



Inventarisatie externe verontreiniging spuitapparatuur

J.C. van de Zande





Inventarisatie externe verontreiniging spuitapparatuur

J.C. van de Zande

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
1. Inleiding	3
2. Werkwijze	5
3. Literatuuroverzicht	7
3.1 Veldspuiten	7
3.2 Fruitteeltspuiten	9
3.3 Veldspuiten, praktijkmetingen met gewasbeschermingsmiddelen	11
4. De ISO standaard extern reinigen van spuiten	13
5. Discussie	15
6. Conclusies en aanbevelingen	17
Literatuur	19
Bijlage I. Overzichttabel literatuur referenties, specificaties omstandigheden en gevonden resultaten externe verontreiniging	4 pp.

Voorwoord

Een van de mogelijke emissieroutes die tot puntlozingen kunnen leiden is het reinigen van spuiten op het veld of op het erf. Om inzicht te krijgen in de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel die aan de buitenkant op een spuit kan zitten en bij reinigen mogelijk in het oppervlaktewater kan komen is een inventarisatie uitgevoerd naar wat hierover in de literatuur bekend is. Deze rapportage is het resultaat van een literatuurinventarisatie naar de externe verontreiniging van landbouwsputten met gewasbeschermingsmiddelen. Deze studie is uitgevoerd binnen het onderdeel Emissiereductie – Kwantificeren restwaterstromen en oplossingsrichtingen van het onderzoeksprogramma Plantgezondheid (BO-06-009) van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Wageningen, mei 2007

1. Inleiding

De uitwendige vervuiling van spuiten die tijdens bespuitingen met middelen optreedt, kan een serieuze bedreiging vormen voor de gebruiker en voor het milieu. Het residu van verschillende bespuitingen blijft doorgaans tot aan het einde van het spuitseizoen op de spuit zitten, totdat de spuit schoon gemaakt wordt. Afhankelijk van de plaats waar en hoe dit gebeurt, kan dit leiden tot puntlozingen in het oppervlaktewater, waardoor grote delen oppervlaktewater verontreinigd kunnen worden. Als de spuit buiten staat kan door regenval gewasbeschermingsmiddel afspoelen en in het milieu komen (Ramwell *et al.*, 2004). Door de grote hoeveelheden middel op de spuit kan contact met onbeschermde lichaamsdelen leiden tot overschrijding van de acceptabel operator exposure limit (AOEL) (Ramwell *et al.*, 2005). Verder onderzoek naar de hoeveelheid middel op de spuiten na een bespuiting of na een serie bespuitingen onder bepaalde omstandigheden (gewas, afstelling, machines) is dus gewenst. Een ISO standaard om de externe verontreiniging en het reinigingseffect van schoonmaakmiddelen vast te stellen is ontwikkeld (Balsari *et al.*, 2002; Balsari & Marucco, 2003) en gepubliceerd in 2004 (ISO22368-2, 2004).

In deze literatuurstudie wordt een overzicht gegeven van wat gevonden is aan publicaties over externe verontreiniging en de reiniging van spuiten. Tevens is nagegaan wat de orde van grootte is aan teruggevonden verontreiniging op de buitenkant van spuiten. Waar mogelijk wordt het risico voor oppervlaktewater door puntlozingen aangegeven.

2. Werkwijze

Een literatuurrecherche is uitgevoerd in de CAB database 1990-2007. Gezocht is op de begrippen 'cleaning' en 'sprayers', wat 10 referenties als resultaat had. Van deze 10 referenties bevatten er 5 (zinnvolle) informatie die gebruikt kon worden. Aanvullend is in de beschikbare literatuur bij de auteur gezocht. Bovendien is met leden van de werkgroep 'ISO/TC23/SC6/WG6 Cleaning of sprayers' gecommuniceerd om aanvullende informatie te krijgen en bevindingen te verifiëren. De literatuur is doorgenomen op gegevens over externe verontreiniging van zowel veldspuiten als fruitteeltspuiten. Verder is geïnventariseerd of externe reinigingsmethoden voor spuiten genoemd worden en de resultaten daarvan in efficiëntie van reinigen. Het risico van schade door puntlozingen van de hoeveelheid middel op de buitenkant van een spuit in oppervlaktewater wordt waar mogelijk aangegeven.

3. Literatuuroverzicht

Maaskant *et al.* (1992) melden dat de belangrijkste bronnen van restanten proceswater het spoelen van verpakkingen en het in- en uitwendig reinigen van spuitmachines zijn. Om de restanten van gewasbeschermingsmiddelen te beperken werd aanbevolen op de spuitmachines reinigingsapparatuur voor verpakkingen (fustreinigers) en een schoonwatertank voor het reinigen van de spuit te installeren. Door het verplicht worden van de spoelinrichting voor verpakkingen zijn vooral de reststromen met vuile verpakkingen beperkt. Door de verplichte schoonwatertank (EN 12761) is vooral de interne resthoeveelheid van gewasbeschermingsmiddelen beperkt doordat de spuiten op het veld goed intern gereinigd worden en de restanten over het veld uitgereden worden. Op een bedrijf van 250 ha nam hierdoor de restvloeistofhoeveelheid af van 7 m³ tot 2 m³. Het aantal middelen in deze restvloeistof was 89 met een concentratie van 500-1500 mg/l. Echter, de hoeveelheid aangehechte spuitvloeistof aan de buitenkant van de spuitmachines en de trekkers is nog onduidelijk en waarschijnlijk van vergelijkbare orde als destijds ingeschat werd. Een hoeveelheid van 1% van de totaal uitgebrachte hoeveelheid spuitvloeistof werd hierbij als mogelijke hoeveelheid spuitrestant en spoelwater genoemd. Wordt de spoel- en reinigingsvloeistof opgevangen dan zou deze goed gereinigd kunnen worden met een Carbo-flo systeem voordat deze op het oppervlaktewater geloosd wordt.

3.1 Veldspuiten

De maximale externe hechtcapaciteit van twee typen spuiten voor spuitvloeistof is door Cooper & Taylor (1998) onderzocht. Van een 12 m gedragen Hardi Master 800 en een getrokken 24 m Hardi Commander 2600 is bepaald dat er maximaal 1,5 liter respectievelijk 2,2 liter spuitvloeistof aan de buitenkant van de spuit kan blijven zitten. Hoewel de spuitboom van de Commander twee keer zo breed is bleef er wel drie keer zoveel op de spuitboom zitten als bij de 12 m Master spuit. Van de totale hoeveelheid op de buitenkant van de spuit zit bij de gedragen Master spuit 1/3 deel op de spuitboom en 2/3 deel op de tank en de rest van de spuit. Bij de getrokken Commander zit er 60% op de spuitboom en 40% op de rest van de spuit, vooral de tank.

Met de spuiten is ook een X-vormig pad gereden om de spuiten aan de buitenkant te belasten met spuitvloeistof. Bij windstil weer bleek er bij de gedragen Hardi Master spuit 0,720% van de verspoten hoeveelheid op de buitenkant van de spuit te zitten als er met een Zeer Fijne dop (4110-08) gespoten werd en 0,618% als er met een Fijne dop (4110-14) gespoten werd. Werd er met een Midden dop (4110-20) gespoten dan kon er geen depositie op de spuit gemeten worden. Onder minder omstandigheden (1,6 tot 2,8 m/s) kwam er met de Zeer Fijne dop 1,698% op de spuit, met de Fijne dop 0,801% en met de Midden dop 0,416%. Bij de bespuitingen met de getrokken Hardi Commander kwam er met de Fijne dop (4110-14) tussen de 0,465% en 1,132% op de spuit. De hoeveelheid externe verontreiniging op een spuit is dus afhankelijk van de weersomstandigheden (windsnelheid) en de fijnheid van de spuitnevel. In mindere mate ook van het type spuit en de werkbreedte. Opmerkelijk was dat wanneer de belastings-tijd verlengd werd van 400 sec naar 800 sec er bij de Hardi Master bijna geen toename was in de hoeveelheid depositie op de spuitboom (verzadiging), maar op de rest van de spuit wel de verwachte verdubbeling in hoeveelheid optrad.

Om te kunnen bepalen wat het verschil in een lage druk en een hoge druk reiniging is van de externe delen van een getrokken Hardi Commander Plus (28m) veldspuit vonden Holst *et al.* (2002) hoeveelheden externe verontreiniging op de spuit van 0,114% van de verspoten hoeveelheid. De hoge druk spuit reinigde de externe verontreiniging beter dan de lage druk spuit. Gemiddeld werd er in een eenmalige reiniging van de spuit in 7 minuten tijd door de hoge druk spuit 65% van de belasting afgehaald tegen 45% bij de lage druksput. Hiervoor werd ongeveer 65 liter water van de schoonwatertank gebruikt.

Balsari (2003) beschrijft de werkwijze van de ISO22368 standaard voor het intern en extern reinigen van spuitmachines. Om de werkwijze te demonstreren is aan twee typen veldspuiten gemeten wat de belasting met tracer is en wat de reinigingsefficiëntie van de beschikbare middelen op de spuit is. De spuiten waaraan gemeten is waren een Hardi TYB 12 m conventionele veldspuit uitgerust met ISO 02 spuitdoppen gebruikt met een werkdruk van 8 bar, een Hardi Twin 12 m met luchtondersteuning en ISO 02 driftarme doppen gebruikt op 3 bar werkdruk. De totale

depositie op de spuit was voor de conventionele spuit met standaard spleetdoppen 0,1% van de verspoten hoeveelheid. Door gebruik te maken van de driftarme spuitdop werd de depositie op de spuit verlaagd naar gemiddeld 0,04%. De totale depositie op de luchtondersteunde spuit was hoger dan voor de conventionele spuit, dit wordt veroorzaakt door het grotere oppervlak van de luchtzak. De totale depositie op de spuit was voor de luchtondersteunde spuit bij voorwaartse richting van de luchtondersteuning 0,43 %, bij verticale richting van de lucht 0,47% en bij achterwaartse richting van de luchtondersteuning 0,35%. De richting van de luchtondersteuning lijkt dus effect te hebben op de totale belasting van de spuit.

Dat ook de afstelling en de dopkeuze belangrijk is voor de externe verontreiniging van spuiten laten Balsari & Marucco (2003) zien. Op een veldspuit (Hardi Master 800, 12m werkbreedte) was er een duidelijk effect van doptype op de externe verontreiniging. Hoe grover de dop des te lager de belasting. De belasting van een 02 dop bij 3 bar spuitdruk was 0,045% , van een 04 dop bij 5 bar spuitdruk 0,064% en van een 06 dop bij 3 bar spuitdruk 0,021%. Werd bij een spuitdruk van 8 bar de 02 dop vervangen door een driftarme versie (low drift ISO 02) dan nam de externe verontreiniging op de spuit af van 0,099% naar 0,036%. Door het gebruik van luchtondersteuning (Hardi Twin Master, 12m werkbreedte) nam de externe verontreiniging op de spuit toe in vergelijking met conventioneel spuiten met dezelfde spuitdop. De afstelling van de luchtondersteuning, naar voren gericht, verticaal of naar achteren gericht beïnvloedde de depositie op de spuit. Met luchtondersteuning naar achter was de externe verontreiniging van de luchtondersteunde spuit het laagst (0.376%, t.o.v. 0,424% voor naar voren gericht, en 0,463% voor verticaal gerichte luchtstroom).

Het effect van één en twee keer wassen met 40 l water van de veldspuit is onderzocht door Jensen & Spliid (2003). Ze maakten gebruik van de tracer Briljant Sulpho Flavine en belasten de spuit volgens de ISO methode. De veldspuit een Hardi LY met 12 m werkbreedte werd daarvoor in cirkels van twee keer de werkbreedte rond gereden. De helft van de tijd linksom, en de helft van de tijd rechtsom. De gebruikte spuitdop was een ISO F02 bij een werkdruk van 3 bar. Er werd 200 l/ha uitgebracht. De totale hoeveelheid spuitvloeistof op de buitenkant van de spuit was onder windstille omstandigheden 0,05%. Onder meer winderige omstandigheden liep de externe verontreiniging op tot 0,1% van de toegediende hoeveelheid. Werd, zoals soms geadviseerd wordt, de spuit extern gereinigd met de restvloeistof uit de tank na de derde keer spoelen met schoon water dan bleek bij de windstille situatie waarbij ook de luchtvochtigheid hoog was (100%) er een duidelijke verlaging van de externe verontreiniging op te treden, vooral als dit gebeurde met de spuitbomen opgevouwen. In de winderigere situaties met lagere luchtvochtigheden droogde de spuitvloeistof snel aan en was er geen afspoeling met de (aangenomen) 1% tankoplossing na de derde keer intern spoelen. Het effect van dit procedé was overigens groter met de spuitbomen opgevouwen dan met de spuitbomen uitgevouwen.

Jensen & Spliid (2004) onderzochten het effect van de gebruikte tracer op de externe verontreiniging van een spuit door een veel gebruikte tracer Briljant Sulpho Flavine (BSF) te vergelijken met 4 gewasbeschermingsmiddelen: Amistar (Azoxystrobine 250 g/l), Perfektion (Dimethoaat 500 g/l), Corbel (fenpropimorph 750 g/l) en Boxer (Prosulfocarb 800 g/l). Bij het extern reinigen van de spuit met 40 l water in twee stappen bleek duidelijk dat de tracer BSF de grootste concentraties in het waswater gaf. In de eerste wasbeurt kwam er aan middelen minder dan de helft af vergeleken met de tracer BSF. In de tweede wasbeurt werd 25% tracer afgespoeld terwijl dit voor de middelen nog tot 60% was. Het vermoeden dat niet alle middelen door het wassen van de spuit afkwamen werd getest door met een doek een stuk oppervlak te reinigen en de stoffen in de doek te analyseren. Van de tracer BSF werd op de doek niets extra's gevonden. Van de middelen werden echter aanzienlijke hoeveelheden gevonden (met een factor 100 verschil tussen de middelen). Dat wijst er op dat door de standaard wasbeurt met de spuitlans op de spuitmachine alleen de gemakkelijk in water oplosbare middelen (dimethoaat) verwijderd werden. Van azoxystrobine, een moeilijk verwijderbaar middel, werd na wassen (met 80 l water) nog een hoeveelheid op de spuitboom gevonden van 2,5 mg/m². De gevonden belasting van de gedragen veldspuit (Hardi LY 12 m) met de tracer BSF was 0,025% in een lage windsnelheid situatie (1 m/s) en 0,059% in een hoge windsnelheid situatie (4 m/s).

Het effect van doptype op de externe verontreiniging met gewasbeschermingsmiddelen wordt beschreven door Wehman (2006). Door gebruik van fijnere spuitniveaus neemt de externe verontreiniging van de spuit toe. Voor veldspuiten was duidelijk dat een 02 dop bij 8 bar 5 keer zoveel belasting gaf dan een 06 dop bij 3 bar (resp. 0,10% en 0,02%). Bij een luchtondersteunde veldspuit (luchtrichting verticaal) was de externe verontreiniging 0,47% bij gebruik van een 02 dop bij 3 bar. De belasting vond plaats door 10 min in een cirkel te rijden met een diameter van

tweemaal de werkbreedte van de spuit. Wehman (2006) vond ook een verschil tussen de wijzen van schoonmaken. Een hogedrukspuit reinigde de externe spuit beter dan een spuitlans of een waterborstel. De schoonmaak efficiency van de waterborstel (3 bar, 160 l, 15 min.) was 64%, van de spuitlans (2,5 bar, 70 l, 30 min.) 68% en van de hogedrukspuit (15 bar, 70 l, 20 min.) 76%.

Concluderend kan gesteld worden dat de externe verontreiniging van veldspuiten vooral afhankelijk is van het gebruikte doptype, de weersomstandigheden waaronder gespoten wordt, de spuitdop en het type spuitmachine. Gevonden effecten in de variatie van de externe verontreiniging zijn:

- windsnelheidseffect; als de windsnelheid van windstil of kleiner dan 1 m/s toeneemt tot 2,5-4 m/s trad er een verdubbeling van de externe verontreiniging op;
- druppelgroottespectrum spuitdop; hoe fijner het druppelgroottespectrum van de spuitdop des te hoger de externe verontreiniging op de spuit; verschillen tussen doptypen en drukcombinaties gaven aan dat dit verschil een factor 5 kan zijn;
- type spuitmachine; door het grotere vangoppervlak van de luchtzak op luchtondersteunde veldspuiten is de externe verontreiniging van luchtondersteunde veldspuiten hoger dan van conventionele spuiten. Dit verschil kan oplopen tot een factor 4.

De grootste hoeveelheid verontreiniging zit op de spuit het dichtst bij de bron, de spuitdop. Op de spuitboom zit doorgaans 60% van de verontreiniging en op de rest van de spuit, voornamelijk op de tank, 40%. Gemiddeld kan aangenomen worden dat de hoeveelheid externe verontreiniging op een veldspuit ongeveer 0,5% is van de verspoten hoeveelheid.

Het extern reinigen van de spuit gaat met een hogedrukspuit (10 bar) beter dan met een lage druk spuitlans (3 bar) of borstel.

3.2 Fruitteeltspuiten

Balsari *et al.* (2002) presenteerden resultaten van metingen aan de belasting van spuiten en het intern en extern reinigen van spuiten. Dit onderzoek gaf de eerste resultaten van de in ontwikkeling zijnde ISO22368 standaard voor reiniging van spuitmachines. Van een getrokken axiaal boomgaardspuit (Unigreen P20) uitgerust met 14 Albuz rood werveldoppen (ATR) is bepaald wat de depositie van spuitvloeistof op de buitenkant van de spuit is. Om de belasting vast te stellen zijn 3 methoden uitgeprobeerd: in een cirkel rijden, een rechthoekig helix pad rijden, en een cirkelvormig helix pad rijden. De trajecten werden spuitend gedurende 10 minuten afgelegd, waarbij de helft van de tijd linksom, en de helft van de tijd rechtsom werd gereden. De externe verontreiniging van de spuit was bij de cirkelvormige belastingroute 0,699% (VC 8%), bij de rechthoekige helix belastingroute 0,754 % (VC 12%) en bij de cirkelvormige helix belastingroute 0,434% (CV 36%) van de verspoten hoeveelheid. Door de gemakkelijke werkwijze van het in cirkels rijden en de lage variatie tussen de metingen werd voorgesteld deze methode op te nemen in de ISO standaard. Uit de metingen bleek ook dat het belangrijk was de metingen zoveel mogelijk onder gelijke weersomstandigheden te doen. Een temperatuurseffect op de externe verontreiniging werd wel genoemd maar niet gekwantificeerd.

Balsari (2003) beschrijft de werkwijze van de ISO22368 standaard voor het intern en extern reinigen van spuitmachines. Om de werkwijze te demonstreren is aan één fruitteeltspuit gemeten wat de belasting met tracer is en wat de reinigingsefficiëntie is van de beschikbare middelen op de spuit. De spuit waaraan gemeten is was een Unigreen P20 getrokken fruitteelt spuit met een 35000 m³/h ventilator en uitgerust met 14 Albuz ATR rood spuitdoppen gebruikt op 10 bar werkdruk. Voor de fruitteeltspuit was de totale depositie op de spuit 0,55% van de uitgebrachte hoeveelheid.

Het effect van doptype op de externe verontreiniging is door Balsari & Marucco (2003) onderzocht voor 3 typen boomgaardspuiten. Op een Unigreen Futura 20 getrokken axiaal spuit is het effect vergeleken van Albuz ATR rood en bruin werveldoppen, en van een TeeJet AI 11004 venturi spleetdop bij twee luchtinstellingen (half 30000m³/h en vol 38000 m³/h). Bij beide werveldoppen leverden de vollucht instellingen hogere externe verontreinigingen op resp. 0,437% en 0,630% voor de Albuz rood en 0,619% en 0,834% voor de Albuz bruin. Bij de venturi spleetdop werd

door de vol lucht instelling de depositie op de spuit verlaagd van 0,671% naar 0,565%. Op een kleinere getrokken axiaal spuit voor wijnbouw (Dragone γ 600) is het effect van een venturi spleetdop (TeeJet AI 11002) vergeleken met een standaard Albus geel spuitdop. De externe verontreiniging van de spuit nam door de venturi spleetdop af van 0,558% naar 0,405%. Bij een pneumatische boomgaard spuit (Cima P 50 E) werd door een groter afgifteplaatje in de spuitmond te gebruiken (8 i.p.v. 5) de externe verontreiniging van de spuit verhoogd van 0,330% naar 0,428%. Afhankelijk van het type spuit en de gebruikte dooptypen zitten er dus grote verschillen in de hoeveelheid bestrijdingsmiddel die op de buitenkant van een spuit verwacht kan worden. Op de spuit maakt het ook uit waar het middel terecht komt. Bij de boomgaardspuiten zat 93% van het middel op de ventilator, 6% op achterste helft van de tank bij de ventilator en 1% op de voorste helft van de tank aan de kant van de trekker.

Balsari *et al.* (2006) hebben de hoeveelheid uitwendige vervuiling door gewasbeschermingsmiddelen bij verschillende typen wijnbouwspuiten gemeten. De spuitmachines waren twee typen luchtondersteunde spuiten en één pneumatische spuit. Deze spuiten zijn vergelijkbaar met de typen spuiten die in Nederland in de fruitteelt gebruikt worden. De metingen zijn uitgevoerd binnen het ISO standaard protocol voor het uitwendig reinigen van spuiten (ISO22368-2). Een vergelijking is gemaakt tussen belasting door in cirkels (10 m) rond te rijden en meerdere rijen in een wijngaard te bespuiten. De spuitmachines waren een axiaal spuit (Dragone Athos 800) een toren dwarsstroom spuit (Dragone Athos T800) en een pneumatische spuit (Cima Blitz 55S). Bij de axiaal en de dwarsstroom spuit werden twee luchthoeveelheden ingesteld (14000 en 18000 m³/h) en twee dooptypen (Albus oranje ATR, Lechler ID9002) gebruikt waarmee 10 l/min gespoten werd bij een druk van 5 bar en een rijsnelheid van 5 km/h. De belasting van de spuit is uitgedrukt als een percentage van de totale hoeveelheid uitgebrachte spuitvloeistof tijdens de meting. Voor de axiaalspuit en de pneumatische spuit is er geen verschil in belasting door de ISO methode en de bespuiting van de boomgaard. Wel is de belasting bij de axiaalspuit hoger (0,5%) dan bij de pneumatische spuit (0,1%). Bij de dwarsstroomspuit is de belasting door de ISO methode hoger (1,2%) dan bij de bespuiting in de boomgaard (0,7%). Afhankelijk van de bladontwikkeling (BBCH 69 en 79) is de belasting van de dwarsstroomspuit (0,5-0,95%) meer verschillend dan bij beide andere typen spuiten (resp. 0,4-0,6% voor axiaal en 0,07-0,1% voor pneumaat). Bij de belasting met de ISO methode zit er weinig verschil tussen de dooptypen standaard werveldop en driftarme venturi spleetdop; in de boomgaard is de belasting door de venturi spleetdop doorgaans 10-15% lager dan van de werveldop. Door de luchthoeveelheid instelling veranderde de belasting voor de axiaal spuit minimaal (0,5-0,6%) met geen verschil tussen de ISO methode en de boomgaard bespuiting. Bij de dwarsstroomspuit nam de belasting door de hogere luchthoeveelheid bij de ISO methode toe (van 1,1% naar 1,4%) en in de boomgaard af (van 0,85% naar 0,6%). Tijdens de bespuitingen was de temperatuur tussen de 18 en 28 °C. In algemene zin was de belasting van de spuit bij 28°C tweemaal hoger dan bij 18°C. Duidelijk is dat de verschillende instellingen veel kunnen uitmaken voor wat de externe verontreiniging van de spuit betreft. De machineverschillen zijn nog groter.

Concluderend kan gesteld worden dat de externe verontreiniging van fruitteeltspuiten vooral afhankelijk is van het type spuitmachine, de ventilatorcapaciteit, het dooptype, de weersomstandigheden tijdens de bespuiting en de gewasontwikkeling in de boomgaard. Gevonden effecten in de variatie van de externe verontreiniging zijn:

- spuitmachine; de externe verontreiniging van een dwarsstroomspuit is tweemaal hoger dan van een axiaalspuit;
- temperatuur; bij een temperatuur van 28 °C was de externe verontreiniging tweemaal hoger dan bij 18 °C;
- luchtondersteuning; vollucht gaf ten opzichte van halfvlucht ventilatorstanden circa 40% meer voor holle kegel werveldoppen en 15% minder voor een venturi spleetdop;
- dooptype; bij een holle kegel werveldop werd ten opzichte van een venturi spleetdop 50% meer externe verontreiniging gemeten;
- gewasontwikkeling in boomgaard; afhankelijk van de bladontwikkeling in de boomgaard werd bij een dwarsstroomspuit een groter verschil in externe verontreiniging gemeten (100%) dan bij een axiaal spuit (50%);
- verschil standaardmeetmethode (ISO22368-2) en meting in boomgaard; bij een axiaal spuit was er geen verschil tussen de ISO meetmethode en een boomgaardmeting op de externe verontreiniging van de spuit. Bij een dwarsstroomspuit was de belasting in de boomgaard lager dan bij de ISO meetmethode.

De grootste hoeveelheid verontreiniging zit bij de fruitteeltspuit op de ventilator, 93%. De rest van de externe verontreiniging op de spuit zit voor 6% op de achterkant van de tank bij de ventilator en voor 1 % aan de voorzijde van de tank. Gemiddeld kan aangegeven worden dat de hoeveelheid externe verontreiniging op fruitteeltspuiten ongeveer 1% is van de verspoten hoeveelheid.

3.3 Veldspuiten, praktijkmetingen met gewasbeschermingsmiddelen

Een uitgebreid onderzoek in Duitsland naar hoeveel gewasbeschermingsmiddel dat in en op de spuit zit wordt door Ganzelmeier (1998) beschreven. Van 17 gewasbeschermingsmiddelen is bepaald wat er nog in de spuit aanwezig was na schoonspoelen en hoeveel er op de buitenkant van de spuit zat na extern reinigen met een spuitlans. De verontreiniging op de buitenkant van de spuit was het hoogst voor de stof metamitron met 1200 mg actieve stof. Om aan te geven dat de spuit goed in het land (perceel) gereinigd kan worden is berekend wat de te behandelen oppervlakte is voor de resthoeveelheden aan middelen. Voor metamitron was dit 17 m². De stoffen pirimicarb en triadimenol kwamen weliswaar niet in hoge mate voor op de buitenkant van de spuit (resp. 250 mg en 150 mg) maar zijn door hun lage doseringen wel goed om resp. 18 m² en 15 m² gewas te behandelen. Wat dus nog steeds geen probleem is als dit in het veld op één plek terecht komt rondom de plek waar de spuit staat als hij gereinigd wordt. De interne resthoeveelheden waren aanzienlijk hoger. Hoogst gemeten restvloeistof was 9000 mg actieve stof voor het middel anilazine. Een stof die weinig terug gevonden werd na intern reinigen maar wel een groot behandeloppervlak vertegenwoordigt was tribenuron (100 mg) met 800 m². Onduidelijk is van wat voor type spuitmachines en gebruikte dooptypen en van welk behandeld oppervlak of welke tijdsduur van spuiten deze hoeveelheden afkomstig zijn.

Door Ramwell & Johnson (2002) en Ramwell *et al.* (2004) is van 13 gewasbeschermingsmiddelen onderzocht hoeveel er op de verschillende onderdelen van de spuit en de trekker aanwezig waren na normaal veldgebruik. Van de 13 onderzochte spuiten waren er 6 zelfrijders, 4 getrokken en 5 gedragen. Het gebruik van de gewasbeschermingsmiddelen azoxystrobine, carbendazim, chloorthalonil, cyanazin, cypermethrin, epoxiconazool, flusinazool, isoproturon, kresoxim-methyl, metazachloor, pendimethalin, pirimicarb en tebuconazole werd gedurende een periode vastgelegd en aan begin en einde van de periode werden monsters (100 cm² schoon maken met katoenen doek) genomen van de externe oppervlakken van de spuitdop, de tank, de spuitboom, achterraut trekker, deur trekker, voorruit trekker en de spatborden van de trekker. Ramwell *et al.* (2004) vonden op de tank van de spuiten resten gewasbeschermingsmiddelen tot hoeveelheden van 100 mg/m²; gemiddeld over alle middelen zat er op de tank 7,2 mg/m². Op de spuitboom zat van alle middelen meer dan 100 mg/m²; gemiddeld 149 mg/m² en van 5 middelen zelfs meer dan 1000 mg/m². Van 10 van de 13 middelen zat er op de trekker meer dan 10 mg/m²; gemiddeld zat er op de deur, de achterraut en de voorruit respectievelijk 0,5, 0,6 en 0,3 mg/m². Op de spatborden zat gemiddeld 7,2 mg/m². Geconcludeerd werd dat de variatie in residu op de spuit dusdanig groot was dat extrapolatie naar hoeveelheden die vrijkomen bij het schoonmaken niet gemaakt kunnen worden. Duidelijk was wel dat de hoeveelheid residu op de spuit na een enkele bespuiting geen maat was voor de hoeveelheid na een aantal bespuitingen. Er gebeurt iets tussendoor waardoor de hoeveelheden residu weer afnemen (hechting, afspoelen door regen, fotolyse, hydrolyse, etc.). Op de spuit was er geen verschil tussen type spuit en hoeveelheid residu aan middel. Op de cabine zat er bij de zelfrijder duidelijk meer dan bij de gedragen spuit en daarbij weer meer dan bij de getrokken spuit.

Van de verschillende middelen op de spuit en op de spuitdoppen hebben Ramwell *et al.* (2004) uitgerekend hoeveel van deze middelen een overbelasting van de FOCUS standaardslot (100 m lang, 1 m breed, 0,3m diep = 30000 liter) zouden geven voor de criteria voor algen en daphnia. Dit zou voor kunnen komen als de spuit gereinigd zou worden op een verharde plaats langs een sloot en alle waswater in de sloot zou lopen. Voor de hoeveelheid middel op de spuitboom was er voor 10 van de 13 middelen een overschrijding van de ecotoxicologische drempelwaarden. Voor de hoeveelheden op de trekker en de spuitboom was er voor 4 van de 13 middelen een overschrijding. Wanneer de spuit in het veld gereinigd wordt, zouden deze hoeveelheden op een grondoppervlak eronder komen. In de studie van Ramwell *et al.* (2004) werd aangenomen dat de oppervlakte onder de spuit, waar het waswater op de grond komt, 15 m² is. Komt de hoeveelheid middel die op de spuitboom zit op deze oppervlakte van 15 m² terecht dan treedt bij 5 van de 13 middelen een overschrijding van de voorgeschreven dosering op. Bij het reinigen van de spuitdoppen op deze oppervlakte trad in 11 van de 13 gevallen voor de individuele middelen een overschrijding van de adviesdosering op. Bij middelen als cypermethrin was de hoeveelheid dusdanig veel dat er genoeg residu op de spuitboom alleen zat voor de behandeling van 0,6 ha, van metazochloor van 0,25 ha. Bij 5 van de 13 middelen kon een oppervlakte van meer dan 1000 m² behandeld worden met alleen het aanwezige residu op de spuitboom.

Het effect van de externe verontreiniging van spuiten op de blootstellingrisico's voor gebruikers werd onderzocht door Ramwell *et al.* (2005). Vanuit dezelfde studies als beschreven door Ramwell *et al.* (2004) en Ramwell & Johnson (2002) zijn met katoenen handschoenen monsters genomen van handelingen bij de cabine van de trekker, onderhoud van de spuit en afstelling van de spuit. De hoeveelheid middel op de handschoenen is vergeleken met de Acceptable Operator Exposure Limit (AOEL) en aangegeven is hoelang een gebruiker maximaal in contact mag zijn met de desbetreffende onderdelen, voordat deze risicodrempel overschreden wordt (AOEL = 1). De belasting door handelingen voor de afstelling van de spuit was hoger dan voor onderhoud en deze weer hoger dan voor de cabine. Voor de handelingen rondom de cabine was in 75% van de gevallen een residu van een gewasbeschermingsmiddel aanwezig, in 4% van de gevallen was een contacttijd kleiner dan 12 uur voldoende om een overschrijding van de AOEL te krijgen. Voor afstellingsactiviteiten werd voor 9 van de 13 middelen de AOEL in een contacttijd kleiner dan 5 uur overschreden. In het algemeen was de blootstelling door activiteiten rond en in de cabine 5 keer lager dan bij activiteiten voor de afstelling van de spuit. Het bleek overigens dat sommige middelen met een laag milieurisico (Ramwell *et al.*, 2004) juist een hoog blootstellingrisico hadden. Reden te meer om bij externe belasting en reiniging van spuiten hier apart naar te kijken. Hierbij moet rekening gehouden worden dat bemonsteren met katoenen handschoenen doorgaans slechts 3% van de aanwezige bestrijdingsmiddelen opnam vergeleken met de analysemethode; afpoetsen met katoenen doek op 100 cm² oppervlak, wat overigens ook afhankelijk kan zijn van de formulering van het product. De overdracht van middel op de spuit naar handschoenen bleek niet afhankelijk te zijn van de oplosbaarheid van de middelen (Ramwell *et al.*, 2006b) maar wel van de octanol : water verdelingscoëfficiënt (K_{ow}). Dit geeft aan dat een gedeelte van de middelen ook aan het polyethyleen tankmateriaal kan binden, waarbij meer binding op kan treden bij hogere K_{ow} .

In een evaluatie van blootstellingsdata bij het vullen van spuiten (Glass *et al.*, 2002) bleek dat er een verband was tussen de grootte van de verpakking en de hoeveelheid middel op de handschoenen van de gebruiker en de hoeveelheid die op de machine en op de grond gemorst werd. In het onderzoek kon een onderscheid gemaakt worden tussen: in de tankopening vullen, in de vulinstallatie/fustreiniger vullen en een gesloten vulsysteem. Bij in de tankopening vullen was de verontreiniging van de handschoenen 0,01 ml voor de 1 l en 5 l containers en 0,02 ml voor de 10 l containers. Voor de fustreiniger was de verontreiniging van de handschoenen 0,01 ml voor de 1, 5 en 10 l containers en 0,05 ml voor 20 l containers. De gemorste hoeveelheid die potentieel aan de buitenkant van de spuit kan komen te zitten was bij door de vulopening van de tank vullen bij de 1 l container 0,05 ml, voor de 5 l container 1,0 ml en voor de 10 l container >1,0 ml. Voor de fustreiniger was de hoeveelheid potentiële externe verontreiniging door morsen 0,02 ml voor de 1 l container, 0,1 ml voor de 5 l en de 10 l containers en >1,0 ml voor de 20 l containers. Bij vullen door een fustreiniger was er doorgaans een 80-90% lagere externe verontreiniging dan bij door de vulopening van de tank vullen.

Ramwell *et al.* (2006a) geven aan dat van de externe verontreiniging op een veldspuit ongeveer 60% van de spuitboom afkomt en 25% van de tank. Gemeten is hierbij aan 3 getrokken, 2 zelfrijdende en 1 gedragen spuit voor de middelen azoxystrobine, carbendazim, fluzinazool, isoproturon, pendimethalin, pirimicarb en tebuconazole. Totale hoeveelheden op de spuit varieerden per spuit en per middel. Voor driekwart van de metingen zat er gemiddeld 10 mg middel op de spuit, met uitschieters tot 35 mg voor pendimethalin, azoxystrobine en isoproturon. Als van de gevonden hoeveelheden aan middelen op de spuit voor ieder middel de Predicted Environmental Concentration (PEC) uitgerekend werd voor een standaard sloot zoals gebruikt in het Europese toelatingsbeleid (FOCUS; 100 m lang, 1 m breed en 0,3 m diep = 30000 liter) en deze waarde vergeleken werd met de Predicted No Effect Concentration (PNEC) dan bleek dat er drie middelen een waarde hoger dan 1.0 hadden voor de PEC/PNEC verhouding. Voor deze middelen carbendazim, isoproturon en pendimethalin was er een verhoogd risico voor waterleven in de sloot als de totale hoeveelheid van de externe verontreiniging van de spuit door bijvoorbeeld reinigen op een spoelplaats in de sloot terecht zou komen. Voor deze middelen zou extern reinigen in het veld minder risico voor oppervlaktewater geven (omdat risico voor drainage en oppervlakkige afstroming naar oppervlaktewater dan klein is bij voldoende afstand van de reinigingsplek vanaf de sloot). Voor de middelen in de studie kon er geen relatie gevonden worden tussen de oplosbaarheid en de octanol: water verdelingscoëfficiënt K_{ow} van de middelen en de hoeveelheid middel in het spoelwater. In de studie werd op grond van verschillen in diverse eigen studies en van Mason *et al.* (2000) opgemerkt dat vooral de hoeveelheid modder aan de wielen een belangrijke bron van verontreiniging kan zijn.

4. De ISO standaard extern reinigen van sproeien

De ISO standaard voor het extern reinigen van sproeimachines (ISO222368-2, 2004) beschrijft een procedure voor het op een gestandaardiseerde manier verontreinigen van sproeien en het vastleggen daarvan voor veldsproeien en boomgaardsproeien (A) en een werkwijze voor het vastleggen van de efficiëntie van reinigingsmethoden van deze sproeien (B).

Voor het bepalen van de externe verontreiniging door sproeiingen (A) wordt buiten met de sproei 10 minuten in een cirkel rondgereden, de helft van de tijd linksom en de andere helft rechtsom om een gelijkmatige belasting op de sproei te krijgen. De straal van de cirkel is gelijk aan de werkbreedte van een veldsproei en 10m voor een boomgaardsproei. De sproeiing wordt uitgevoerd met een gele kleurstof (0,1% Tartrazine E102, of een andere tracer die vergelijkbare resultaten geeft). De tankconcentratie wordt in drievoud gemeten. De in 10 minuten verspoten hoeveelheid sproeivloeistof wordt geregistreerd. De weersomstandigheden gedurende de meting worden vastgelegd. De hoeveelheid sproeivloeistof op de sproei wordt bepaald door de sproei op een voldoende groot opvangzeil, landbouwplastic of vloeistofdichte bak te plaatsen en de sproei goed te reinigen met een hoge druk sproei (10 bar). De wasvloeistof wordt opgevangen en in drievoud bemonsterd. De opvangbak wordt compleet gereinigd en een tweede wasbeurt, identiek aan de eerste, wordt uitgevoerd. De hoeveelheid wasvloeistof wordt gemeten en van de opgevangen wasvloeistof wordt de concentratie kleurstof bepaald, bijvoorbeeld d.m.v. spectrofotometrie. De totale hoeveelheid afgewassen gele kleurstof wordt berekend en uitgedrukt als percentage van de uitgebrachte hoeveelheid sproeivloeistof tijdens de sproeiing. Als de hoeveelheid kleurstof in de tweede wasbeurt meer is dan 10 % van de eerste wasbeurt moet een derde wasbeurt uitgevoerd worden. Dit om er zeker van te zijn dat alles van de sproei is afgekomen. Er worden minimaal drie herhalingen uitgevoerd van de meting. Als de variatiecoëfficiënt van de gemiddelde totale externe belasting op de sproei van de drie metingen groter is dan 15% wordt de gehele test herhaald.

Voor het bepalen van de efficiëntie van reinigingsmethoden van sproeien wordt een soortgelijke procedure als voor onderdeel A uitgevoerd om de sproei te verontreinigen met sproeivloeistof. De gebruikte sproeivloeistof is nu echter geen kleurstof maar een vloeistof die de formulering van een gewasbeschermingsmiddel nabootst (0,1% suspensie van koper oxychloride). De sproei wordt gereinigd volgens de beschreven procedure in de handleiding van de te meten reinigingsmethode. De hoeveelheid waswater wordt vastgelegd en van de wasvloeistof worden 10 representatieve monsters genomen. De reinigingsprocedure wordt herhaald op een schone opvangplek met een hoge druk sproei (10 bar). Ook hiervan wordt de gebruikte hoeveelheid waswater bepaald en van de wasvloeistof worden 10 representatieve monsters genomen. Het gehalte aan koper wordt met atomaire-adsorptie spectrometrie bepaald. De gemiddelde hoeveelheden koper in de twee wasbeurten worden berekend. De door de reinigingsmethode afgespoelde hoeveelheid koper wordt uitgedrukt als percentage van de totale hoeveelheid afgespoeld koper van beide wasbeurten. Er worden drie herhalingen van de test uitgevoerd. Als de variatiecoëfficiënt van de gemiddelde reinigings-efficiëntie groter is dan 15% wordt de gehele test herhaald.

5. Discussie

In de ISO standaard voor het extern reinigen van spuitmachines (ISO222386-2) wordt de hoeveelheid spuitvloeistof op de spuit gemeten na gedurende 10 minuten een bespuiting uit te voeren. De tijdsduur van 10 minuten komt voort uit waarnemingen van afdruppen van de spuitvloeistof (Nilsson, 2007) van vooral de spuitboom. Er blijkt dus een soort maximale vloeistofhoeveelheid te zijn die op een spuit kan blijven 'plakken'. Cooper & Taylor (1998) vonden bijvoorbeeld een maximale hechtingshoeveelheid van vloeistof aan de buitenkant van de spuit van 1,5 liter voor een 12 m gedragen veldspuit en 2,2 liter voor een 24m getrokken veldspuit. Bij een dopafgifte van 1,6 l/min (04 dop bij 3 bar) zou bij deze maximale hechtingshoeveelheid na 5-7 minuten spuiten al een volledige verzadiging bereikt zijn. Gedurende die tijd komt er bij een 12m spuit dan een hoeveelheid depositie op de spuit die overeenkomt met 0,4% van de afgifte van 10 min. spuiten, bij de 24 m spuit is dit dan 0,3%. Een maximale hoeveelheid externe verontreiniging op de spuit van 0,5% lijkt dus aannemelijk. Afhankelijk van de vormgeving en materiaalsoorten van de spuit en de grootte (tank) en werkbreedte kan de maximale hechtingshoeveelheid van een spuit dus per spuit sterk verschillen.

Uit de geïnventariseerde onderzoeken naar middelengebruik en externe verontreiniging van spuitmachines is het moeilijk een relatie te leggen tussen de uitgebrachte hoeveelheid spuitmiddel en de externe verontreiniging. Dit wordt ook gemeld door Ramwell (2007). Dit wordt vooral veroorzaakt door het grote aantal parameters wat de hoogte van de depositie op de spuit bepaald, door de mate van adhesie aan verschillende materialen op de spuit en door de onduidelijke reinigingsefficiëntie van de verschillende reinigingsmethoden die ook nog eens per gewasbeschermingsmiddel kunnen verschillen. Ook de bemonsteringsmethode, de hele spuit afspoelen/afspuiten met een hoge druk spuit of een klein stukje (100 cm²) intensief afpoetsen met een katoenen doek geeft verschillende resultaten. Het blijft natuurlijk de vraag of middelen die er met een gangbare reinigingsmethode niet afkrijgt schade aan het milieu kunnen toebrengen omdat ze waarschijnlijk toch aan de spuit vast blijven zitten.

Als er een vergelijking gemaakt wordt tussen bespuitingen met een fluorescerende stof en gewasbeschermingsmiddelen en het effect op de externe verontreiniging is duidelijk dat bij dezelfde reinigingstechniek de fluorescerende stof hogere waarden geeft dan de meeste gewasbeschermingsmiddelen. De recovery van gewasbeschermingsmiddelen is veel lager dan van fluorescerende stoffen, die goed in water oplosbaar zijn. Recovery waarden van gewasbeschermingsmiddelen variëren van <40% tot >80% (Ramwell, 2007). Voor het meten van de hoeveelheid die op een spuit terecht komt tijdens toediening zal dus de voorkeur gegeven worden aan metingen met een fluorescerende stof. Dit geeft dan een *worst case* situatie aan van de belasting.

Uit de verschillende onderzoeken blijkt dat de bemonsteringswijze op verschillende wijzen uitgevoerd wordt. Bij belastingsonderzoek wordt vooral de hele spuit schoon gemaakt, bij inventarisatie in de praktijk worden kleine stukjes intensief schoon gemaakt. Of het vaststellen van de externe verontreiniging van spuitmachines met bijvoorbeeld een fluorescerende tracer ook goed maar sneller en eenvoudiger uitgevoerd kan worden met collectoren op de verschillende plekken op de spuit moet nader onderzocht worden. Een goede vertaalslag van collectorwaarden naar totale belasting van de spuitmachine moet dan wel gemaakt kunnen worden op grond van representatieve oppervlakken voor de meetplekken (spuitboom, tank, ventilator, frame, etc.).

De spuitmachines waarvan in de verschillende onderzoeken resultaten gepresenteerd worden zijn doorgaans klein in vergelijking met wat er in de Nederlandse praktijk gebruikt wordt. Vooral veldspuiten hebben (in Nederland) een aanzienlijk grotere werkbreedte dan de veel genoemde 12 m in de verschillende studies. De gevonden verschillen tussen gedragen, getrokken en zelfrijdende spuitmachines is reden om een betere differentiatie te maken naar dit soort machines voor de Nederlandse omstandigheden. Ook in de fruitteelt is er reden om de Nederlandse situatie beter in beeld te krijgen. De gevonden cijfers voor fruitteeltspuiten over externe verontreiniging laten zien dat er een effect van spuitmachine en boomgaard is. De Italiaanse omstandigheden zijn hierbij veel anders dan de Nederlandse zowel wat type spuiten betreft als de vertaling van wijngaard naar boomgaard. De overdraagbaarheid van de gevonden cijfers in deze studie is dan ook beperkt en moet vooral gezien worden als een indicatie voor de orde van grootte.

6. Conclusies en aanbevelingen

De externe verontreiniging van spuitmachines is sterk verschillend afhankelijk van type spuit, doptype, luchtondersteuning en de weersomstandigheden waaronder gespoten wordt. Uit de gebruikte literatuur blijkt dat op een veldspuit doorgaans 0,5% van het spuitvolume terug te vinden is als externe verontreiniging. Bij een fruitteeltspuit is de externe verontreiniging ongeveer 1,0%. De meest verontreinigde delen zitten dicht bij de spuitdoppen, bij een veldspuit is dit de spuitboom en bij een fruitteeltspuit is dit de ventilator.

De externe verontreiniging door gewasbeschermingsmiddelen van spuitmachines wordt sterk beïnvloed door:

- Type spuitmachine,
- Doptype,
- Hoeveelheid luchtondersteuning,
- Weersomstandigheden tijdens bespuiting.

Gezien de grotere werkbreedtes die in Nederland gebruikt worden dan waaraan in de gevonden literatuur aan gemeten is verdient het aanbeveling voor veldspuiten zelf aanvullend onderzoek te doen naar de externe verontreiniging om te kunnen beoordelen of de gevonden resultaten van toepassing zijn voor de Nederlandse situatie. Een onderscheid dient gemaakt te worden naar de verschillende spuitmachine typen, gedragen, getrokken en zelfrijdend. Voor fruitteeltspuiten is het nodig inzicht te krijgen in de externe verontreiniging van de typische Nederlandse dwarsstroomspuiten zowel in de boomgaard situatie als met de standaard ISO methode.

Omdat uit de gevonden literatuur doorgaans onduidelijk is of de iso-meetmethode met een tracer overeenkomt met meerdere bespuitingen in de praktijk met gewasbeschermingsmiddelen wordt aanbevolen voor zowel veld- als fruitteeltspuiten een vergelijking te maken tussen de ISO meetmethode en de belasting in de praktijk na verschillende tijdstappen, om beter inzicht te krijgen in verzadiging van de maximale hoeveelheid op de spuit, en de verwachte veranderingen daardoor in belasting over de spuit.

Voor zowel veldspuiten als fruitteeltspuiten is het nodig de invloed van de driftarme spuitdoppen te kwantificeren. De nu in Nederland gebruikte driftarme spuitdoppen ingedeeld in driftreductieklassen van 50, 75, 90 en 95% geven aanzienlijk meer driftreductie dan de in de literatuur genoemde venturi spleetdoppen. Omdat naar vermoeden driftreductie direct van toepassing is op de reductie van de externe verontreiniging zal deze naar verwachting overeenkomstig de driftreductieklassen afnemen.

Literatuur

Balsari, P., 2003.

Developing International standards concerning cleaning of sprayers. Workshop In-field sprayer cleaning, Harper Adams University College, 31 March 2003.

Balsari, P. & P. Marucco, 2003.

Sprayer cleaning: The importance of the sprayer adjustment on the external contamination. ASAE Paper 031097, presented at the 2003 ASAE Annual International Meeting, Las Vegas, 27-30 July 2003. 11p.

Balsari, P., P. Marucco, M. Tamagnone, H. Ganzelmeier & H.J. Wehmann, 2002.

Cleaning of sprayers: new European standard proposal and first test results. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 66, 2002. 9-16.

Balsari, P., P. Marucco & G. Oggero, 2006.

External contamination of sprayers in vineyard. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 77, 2006. 215-222.

Cooper, S.E. & W.A. Taylor, 1998.

Some factors that may influence rate of accumulation and final quantity of spray liquid on external surfaces of arable crop sprayers. In: T.H. Robinson (ed). Managing pesticide waste and packaging. British Crop Protection Council, Symposium Proceedings no. 70, Farnham, UK. 1998. 203-210.

EN 12761, 2001.

Agricultural and forestry machinery. Sprayers and liquid fertilizer distributors. Environmental protection. European Standard.

Ganzelmeier, H., 1998.

Proper cleaning of sprayers. In: T.H. Robinson (ed). Managing pesticide waste and packaging. British Crop Protection Council, Symposium Proceedings no. 70, Farnham, UK. 1998. 91-98.

Glass, C.R., A.J. Gilbert, J.J. Mathers, R.J. Lewis, P.M. Harrington & S. Perez Duran, 2002.

Potential for operator and environmental contamination during concentrate handling in UK agriculture. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 66, 2002. 379-387.

Holst, C.D., C. Nielsen & P.G. Andersen, 2002.

Developments with the internal and external cleaning of sprayers in the field of use. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 66, 2002. 395-400.

Jensen, P.K. & N.H.Spliid, 2003.

External deposits of spray liquid on field sprayers and possibilities to reduce them. In: P. Balsari, G. Doruchowski & J.V. Cross (eds). Proceedings of the VII Workshop of Spray Application Techniques in Fruit Growing, Cuneo, Italy June 25-27, 2003, University of Turin, DEIAFA, Grugliasco, Italy, 2003. 179-182.

Jensen, P.K. & N.H.Spliid, 2004.

External deposits of different pesticides on field sprayers. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 71, 2004. 365-370.

ISO22368-2, 2004.

Crop protection equipment – Test methods for the evaluation of cleaning systems – Part 2: External cleaning of sprayers. International Standardisation Organisation, Geneva. 2004.

Maaskant, M., E. van Dulleman, R. Ronday, A.J. Zweers, H.Perebolte, P.E. Rijtema & G. Scheffer, 1992.

Zuivering van met landbouwbestrijdingsmiddelen belast roceswater met het Carbo-Flo-proces. Staring Centrum, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, SC-DLO/IMAG-DLO Rapport 187, Wageningen. 1992. 157p.

Mason, P.J., I.D.L. Foster, A.D. Carter, A. Walker, S. Higginbotham, R.L. Jones & I.A.J. Hardy, 2000.

Relative importance of Point source contamination of surface waters: River Cherwell cathment monitoring. Proceedings of the XI Symposium Pesticide Chemistry, Human and environmental exposure to xenobiotics. 2000. 405-412

Nilsson, E., 2007.

Persoonlijke mededeling.

Ramwell, C., 2007.

Persoonlijke mededeling.

Ramwell, C. & P. Johnson, 2002.

Pesticide residues on Agricultural sprayers. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 66, 2002. 387-394.

Ramwell, C., P. Johnson, A. Boxall & D. Rimmer, 2004.

Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: environmental impact. Pest Management Science, 60(2004)8: 795-802.

Ramwell, C., P. Johnson, A. Boxall & D. Rimmer, 2005.

Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: occupational exposure. Annals of Occupational Hygiene, 49(2005)4: 345-350.

Ramwell, C., S.E. Cooper & W.A. Taylor, 2006a.

The environmental impact of cleaning the external surfaces of sprayers. International advances in Pesticide Application 2006. Aspects of Applied Biology 77, 2006. 229-233.

Ramwell, C., P. Johnson & H. Corns, 2006b.

Transferability of six pesticides from agricultural sprayer surfaces. Annals of Occupational Hygiene, 50(2006)3: 323-329.

Wehmann, H.J., 2006.

Cleaning of sprayers: an emerging ISO standard that is critical to environmental interests. International advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology 77, 2006. 31-38.

Bijlage I.

Overzichttabel literatuur referenties, specificaties omstandigheden en gevonden resultaten externe verontreiniging

- Veldspuiten, metingen met tracers
- Boomgaardspuiten, metingen met tracers
- Veldspuiten, metingen met middelen

Externe verontreiniging van spuiten met middelen

JvdZ / 25-4-2007

veidspuiten

volgnr.	referentie	soort spuit	machine	merk	type	werkbreedte [m]	dooptype	sputdruk [bar]	plaats op spuit	belastingwijze	belastingduur	mg/m2
1	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld		x	x	x	x	x	sputboom	veld - 13 middelen	13 weken	41
2	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld	x	x	x	x	x	x	sputdop	veld - 13 middelen	13 weken	149
3	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld	x	x	x	x	x	x	tank	veld - 13 middelen	13 weken	7.2
4	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld	x	x	x	x	x	x	sputbord	veld - 13 middelen	13 weken	7.2
5	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld	x	x	x	x	x	x	deur	veld - 13 middelen	13 weken	0.5
6	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld	x	x	x	x	x	x	achtertuit	veld - 13 middelen	13 weken	0.6
7	Ramwell <i>et al.</i> , 2004	veld	x	x	x	x	x	x	voorrut	veld - 13 middelen	13 weken	0.3
8	Ramwell & Johnson, 2002	veld	x	x	x	x	x	x	sputdop	veld - 5 middelen	13 weken	1000
9	Ramwell & Johnson, 2002	veld	x	x	x	x	x	x	sputdop	veld- isoproturon	13 weken	1000
10	Ramwell & Johnson, 2002	veld	x	x	x	x	x	x	sputdop	veld- chloorthalonil	13 weken	1000
11	Ramwell & Johnson, 2002	veld	x	x	x	x	x	x	trekker	veld- isoproturon	13 weken	10
12	Ramwell & Johnson, 2002	veld	x	x	x	x	x	x		veld- chloorthalonil	13 weken	10
totaal mg op spuit												
13	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-pirimcarb	x	8
14	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-pendimethalin	x	30
15	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-fusilazole	x	10
16	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-tebuconazole	x	25
17	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-azoxystrobin	x	32
18	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-isoproturon	x	30
19	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	totale spuit	veld-carbendazim	x	20
% verdeling van totale hoeveelheid op spuit												
20	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	cabine	veld-7 middelen	x	8
21	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	wielen	veld-7 middelen	x	7
22	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	tank	veld-7 middelen	x	25
23	Ramwell <i>et al.</i> , 2006a	veld	x	x	x	x	x	x	sputboom	veld-7 middelen	x	60

