
- [57] Mathes, A., Bau, H. Neue Pflanzenschutztechniken unter der Lupe. Gesunde Pflanzen 42, Jaargang 9, No 7. 1990.

- [58] Cayley, G.R., Griffiths, D.C., Hulme, P.J., Lewthwaite, R.J., Pye, B.J. Tracer techniques for the comparison of sprayer performance. Crop Protection, Jaargang 6, No 2, p 123-129. 1987.
- [59] Anerkannte Pflanzenschutz- und Vorratgeräte. Biologische Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft, Pflanzenschutzmittel Verzeichnis, 1990/1991, Teil 6.
- [60] Quinn, P.J., Perret, S.F., Arnold, A.C. An evaluation of Soya Lecithin in crop spray performance. Atomisation and Spray Technology, No 2, p 235-246. 1986.
- [61] Bailey, A.G. The theory and practice of Electrostatic Spraying. Atomisation and Spray Technology, No 2, p 95-134. 1986.
- [62] Koch, H. Abdrift vermeiden. Wind als entscheidender Faktor. Gesunde Pflanzen, Jaargang 41, No 3. 1989.
- [63] Matthews, G.A. Research on CDA and other methods in relation to microbial pesticides. International Pest Control, Jan/Feb 1983.
- [64] Bau, H. Tropfenanlagerung. Pflanzenbeschädigung und rückstandsbildung bei Gross- und Kleintropfige Pflanzenschutzverfahren in Unterglasgemüse. Forschungsbericht Agrartechnik, No 44. Berlin, 1980.
- [65] Reichard, D.L., Brazee, R.D., Bukovac, M.J., Fox, R.D. A system for photographically studying droplet impaction on leaf surfaces. Transaction of the ASAE, Jaargang 29, No 3. Mei/Juni 1986.
- [66] Leistra, M. Literatuuronderzoek naar het gebruik van kleurstoffen bij depositiemetingen. Inventarisatie van fysisch- chemische en toxologische eigenschappen. Staring Centrum, Wageningen, 9 Oktober 1991.
- [67] Bor, G. Geschiktheid van de levensmiddelenkleurstoffen Amarant. Brilliant Black en Erythrosine als tracer bij bladdepositie. Een oriënterend onderzoek. Staring Centrum, Wageningen, September 1991.
- [68] Bor, G. Literatuuronderzoek naar het gebruik van kleurstoffen bij depositiemetingen. Staring Centrum, Wageningen, Aug. 1991.
- [69] Porskamp, H.A.J. Spuitdoppen en druppelgrootte. Landbouwmecanisatie, No. 3. Maart 1989.
- [70] Lumkes, L.M. Airjet luchtvlloeistofdop in de praktijk getest. Dossier Gewasbescherming, No 12. 1991.
- [71] Sundaram, A., Retnakaram, A. Influence of formulation properties on droplet size spectra and ground deposits of aerially applied pesticides. Pesticide Science, No 20, p 241-247. 1987.

- [72] De werkgroep Tuinbouwtechniek voor het M.A.O. Werktuigen voor de gewasbescherming in de tuinbouw. Centrale School voor Tuinbouwtechniek en technologie Ede. Maart 1989.
- [73] Eckert, S. Thermalnebelverfahren zur feintopfigen Wirkstoffausbringung mit geringen Flüssigkeitsaufwand. Forschungsbericht Agrartechnik. Hohenheim, 1987.
- [74] Lavers, A., Herrington, P., Southcombe, E.S.E. Air-assisted spraying in crop protection. Britisch Crop Protection Council, No 46. 1991.
- [75] Nielsen, S.L., Kirknel, E. Deposition patterns by high and low pressure. High volume spraying in glasshouse pot plant crops. Planteavl, No 94, p 517-525. 1990.
- [76] Die ganze welt der Düsenttechnik. Lechlercatalogus, editie 891.
- [77] Gesprek met W. Vreugdenhil, vertegenwoordiger van Nic Sosef, 27-8-91.
- [78] Frost, A.R., Lake, J.R. The significance of Drop Velocity to the Determination of Drop Size Distributions of Agricultural Sprays. Journal of Agricultural Engineering Research, Jaargang 26, No 4, p 367-370. 1981.
- [79] Nozzle Technology. Bete-catalogus, Spraybest Europe B.V., Holland.
- [80] Gesprek met A. van de Zande, medewerker van Brinkman, 24-3-92.
- [81] Gesprek met T. van der Kooy, vertegenwoordiger van Brinkman, 30-6-92.
- [82] Brouwer, D.H., Vreede, J.A.F. de, Ravensberg, J.C., Engel, R., Hemmen, J.J. van, Herbetreding van kassen na toepassing van bestrijdingsmiddelen met een neveltechniek. TNO-MBL, Rapport 1991-8.

Bijlage 1. Resultaten van een onderzoek naar de factoren die een gepulseerde bespuiting beïnvloeden

Een onderzoek naar de factoren die een gepulseerde bespuiting beïnvloeden werd uitgevoerd bij een cilinder met gaatjes van 100 μ m en bij een cilinder met gaatjes van 150 μ m. Om de invloed van de vloeistof te bepalen werden twee verschillende vloeistoffen verspoten, namelijk water en water met 1 gram uitvloeier per liter. De statische oppervlaktespanning van water was 55 mN/m. De statische oppervlaktespanning van water met uitvloeier was 35 mN/m. Er werd een werkdruk (p) toegepast tussen 17 en 70 kPa.

De volumestroom is rechtevenredig met p^n . Uit de beproeving bleek dat bij een gepulseerde bespuiting $n=0,6$ [17]. Op enkele uitzonderingen na is bij hydraulische doppen $n=0,5$ [76].

De vloeistofstraal van een gat wordt door verstoringen met een grotere golf-lengte dan de omtrek van de straal instabiel, en valt in druppels uiteen. Het druppelvolumen kan berekend worden door de volumestroom te delen door de frequentie, met aanname dat 1 druppel gevormd wordt per periode van het stoorsignaal. De ondergrens, d.w.z. de laagste frequentie, is die frequentie waar nog net 1 druppel per periode ontstaat. De bovengrens is die frequentie waarbij nog net een stationaire situatie (ligament) bestaat.

De grensfrequenties (f) zijn niet afhankelijk van de oppervlaktespanning van de vloeistof, maar zijn afhankelijk van de druk ($p^{0,9}$). Bij een gegeven druk was de grensfrequentieverhouding (bovengrens/ondergrens) 1,5 tot 2,0. Bij deze verhouding werd 1 druppel per periode gevormd.

De druk en de oppervlaktespanning hebben, integenstelling tot de gatdiameter (D_g), geen invloed op de grensgolflengte (λ). Bij een D_g van 150 μ m lag λ tussen 0,56 mm en 0,87 mm. Bij een D_g van 100 μ m lag λ tussen 0,35 mm en 0,64 mm.

De ligamentdiameter (D_l) wordt beïnvloed door de druk. Bij een toename van de druk daalde de ligamentdiameter. Bij een $D_g=150$ μ m lag D_l tussen 135 μ m (bij p_{\max}) en 150 μ m (bij p_{\min}). De ligamentlengte is niet afhankelijk van de oppervlaktespanning van de vloeistof en de frequentie, maar van D_g , p (en dus ook van de volumestroom en de snelheid) en de aan- of afwezigheid van stoorsignalen (drukgolven).

De oppervlaktespanning van de vloeistoffen heeft geen invloed op de VMD. De verhouding VMD_{\max}/VMD_{\min} had bij beide gatdiameters ongeveer dezelfde waarde. Bij $D_g=100$ μ m lag de VMD bij f_{\max} tussen 150 en 180 μ m en bij f_{\min} tussen 210 en 220 μ m. Bij $D_g=150$ μ m lag VMD bij f_{\max} tussen 240 en 270 μ m en bij f_{\min} tussen 300 en 325 μ m. Bij $D_g=150$ μ m en $f=f_{\max}$ bestond 7,5 % van het vloeistofvolume uit druppels kleiner dan 210 μ m en 92,5 % uit druppels kleiner dan 280 μ m. Bij afwezigheid van een stoofrequentie bij ligamentdesintegratie werd het spektrum 230 % breder (250-410 μ m). Een hydraulische dop had onder gelijke omstandigheden een spektrum dat 430 % breder was (120-420 μ m) [17].

Bijlage 2. Theorie van de stabiliteit van een geladen druppel [61]

Een vloeistofstroom kan in druppels uitelkaargeslagen worden door aan de vloeistof een lading te geven, waarvan de afstotende kracht van de lading van de vloeistof groter is dan de aantrekkende kracht van de oppervlaktespanning. Gelijkheid van de naar buiten gerichte electrostatische druk, als gevolg van een (oppervlakte) lading q , aan de bindende oppervlaktespanningsdruk luidt in formulevorm:

$$q = 8 \times \pi \times (y \times E_0 \times r^3)^{0,5} \quad [C]$$

Hierin is:

$\pi=3,1415927$

y =oppervlaktespanning [N/m]

E_0 -diëlectrische constante [F/m]

r =straal van de druppel [m]

Overschrijding van deze grenswaarde (Rayleigh limiet) door een minitieuze ladingsvergroting zal de druppel doen uiteenspatten in kleine stabiele fragmenten.

Bij druppels kleiner dan 10μ wordt de maximale lading die aan een druppel kan worden meegegeven niet begrensd door de Rayleigh limiet, maar door de Veld-emissie limiet. Deze limiet is een grenswaarde voor de lading die aan een deeltje met een bepaalde grootte kan worden gegeven, zonder dat het deeltje deze lading emiteert. Dit verschijnsel treedt vooral op bij vloeistoffen met een hoge oppervlaktespanning, zoals vloeibare metalen. De door de Veld-emissie limiet bepaalde grenswaarde luidt in formulevorm:

$$q_1 = 4 \times \pi \times E_0 \times E_1 \times r^2 \quad [C]$$

Hierin is E_1 = de veldsterkte aan de oppervlakte van de druppel [V/m]

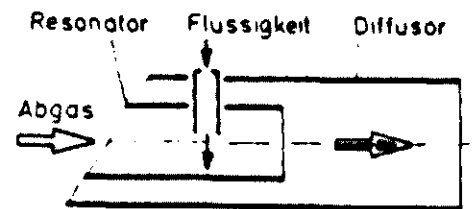
Bijlage 3. Soortelijke massa, oppervlaktespanning en dynamische viscositeit van draagstoffen VK 1, VK 2, water, Nevolin, Nevocol en 3 verschillende concentraties Bayleton wettable powder bij 20 °C [73,80]

Draagstof	Soortelijke massa [$\times 10^3$ kg/m ³]	Oppervlakte spanning [N/m]	Dynamische viscositeit [Pa.s]
VK 1	0,99	0,030	0,00249
VK 2	0.80	0,0484	0,021
Eko-mist	1,12	0,0485	0,03686
Water	1,00	0,072	0,00100
Nevolin	1,21	0,031	0,00148
Nevocol	0,98	0,032	0,00341
Bayleton wetable powder [g/l]			
75	1,02	0,040	0,00151
150	1,05	0,037	0,00162
300	1,12	0,035	0,00374

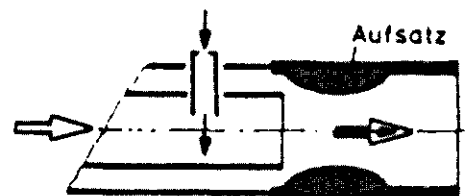
Bijlage 4. Sproeieruitvoeringen voor fog-apparaat SN 11 [73]

Standaarduitvoering (ST)

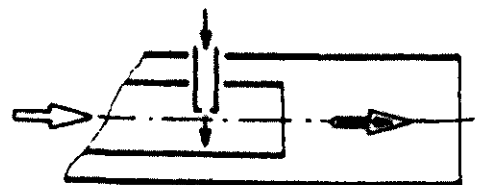
De vloeistof stroomt door een sproeier loodrecht naar beneden in een pijp, waar het door de uitlaatgassen meegenomen wordt. De inlaat van de sproeier heeft een kleinere diameter dan de uitlaat. Het mengsel komt vervolgens in de uitlaatpijp, alwaar het uitelkaar geslagen wordt.

**Versmalling van de uitlaatpijp (DA)**

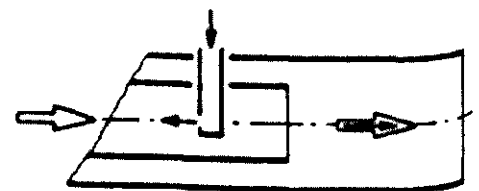
Bij deze uitvoering is t.o.v. de standaarduitvoering een wijziging aan de uitlaatpijp aangebracht. Aan het opzetstuk bevestigd, waardoor de diameter van de uitstroomopening iets verkleind wordt, en bovendien op enkele centimeters voor de uitstroomopening (aan de binnenkant) een verdikking aangebracht is.

**Verandering aan de sproeierdiameter (VZQ)**

Bij deze uitvoering is t.o.v. de standaarduitvoering de afmeting van de sproeierdiameter gewijzigd. De diameter van de uitlaat is hierbij kleiner dan de diameter van de inlaat.

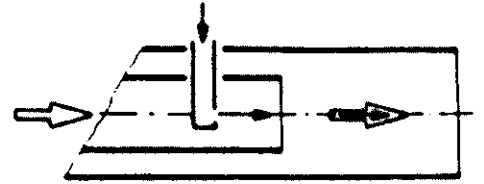
**Tegenstroomsproeier (GEG)**

Het enige verschil met VZQ is de stroomrichting van de vloeistof. De sproeier is dermate aangepast, dat de vloeistof niet loodrecht op de uitlaatgassen wordt ingebracht, maar tegen de stroomrichting van de uitlaatgassen in.



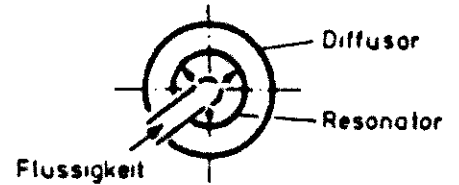
Gelijkstroomsproeier (GLD)

Het enige verschil met GEG is de stroomrichting van de vloeistof. De sproeier is dermate aangepast, dat de vloeistof in de stroomrichting van de uitlaatgassen wordt ingebracht.



Sproeier voorzien van 3 gaten (DL)

De sproeier is dermate aangepast dat de vloeistof in 3 richtingen (die allen loodrecht op de stroomrichting van de uitlaatgassen staan) ingebracht wordt.



Bijlage 5. De volumestroom, VMD, d_{v10} en d_{v90} gemeten bij verschillende sproeiers van een fog-apparaat type SN 11 en een fog-apparaat type DE [73]

Tabel 3. Meetresultaten van fog-apparaat type SN 11

Uitvoering van de sproeier	Nevelvloeistof	Volumestroom V_w [l/h]	VMD [μ]	d_{v10} [μ]	d_{v90} [μ]
ST	Water	2	29	12	40
ST	Water	5	50	22	103
ST	Water	11	62	28	133
ST	Water	13	60	26	128
ST	Water	16	73	29	139
ST	Water	17,5	74	31	147
ST	Water	20,5	76	30	152
ST	Water	28	87	32	162
ST	Nevocol	5	45	22	79
ST	Nevocol	16	57	29	109
ST	Nevocol	28	68	32	103
ST	VK 1	5	21	4	37
ST	VK 1	16	24	6	45
ST	VK 1	28	38	20	63
DA	Water	16	64	35	112
VZQ	Water	5	51	23	69
GEG	Water	5	49	22	89
GLD	Water	5	88	42	155
DL	Water	5	57	33	93

Tabel 4. Meetresultaten van een fogapparaat type DE

Uitvoering van de sproeier	Nevelvloeistof	Volumestroom			VMD [mu]	d_{v10} [mu]	d_{v90} [mu]
		V_w [l/h]	V_d [l/h]	V_w+V_d [l/h]			
U 720	Water	2	3,6	5,6	40	24	64
U 720	Water	2	2,5	4,5	46	24	60
U 720	Water	4	2,5	6,5	51	29	76
U 720	Water	4	3,6	7,6	43	23	66
DR 0011	Water	0	2,5	2,5	12	7	19
DR 0011	Water	1,7	2,5	4,2	21	10	28
DR 0011	Water	4	2,5	6,5	31	16	45
DR 0011	Water	7	2,5	9,5	31	16	48
DR 0011	Water	10	2,5	12,5	47	32	64
DR 0011	Water	4	3,6	7,6	23	11	36
DR 0011	Water	7	3,6	10,6	24	12	39
DR 0011	Water	10	3,6	13,6	36	20	48

*Bijlage 6. Concentratie- en druppelgrootteverdelingsmetingen***Factoren die een concentratie- en druppelgrootteverdelingsmeting beïnvloeden**

Bij het toedienen van bestrijdingsmiddel kan de druppelverdeling gemeten worden. Bij deze meting zijn de klimaatomstandigheden van invloed op het meetresultaat. Het wordt derhalve geadviseerd klimaatomstandigheden, zoals temperatuur en relatieve luchtvochtigheid, minimaal elk half uur te meten, zodat eventuele door de klimaatomstandigheden veroorzaakte afwijkingen van de meetresultaten verklaarbaar zijn [6]. Ook de gewasomstandigheden hebben grote invloed op de druppelverdeling. Het niet gelijk zijn van gewasdiktheid, gewashoogte en bladhoek kan voor grotere verdelingsverschillen zorgen dan het apparaat dat gebruikt wordt voor toediening van het bestrijdingsmiddel zelf [58]. Druppelgrootteverdelingsmetingen kunnen verricht worden met directe en met indirecte technieken. De druppelsnelheid heeft bij sommige technieken invloed op de resultaten van metingen. De meetmethoden, zowel direct als indirect, kunnen onderverdeeld worden in ruimtelijk en tijdelijk bemonsteren.

Een ruimtelijk monster wordt gekenmerkt door een momentane opname of weergave. Het geeft informatie over de verschillende druppelgroottes die verspoten zijn. Het momentane beeld kan geen informatie verschaffen over het aantal druppels met een bepaalde druppelgrootte, omdat de produktiefrequentie en de verplaatsingssnelheid niet waargenomen kunnen worden. Er lijken daardoor meer kleine (langzaam bewegende) druppels aanwezig te zijn dan in werkelijkheid het geval is. Er moet ook rekening gehouden worden met het periodieke karakter van hydraulische spuitdoppen. Het spuitbeeld van de dop is niet op elk moment identiek, waardoor de momentane opname niet het volledige beeld van de dop weergeeft. Deze methode wordt slechts gebruikt indien de uiterste waarden van het druppelgroottespectrum bepaald moeten worden. Voor volledige bepaling van het spectrum moet tijdelijk bemonsterd worden.

Technieken van ruimtelijk bemonsteren zijn fotografie, holografie (driedimensionaal weergeven) en lichtverstrooiing door een druppelveld.

Tijdelijk bemonsteren wordt gekenmerkt door gedurende een bepaalde tijd in een vlak loodrecht op de beweging van de vloeistof een opname van het spuitpatroon te maken. Een opvangplaat wordt gedurende een bepaalde tijd aan het spuitbeeld blootgesteld. Hiermee wordt, indien druppels niet verdampen of samenklonteren, een duidelijk beeld verkregen van het druppelgroottespectrum van het apparaat.

Naast het gebruik van opvangvlakken kan er ook tijdelijk bemonsterd worden met een methode waarbij gebruik gemaakt wordt van lichtverstrooiing door enkelvoudige druppels [78].

Indirecte concentratie- en druppelgrootteverdelingsmetingen

Bij indirecte concentratiemetingen worden veelvuldig monsters genomen, waarbij de stof van het opvangmateriaal afgewassen moet worden. Dit afwassen wordt extraheren genoemd en is erg arbeidsintensief [48].

Extractievloeistoffen voor bestrijdingsmiddelen op waterbasis zijn gedestilleerd water, gedestilleerd water met 5 % methanol, ethanol en ethylacetaat. Met ethylacetaat wordt bestrijdingsmiddel en kleurstof tegelijk geëxtraheerd [67]. Bestrijdingsmiddelen op oliebasis worden met toluen uitgewassen [71]. Bij suspensies moet het extract gefilterd worden om gesuspendeerde deeltjes te verwijderen [71]. Technieken die voor indirecte metingen gebruikt worden zijn:

* Fluorimetrisch meten

Bij fluorimetrisch meten wordt gebruik gemaakt van fluorescerende stoffen. De vloeistof met fluorescerende stof wordt verspoten, waarna door afwassen van plantmateriaal, aluminiumfolie of papier met een filterfluorimeter de hoeveelheid en de plaats van de actieve stof bepaald kan worden [2,71,75].

Een filterfluorimeter is een lagedrukkwiklamp waarbij een bundel licht naar een reageerbuisje met de geëxtraheerde vloeistof gezonden wordt. Een optische brug meet het verschil in intensiteit tussen de lichtstraal die van het monster met fluorescerende stof komt en de lichtstraal die van een referentiemonster komt. Het intensiteitsverschil is een maat voor de hoeveelheid actieve stof die in het monster zat [48].

Fluorescerende stoffen kunnen de bio-activiteit beïnvloeden van het te bestrijden organisme. Luizen kunnen bijvoorbeeld ook gedood worden door de fluorescerende stof, waardoor geen exact inzicht wordt verkregen in de effectiviteit van de actieve stof [58].

* Colorimetrisch meten

Een opvangmedium (bijvoorbeeld plantmateriaal of aluminiumfolie) wordt met een vloeistof afgewassen. Een colorimeter stuurt licht door een filter. Het filter laat slechts licht door met een bepaalde golflengte, waardoor min of meer monochromatisch licht gemaakt wordt. Door de filterkeuze kan de gewenste kleur

geselecteerd worden.

Het absorberend vermogen van een oplossing bij een golflengte wordt gemeten door met een foto-electrische cel de intensiteit van het doorgelaten licht te vergelijken met die van het opvallende licht. De op deze manier gemeten absorptie is een maat voor de concentratie van een gekleurde component.

* Spectrometrisch meten

Een opvangmedium (bijvoorbeeld plantmateriaal of aluminiumfolie) wordt met een vloeistof afgewassen. Een spectrometer stuurt licht door een prisma of een rooster, waardoor licht met een bepaalde golflengte gerealiseerd wordt. De golflengte kan gewijzigd worden door de instelling van het prisma of rooster te wijzigen.

De werking van een absorptiespectrometer is gelijk aan die van een colorimeter. Het voordeel van een spectrometer is dat een golflengte eenvoudig ingesteld kan worden, terwijl bij een colorimeter de golflengte gewijzigd wordt door het filter te vervangen.

* Chromatografisch meten

Chromatografisch meten berust op het scheiden van een mengsel van stoffen. Bij de scheiding ondergaat het grensvlakcontact van 2 niet-mengbare fasen een verandering van adsorptiecoëfficiënt, waardoor een duidelijke scheiding zichtbaar gemaakt kan worden.

Een chromatografische bepaling kan op diverse manieren uitgevoerd worden. Bij kolomchromatografie worden de componenten van het te onderzoeken mengsel langs een kolom met dragermateriaal (bijvoorbeeld aluminiumoxide) gestuurd, waarbij de detectie plaats vindt in de uittredende mobiele fase. Deze vorm van chromatografie wordt toegepast indien de kwantiteit bepaald moet worden. Indien ook een kwalitatieve bepaling gewenst is moet de analyse uitgevoerd worden met gaschromatografie.

Gaschromatografie is een eenvoudige en relatief goedkope techniek die door de snelle analyse bijzonder geschikt is voor vluchtige stoffen. Met halogene samenstellingen wordt een maximale gevoeligheid verkregen. Een halogeen is een metaal met broom, chloor, fluor of jodium.

Een warmtegeleidbaarheidsdetector, een vlam-ionisatiedetector of een electro-nenvangdetektor geeft een piekenchromatogram, waarvan het piekmaximum (de retentietijd op de abcis) karakteristiek is voor de component en het piekopper-

vlak en de piekhoogte op de ordinaat een maat is voor de hoeveelheid component. Om pieken bij chemische verbindingen goed te karakteriseren wordt vaak directe koppeling met een massaspectrometer toegepast.

Vloeistofchromatografie is meer geschikt voor niet-vluchtige verbindingen. De analyse duurt langer dan bij gaschromatografie.

* Single Ion Monitoring GC/MS

Dit is een combinatie van gaschromatografie (GC) gekoppeld aan massaspectrometrie (MS). De uitvoering van GC/MS is moeilijker dan van chromatografie alleen. Met GC/MS kan ook bij lage toedieningshoeveelheid (enkele grammen/ha) de verdeling gemeten worden van gedragcontrolerende chemicaliën zoals pheromones. Stoffen, die in hun originele vorm slechts met GC/MS geanalyseerd kunnen worden, kunnen door een gefluoriseerde afgeleide (d.w.z. een stof met dezelfde eigenschappen) te maken, met het eenvoudiger uit te voeren chromatografie geanalyseerd worden [58].

* Meten door het spuiten van een schimmel

De bovenkant van bladeren wordt bedekt met zelfklevend tape om vloeistofafzetting op de bladeren te voorkomen. Direct na toediening van het schimmel *Verticillium Lecanii* wordt de tape verwijderd en worden de bladeren geplukt. Vervolgens worden de geplukte bladeren gewassen, zodat bekend wordt hoeveel vloeistof aan de onderkant afgezet was. De bladeren worden gedurende 1 uur gewassen met 5 ml 0.05 % Triton X-100. In dit uur wordt ook 2 keer 1 minuut met een vortex-mixer gemengd. Het monster wordt op een voedingsbodem (Sabourad Dextrose Agar) gezet en 7 dagen op 20 °C bewaard, waarna het aantal schimmelkolonies geteld worden. SDA bevat toevoegingen om bacteriële invloeden te onderdrukken [6].

* Meten door het identiek maken van de kleur

Na een spuiten van een vloeistof met kleurstof wordt door extraheren een vloeistof met een bepaalde kleur verkregen. Door aan een buisje met uitgangsvloeistof (zonder kleurstof) een bekende hoeveelheid kleurstof toe te voegen tot beide vloeistoffen dezelfde kleur hebben, kan de hoeveelheid kleurstof bepaald worden. Door op een aantal plaatsen de vloeistof te extraheren, en de hoeveelheid kleurstof die nodig is om de kleur identiek te maken bekend is, wordt kennis verkregen over de kwantitatieve verdeling van de spuitvloeistof.

De methode van het identiek maken van de kleur van een vloeistof wordt gebruikt bij een Cascade Impactor. Bij dit apparaat wordt een lineaire luchtstroom gebruikt. Door aerodynamische eigenschappen worden deeltjes gescheiden, en worden groepen met een bepaalde druppelgrootte gevormd. Elke groep wordt afzonderlijk op plakband of filterdoek opgevangen. Er wordt op deze manier een getrappt kwantitatieve druppelopvang gerealiseerd. Na het afwassen kan door het "nabouwen" van de kleur met een micrometer de hoeveelheid opgevangen kleurstof bepaald worden. Deze hoeveelheid wordt gedeeld op het aantal druppels (verschillende maten) en het luchtvolume van een monster. Dit leidt tot de concentratie druppels in de lucht en de hoeveelheid middel per tijdseenheid. Met een Cascade Impactor kan door de getrappt kwantitatieve druppelopvang en het identiek maken van de kleur de druppelverdeling kwalitatief bepaald worden [15].

Directe concentratie- en druppelgrootteverdelingsmetingen

Onder directe metingen worden metingen verstaan waarbij niet geëxtraheerd hoeft te worden, maar de kwantitatieve of kwalitatieve bepaling direct vanaf het opvangmedium uitgevoerd kan worden. Technieken die voor directe metingen gebruikt worden zijn:

*** Meten met ultra-violet licht**

Een fluorescerend middel wordt opgelost in een draagstof. Met ultra-violet licht wordt na het uitzakken van het middel zichtbaar gemaakt waar het middel terecht is gekomen, en hoe de verdeling is. De planten kunnen met een UV-lamp ter plaatse bekeken worden. Het is ook mogelijk opvangstroken neer te leggen, die na de behandeling in een laboratorium onderzocht worden [18].

*** Fluorimetrisch meten**

Speciale papierstroken (6 meter lang, 2 cm breed), voorzien van een onbespoten referentiestrookje, worden bespoten met een fluorescerend middel, gedroogd en door een fluorimeter gevoerd. Met deze methode wordt de regelmaat van de verdeling binnen een bepaald druppelgroottespectrum vastgelegd. De meting is derhalve kwalitatief [48].

*** Meten met magnesiumoxide als opvangmedium**

Opvangplaten met een magnesiumoxide-laag worden uitgelegd, waarna een bespuiting wordt uitgevoerd. Voor elke opvangplaat wordt het aantal druppels per

oppervlakte geregistreerd. Tevens wordt met een apparaat voorzien van een stroboscoop en een oscillator, optisch de druppelgrootte bepaald. Indien de druppelgrootte op deze manier niet meer te bepalen is, wordt voor optische beoordeling tevens gebruik gemaakt van een microscoop. Het beeld dat op deze manier verkregen wordt kan met een hogesnelheid-fototoestel worden vastgelegd, zodat de druppelgrootte vanaf de foto bepaald kan worden [65].

Naast het gebruik van opvangplaten kan een magnesiumoxide-laag ook op doekjes geplakt worden, die met dubbelzijdig klevend plakband aan bladeren bevestigd worden. De doekjes worden direct na de bespuiting van het gewas gehaald en de dichtheid en de grootte van de druppels gemeten, waarna de VMD en NMD bepaald kunnen worden. Met praktisch onderzoek is in vorige experimenten bepaald dat bedekking van deze doekjes gelijk is aan bedekking van afgeplakte bladeren [6].

* Meten door het opvangen van de druppels in olie

Druppels worden in schaaltes met olie opgevangen en vervolgens gefotografeerd (Heidt, 1976) [62]. Bij water of Nevocol wordt silicon-olie als opvangmedium gebruikt. Bij VK 1 wordt ethanol-ethylcellulose oplossing gebruikt wordt. Een belangrijk voordeel van een vloeibaar opvangmedium boven een vast medium, zoals magnesiumoxide, is dat de druppeldiameter van het opgevangen deeltje overeen komt met de werkelijke diameter van het zich in de lucht bewegende deeltje. Er zijn 10 schaaltes op gelijke afstand van elkaar voor het apparaat neergezet. De eerste staat ter hoogte van de uitstroomopening van het apparaat en de laatste staat 10 meter verder. Door de hogere viscositeit van het medium ten opzichte van de spuitvloeistof zinken de druppels maar langzaam, zodat er genoeg tijd is de verdeling te fotograferen.

Het opvangmedium bestaat uit 2 vloeistoffen. Boven de vloeistof met een hoge viscositeit moet een dun laagje vloeistof met een lage viscositeit aangebracht zijn. Dit laagje zorgt ervoor dat het druppeltje niet kan verplaatsen, en maakt het indringen eenvoudiger [73].

* Meten door het afzuigen van druppels

Druppels worden bij de uitstroomopening van het toedieningsapparaat weggezogen. Bij de uitstroomopening van het nevelapparaat is een speciale afzuigenheid aangebracht. Tijdens de meting wordt het apparaat langzaam gedraaid, zodat ook de randzone van de nevel gemeten wordt. Afhankelijk van de volumestroom van de nevelvloeistof wordt tussen 2 seconden (bij 28 l/h) en 20 seconden (bij 2 l/h)

afgezogen [73].

*** Meten door druppelgroottebepaling met een laser**

Het licht van een laserstraal wordt verstrooid als de rand van een druppel geraakt wordt. Kleine deeltjes hebben bij eenzelfde lichtbron een grotere verstrooiingshoek dan grote deeltjes. De mate van verstrooiing kan derhalve gebruikt worden voor het bepalen van de deeltjesgrootte. Het verstrooide licht wordt via een speciale lens opgevangen door een detector, en met een computer verwerkt tot bruikbare gegevens [69].

Bijlage 7. Tracers

Eisen waaraan een tracer moet voldoen en een overzicht van tracers die toegepast kunnen worden bij druppelverdelingsmetingen

Een stof die gebruikt wordt als tracer mag niet binnen enkele uren door opname in planten en afbraak o.i.v. zonlicht en warmte voor een groot gedeelte verdwenen zijn. Opname in plantmateriaal wordt voorkomen door aan de tracer een oplossing met een hoog molekulaair gewicht toe te voegen (Briggs, Bromilow en Evans, 1982). Een fluorescerende stof wordt door zonlicht makkelijk afgebroken, waardoor aangeraden wordt de proefneming bij een zwakke ochtend- of avondzon in een kort tijdstek uit te voeren [58]. Enkele tracergroepen zijn:

*** Ester tracers**

De kwantiteit van dichloor- of trichlooracetaatesters wordt met kolomchromatografie bepaald. De kwaliteit van de gevonden produkten kan vervolgens geanalyseerd worden met gaschromatografie met electronenvangdetectoren.

Esters gebaseerd op tetradecanol zijn stoffen die het meest vluchtig zijn en nog betrouwbaar in de buitenlucht gebruikt kunnen worden.

Het vervluchten van een ester in de tijd kan bepaald worden door een aantal objectglasjes met 1 microgram ester opgelost in 5 microliter hexaan bij een constante temperatuur van 20 °C en een constante windsnelheid van 0,5 m/s neer te zetten. Met 1 ml hexaan wordt de vloeistof van een objectglasje gewassen, waarna met gaschromatografie de hoeveelheid bepaald wordt. Door de tijdsduur tot het afwassen te variëren wordt inzicht verkregen in de vluchtigheid van de stof.

Permethrin en cypermethrin (ester-pyrethroid insecticiden) worden als tracer bij experimenten gebruikt. Ze kunnen eenvoudig met gaschromatografie gedetecteerd [58].

*** Benzoëzuur tracers**

Deze tracers zijn niet vluchtig. Ze zijn makkelijk te analyseren met (hoge druk) vloeistofchromatografie [58].

*** Synthetisch organische kleurstoffen**

Deze kleurstoffen worden aan levensmiddelen toegevoegd, en hebben derhalve een

te verwaarlozen toxiciteit. Er zijn 13 synthetisch organisch kleurstoffen, waarvan alleen Erythrosine fluorescerend is. Bij deze niet-fluorescerende verbindingen kan de lichtabsorptie bij geschikte golflengte worden gemeten. Metingen kunnen het beste uitgevoerd worden in het golflengtetraject van 500 tot 620 nm. Bij optische metingen van kleurstoffen bestaat de kans op een aanzienlijk achtergrondsignaal van andere, natuurlijke verbindingen dat storend werkt bij de analyse. Dit moet per experiment gecontroleerd worden. De detectieondergrens is niet laag. Deze stoffen worden derhalve bij metingen gebruikt waarbij relatief grote hoeveelheden gebruikt worden [66]. Enkele synthetisch organische kleurstoffen zijn:

Erythrosine

Deze stof wordt aan levensmiddelen toegevoegd. Het is een fluorescerende verbinding [66,68].

Deze stof wordt door daglicht snel afgebroken. Binnen 30 minuten is bij indirecte blootstelling (achter glas) 30 % verdwenen [67]. Hoge temperaturen versnellen het afbreken van de stof [67,68].

LD-50% (oraal) bij ratten is 2 g/kg.

Het absorptiemaximum is 526,2 nm.

Er kan 60 g/l opgelost worden in water [67].

Amarant

Deze stof wordt niet snel afgebroken. Na 190 minuten wordt 96,4 % teruggevonden. De temperatuur heeft weinig invloed op het afbreken van de stof.

LD-50% (oraal) bij ratten is 10 g/kg [67].

Het absorptiemaximum ligt op 519,9 nm.

Er kan 80 g/l opgelost worden in water [68].

Brilliant Black

Deze stof wordt niet snel afgebroken. Na 190 minuten wordt 92,1 % teruggevonden. De hoogte van de temperatuur heeft invloed op de kleur. De kleur wordt bij toename van de temperatuur roder.

LD-50% (oraal) bij ratten is 5 g/kg.

Het absorptiemaximum ligt op 571,7 nm. De absorptie van Brilliant Black in gedestilleerd water is duidelijk hoger dan in gewas extract.

Er kan 50 g/l opgelost worden in water [67].

* Fluorescerende wateroplosbare kleurstoffen

Lissamine Yellow FF

Overige naamgeving: Briljant SulfoFlavine (BSF).

Deze tracer heeft op oppervlakken en in oplossing een goede persistentie. De stof wordt bovendien niet snel afgebroken. De halfwaardetijd ligt tussen 50 dagen en 185 dagen [66,68].

De acute toxiciteit voor zoogdieren is laag [66]. LD-50% (oraal) bij ratten is 8,56 g/kg [68]. Er is echter geen ontheffing voor het gebruik op groente of fruit. De oogst van gewassen die bespoten zijn moet derhalve vernietigd worden [67].

De excitatiegolflengte is 420 nm en de emissiegolflengte is 515 nm.

Er kan meer dan 50 g/l opgelost worden in water.

De detectiegrens bij synchrone spectrometrie (tijdconstante 1 seconde, golflengteverschil 30 nm) is 150 ng/l.

Lissamine FF heeft een aantal nadelen t.o.v. Rhodamine WT. De kostprijs is 2 keer zo hoog en de detectiegrens 10 keer zo laag. Lissamine ontleeft snel wanneer het in contact komt met chloride.

In een evaluatietest van fluorescerende kleurstoffen voor gebruik als watertracer wordt Lissamine FF aanbevolen [68].

Natriumfluoresceïne

Overige naamgeving: Fluoresceïne (LT), Uranide, Acid Yellow 73 [68].

Deze stof wordt snel door licht afgebroken. De halfwaardetijd ligt tussen 0,5 en 4 dagen [66,68]. Deze stof vereist controlemetingen voor de proefomstandigheden.

De acute toxiciteit is laag. LD-50% (oraal) bij ratten is 6,72 g/kg.

De excitatiegolflengte is 491 nm en de emissiegolflengte is 520 nm.

Er kan 40 g/l opgelost worden in water. In ethanol is dit 70 g/l.

De detectiegrens bij synchrone spectrometrie (tijdconstante 1 seconde, golflengteverschil 30 nm) is 25 ng/l.

De stof is zeer gevoelig voor achtergrondschoommelingen (bijvoorbeeld t.g.v. bladextracten) en wordt snel afgebroken door licht. Hierdoor is de stof niet geschikt als tracer in de glastuinbouw [68].

Rhodamine G6

Overige naamgeving: Basic Red 1 [68].

Deze stof wordt niet snel afgebroken. De halfwaardetijd bij daglicht is 58 dagen [66,68].

De excitatiegolflengte is ongeveer 524 nm en de emissiegolflengte is 551 nm. Er kan 20 g/l opgelost worden in water. In ethanol is dit 100 g/l.

De detectiegrens bij synchrone spectrometrie (tijdconstante 1 seconde, golflengteverschil 30 nm) is 7 ng/l.

Met deze stof is als tracer nog geen ervaring opgedaan [68].

Sulforhodamine B

Overige naamgeving: Acid Red 52, Lissamine Rhodamine B [68].

Deze stof wordt niet snel afgebroken. De halfwaardetijd ligt tussen 34 en 126 dagen [66,68].

De acute toxiciteit is laag. Bij oogcontact ontstaat lichte irritatie. LD-50% (oraal) bij ratten ligt boven een toediening van 10 g/kg.

De excitatiegolflengte is 565 nm en de emissiegolflengte is 590 nm.

Er kan 20 g/l opgelost worden in water. In ethanol is dit 5 g/l.

De detectiegrens bij synchrone spectrometrie (tijdconstante 1 seconde, golflengteverschil 30 nm) is 34 ng/l

Deze stof wordt als tracer gebruikt bij proeven waarbij de verdeling van pesticiden in de grond bepaald moet worden. De stof is het zeer goed extraheerbaar uit grond [68].

Rhodamine B

Overige naamgeving: Basic Violet 10 [68].

Deze stof wordt niet snel afgebroken. De halfwaardetijd ligt tussen 33 en 120 dagen.

De toxiciteit is erg hoog. LD-50% (oraal) bij ratten is 0,5 g/kg [68].

Toestemming om Rhodamine B te gebruiken werd in de 60-er jaren teruggetrokken [66].

De excitatiegolflengte is 555 nm en de emissiegolflengte is 580 nm.

Door de hoge toxiciteit mag deze stof niet als tracer gebruikt worden [68].

Rhodamine WT

Overige naamgeving: Acid Red 388 [68].

Deze stof wordt niet snel afgebroken. De halfwaardetijd heeft een hoge waarde. Volgens M. Leistra ligt de waarde tussen 54 en 200 dagen [66]. G. Bor beweert dat de halfwaardetijd tussen 150 en 250 dagen ligt [68].

De toxiciteit is laag, maar heeft hevige irritatie van de ogen tot gevolg. De toxiciteit neemt af bij blootstelling aan licht [66,68]. LD-50% (oraal) bij ratten ligt boven een toediening van 25 g/kg [68]

De excitatiegolflengte is 555 nm en de emissiegolflengte is 580 nm.

De detectiegrens bij synchrone spectrometrie (tijdconstante 1 seconde, golflengteverschil 30 nm) is 11 ng/l.

Met deze stof is als tracer nog geen ervaring opgedaan [68].

Tinopal DMS

Deze stof wordt onder direct zonlicht vrij snel afgebroken. Celluloseplaatjes met Tinopal DMS worden bij 30°C ongeveer 6 uur in een warenhuis geplaatst. Tevens worden plaatjes bij 1°C in de winterzon gelegd. Na 6 uur is in de kas 0 % en buiten 35 % afgebroken. Bij tracerproeven in kassen zijn derhalve geen problemen te verwachten.

De toxiciteit is laag. Bij de ogen ontstaat hevige irritatie. LD-50% (oraal) bij ratten ligt boven een toediening van 15 g/kg.

De excitatiegolflengte is 349 nm en de emissiegolflengte is 440 nm.

De detectiegrens bij fluorimetrie is 9000 ng/l [68].

Tinopal CBS

Overige naamgeving: Tinopal CBS-X.

Deze stof wordt vrij snel afgebroken. Celluloseplaatjes met Tinopal CBS worden bij 30°C ongeveer 6 uur in een warenhuis geplaatst. Tevens worden plaatjes bij 1°C in de winterzon gelegd. Na 6 uur is in beide gevallen 35 % afgebroken. Bij tracerproeven in kassen zijn derhalve binnen een uur geen problemen te verwachten.

De toxiciteit is niet hoog. LD-50% (oraal) bij ratten is 5,6 g/kg.

De excitatiegolflengte is 349 nm en de emissiegolflengte is 440 nm. Er kan 25 g/l opgelost worden in gedestilleerd water.

De detectiegrens in water bij fluorimetrie is circa 700 ng/l.

De stof is een optische witmaker en wordt toegevoegd aan wasmiddelen.

Uit een vergelijkingsonderzoek tussen Tinopal CBS en Tinopal DMS komt CBS als meest geschikte tracer naar voren. Hierbij dient echter te worden opgemerkt dat

de lichtstabiliteit van deze stof voor problemen kan zorgen bij uitvoering van de metingen onder direct zonlicht [68].

* Olie-oplosbare pigmenten

Saturn Yellow

Dit is een poedervormige pigmentkleurstof die in suspensie gebracht wordt. De stof is stabiel en kan bij alle toepassingen gebruikt worden voor kwantitatieve interpretatie van spuitvloeistof [68].

Bijlage 8. Trefwoordencombinaties die gemaakt zijn om met de bestanden Agralin, Cab en Phytomed tot een literatuurlijst te komen van artikels, waarin toedieningstechnieken van bestrijdingsmiddelen behandeld worden

Agralin

UDC-code

632.982	Gewasbeschermingsmiddelen,Apparatuur bij het toepassen van bestrijdingsmiddelen
632.982.1	Sputten, Sproeien
632.982.1:532.6	Druppelvorming, Druppelgrootte bij landbouwsputten
632.982.2	Vernevelen, Verstuiven
632.982.6	Roken als bestrijdingsmiddel, Vergassen, Fumigeren
----	Sputboom
----	Sputbomen
----	Sputmast
----	Emissie
----	Sputdoppen

CAB

"Pest" / ct "Spray" or all "Atomiz" or all "Fog" or all "Mist"/ all "Glasshouse" or all "Greenhouse" or all "Protected cult"

Phytomed

"Nebel" / "Pestiziden"

"Nebel" / "Gewächsha"

"Spritz" / "Gewächsha" / "Pflanzenschutzmittel"

*Bijlage 9. Inhoudsopgave van het literatuuronderzoek van het IMAG naar
toedieningstechnieken in de landbouw d.d. 04-05-92*

	Blz.
1. Introduction	1
2. Crop protection chemicals	3
2.1. Types of pests and their chemical control	3
2.1.1. Pesticide formulations	3
2.2. Carriers and carrier volumes	4
2.2.1 Carrier volumes	5
2.3. Desired chemical distribution over the crops	5
3. Crop protection application equipment and techniques	8
3.1 Application equipment	8
3.1.1. Application equipment for field crops	8
3.1.2. Application equipment for orchards	9
3.1.3. Application equipment for greenhouses	9
3.2. Application techniques	9
3.2.1. Row and strip Techniques	9
3.2.2. Weed wipers	10
3.2.3. Recycling and Closed Loop Spraying Systems	10
3.2.4. Injection	11
3.2.5. Air Assistance	11
3.2.6. Electrostatic spraying	14
3.2.7. Intermittent spraying	14
3.2.8. Miscellaneous	14
4. Electronically controlled spraying equipment	16
5. Drop formation	17
5.1. Drop size and drop size spectrum	17
5.1.1. Drop size terminology	17
5.1.2. Drop size and crop protection efficiency	19
5.1.3. Factors affecting the drop size and the drop size spectrum	20
5.2. Atomizers	22

5.2.1.	Pressure atomizers	22
5.2.2.	Air-liquid atomizers	23
5.2.3.	C.D.A.	24
5.3.	Spray angle of the atomizer, spray patterns and atomizer placement	24
6.	Drift	26
6.1.	Application conditions and drift	27
6.1.1.	Wind speed and drift	27
6.1.2.	Temperature, relative humidity and drift	28
6.1.3.	Crop morphology and drift	29
6.2.	Application technique and drift	29
6.2.1.	Drop size, drop velocity, drop direction and drift	29
6.2.2.	Boom height, boom orientation and drift	30
6.2.3.	Driving speed and drift	31
6.2.4.	Application rate and drift	31
6.2.5.	Air-assistance and drift	31
6.2.6.	Electrostatic spraying and drift	32
6.2.7.	Physical properties of the spray and drift	32
7.	Deposition	34
7.1.	Crop penetration	34
7.2.	Impaction and adhesion	35
7.3.	Retention, wetting and spreading	37
7.4.	Distribution over the crop	37
7.5.	Sprayer boom displacement	39
8.	Measuring techniques	40
8.1.	Measuring drop size, velocity and direction	40
8.2.	Measuring spray distribution	41
8.2.1.	Measuring spray patterns	41
8.2.2.	Measuring spray deposits	41
8.3.	Measuring emissions	42
8.3.1.	Measuring drift	42
8.3.2.	Measuring soil deposits	44

9.	Theoretical background	45
9.1.	Fluid mechanics of liquids	45
9.2.	Fluid mechanics of air	45
9.2.1.	Fluid mechanical considerations of air movement	45
9.2.2.	Droplet transportation	45
9.2.3.	Gravitational sedimentation	45
9.2.4.	Entrained air stream	46
9.2.5.	Atmospheric conditions	47
9.2.6.	Drop coalescence	49
10.	Abstract	51
	References	52