



ACKUMULERING AV AVSATT SPRUTVÄTSKA PÅ TRAKTORN OCH PÅ LANTBRUKSSPRUTANS BOM OCH TANK

**Accumulation of Spray Deposits on Tractor and on Field Crop Sprayer
Boom and Tank**

Tomas Ärlemo

Examensarbete

Institutionen för lantbruksteknik

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 241
Report 241**

**Uppsala 2000
ISSN 00283-0086
ISRN SLU-LT-R-241-SE**

FÖRORD

1997 startade projektet Hantering av bekämpningsmedel på gårdsnivå. Projektet finansieras av Jordbruksverket och den sammanfattande projektbeskrivningen lyder: ”Analysera och kvantifiera restmängder av bekämpningsmedel som ansamlats på traktor och spruta efter utförd behandling”. Sommaren 1999 började mitt deltagande i projektet, som sedermera blev mitt examensarbete på Agronomprogrammet. Niclas Engström hade då anpassat en avsättningsanalysmetod för ändamålet, att analysera och kvantifiera restmängder på sprutekipage.

Tack vill jag rikta till arbetskompisarna på Institutionen för lantbruksteknik för att de alltid hjälpt till då det behövts, Ultuna egendom, Lars-Eric Fransen i Arby och familjen Ringmar-Cederberg på Hässelby gård för att de upplåtit mark att köra på och min handledare Per Wretblad för rådgivning och tålmodigt korrekturläsande. Ett tack går också till spruttillverkarna som lånat ut sprutorna.

Uppsala den 29 maj 2000

Tomas Ärlemo

Ett tack riktas också till Statens Jordbruksverk vilka har finansierat denna undersökning inom ramen för projektet: Hantering av bekämpningsmedel på gårdsnivå.

Per Wretblad
Handledare

ABSTRACT	1
INLEDNING	2
LITTERATURÖVERSIKT OCH TIDIGARE STUDIER INOM OMRÅDET.....	3
Hantering av bekämpningsmedelsrester.....	3
Avsättningsstudier	3
MATERIAL OCH METODER.....	6
Appliceringstekniker i försöket	6
Försöksutförande.....	9
Sköljning av traktor och spruta.....	10
Registrering och dokumentation.....	11
Analys	11
RESULTAT.....	13
Resultat i diagramform.....	13
Loggade vinddata	16
Kommentarer angående avsättningens fördelning	16
DISKUSSION.....	18
Körtid.....	18
Duschkvalitet och avsättningsarea.....	18
Luft rörelser och vindhastighet.....	19
Felkällor	19
Avsättningsstudiens betydelse i ett vidare perspektiv	21
Behov av framtida undersökningar.....	21
SAMMANFATTNING	21
LITTERATURFÖRTECKNING.....	23

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the amount of external spray residues that accumulate on farm sprayers and tractors. Six different sprayers were examined, Airtec, conventional sprayer (three types of nozzles, TeeJet XR, Lurmark DriftBeta and Hardi Injet), Danfoil, Hardi Twin, Kyndestoft and Släpduk. The study does not include accidental spillage from supply tanks or leakage from pipes etc. that may occur in everyday practise.

A tracer dye, Nigrosin WLF, was added to the spray liquid. After spraying the sprayer and tractor were washed over a catchment pool containing a fixed volume of water. A small centrifugal pump was used to re-circulate the water. The concentrations of Nigrosin in the rinse water and in the spray liquid were determined by using a spectrophotometer. By comparing these concentrations, the amount of Nigrosin immobilised on the tractor and sprayer was determined. The sprayer was divided into two areas that were rinsed separately, *the booms* and *the tank* (every part of the sprayer except for the booms). The tractor was also divided into two areas, *the front* (radiator, bonnet and engine) and *the back* (the rest). All wheels were excluded.

An average of between 0,01% - 0,60% of the sprayed tracer dye (active substance) was found on the tractor and sprayer after spraying had been carried out. The largest accumulation, 50 - 98% of the accumulated deposition, was observed on the booms.

The largest deposition was observed on the air-assisted sprayers, Kyndestoft (0,60% of the sprayed amount) and Hardi Twin (0,46%). Släpduk received the third largest deposition (0,36%). 0,06% of the sprayed tracer dye was observed on Danfoil and Airtec. The deposition on the conventional sprayer with TeeJet XR nozzles was 0,04% and on the same sprayer with Lurmark DriftBeta 0,02%. Hardi Injet nozzles mounted on the conventional sprayer gave a deposition of 0,01%.

Residues on contaminated sprayers can be released by rain and may cause local doses that significantly exceed approved amounts. To avoid contamination of surface and ground waters, it is wise to practise decontamination not on the farmyard where the topsoil often has been replaced by gravel, but on the field. Parking and filling can be done on a biobed, i.e. a construction that keeps the spill from going further down in the soil profile, to the ground water. In the biobed, herbicides and pesticides are contained and quickly decomposed.

INLEDNING

Bekämpningsmedel som avsätts på lantbruksspruta och traktor vid bekämpning av ogräs, svamp och skadeinsekter innebär flera problem. Det avsatta bekämpningsmedlet utgör en olägenhet för sprutföraren som riskerar att komma i kontakt med skadliga ämnen vid rengöring och underhåll av sprutekipaget. Sprutvätskan är i regel ofärgad, vilket gör det svårt för den enskilde lantbrukaren att avgöra hur mycket som avsätts på ekipaget och var på ekipaget huvudsaklig avsättning sker. Vetskap om detta ökar möjligheten för sprutföraren att undvika kontakt med bekämpningsmedlen samt ger en anvisning om var på sprutekipaget rengöring bör utföras extra noggrant och försiktigt. Rester av bekämpningsmedel kan också förorena yt- och grundvatten.

För att avgöra hur mycket bekämpningsmedelsrester som vid regn riskerar att hamna i yt- eller grundvattnet om ett sprutekipage parkerats på olämplig plats och för att kartlägga de risker sprutföraren utsätts för krävs att avsättningsmönstret på sprutekipagets utsida undersöks. Ambitionen i denna undersökning har varit att utreda detta för sex traktorburna lantbrukssprutor och två munstyckstyper. Fältförsöken begränsades till undersökning av avsättning på utsidan av sprutorna och traktorn vid besprutningsarbete under normala förhållanden. Stänk, spill och skumning som kan förekomma vid praktisk körning beaktades inte. Rester av sprutvätska som uppstår vid invändig rengöring av sprutor inkluderades inte heller i studien.

LITTERATURÖVERSIKT OCH TIDIGARE STUDIER INOM OMRÅDET

Hantering av bekämpningsmedelsrester

Att man funnit rester av kemiska bekämpningsmedel i yt- och grundvatten beror sällan på användningen ute på fälten. Bekämpningsmedelsanvändningen i svenskt jordbruk ger inte upphov till påtaglig miljöförorening så länge dosering och applicering utförs enligt angivna råd och regler med bra teknik. Däremot utgör slarvig hantering av medlen vid fyllning en risk liksom oavsiktlig tvättning av sprutekipaget orsakad av regn eller vattenspill. Andra orsaker till läckage kan vara droppar från preparatbehållare, droppande munstycken, otäta kopplingar o s v. (Asplund & Torstensson, 1997)

Om ett ämne ej hålls kvar i marken och bryts ned finns risken att det tränger ned till grundvattnet och förorenar detta. En gårdsplan där matjorden ersatts med grus är ett exempel på en plats där spill av bekämpningsmedel riskerar att transporteras ned till grundvattnet. EU:s gräns för förekomst av enskilt bekämpningsmedel i vatten är 0,1 µg/l vatten. Detta innebär att om man spiller 1 g aktiv substans på en plats där det inte hålls kvar och bryts ned i profilen måste det spädas med 10 000 m³ vatten för att koncentrationen ska komma ner till detta värde. Om man tänker sig att det spillda preparatet täcker 1 dm² motsvarar det en hektargiva på 1 ton. (Torstensson, 1995)

För att hindra spill att tränga ned till grundvattnet kan man anlägga en biobädd. I den bryts bekämpningsmedel ned av svampar och bakterier. En halvmeter djup grop tätas med lera i botten och fylls med halm, torv och matjord. Halmen stimulerar de mikroorganismer som bryter ned bekämpningsmedlen, torven binder vatten och matjorden innehåller den ursprungliga mängden mikroorganismer. Rester av bekämpningsmedel i biobäddar har visat sig vara mycket låga redan innan nästa sprutsäsong börjar. (Asplund & Torstensson, 1997)

Genom att studera gräsbevuxna biobäddar kan man konstatera var den största koncentrationen av bekämpningsmedel hamnar. Störst skador på grästäckets har funnits mitt under spruttanken. Dessa skador har troligen uppstått som en följd av vattenspill vid påfyllning av sprutan samt i samband med regn som sköljt av spruttanken. Även på den sida där påfyllning skett och under den hopfällda bommen har gräset varit skadat. (Torstensson, 1995)

Avsättningsstudier

Avsättningsstudier kan utföras på ett flertal sätt. Man kan t ex låta en vätska som innehåller något slags spårämne avsättas på objektet, skölja av detta med en bestämd mängd vatten och därefter bestämma koncentrationen av spårämne i sköljvattnet. Spårämnet kan vara exempelvis färgpigment eller ett fluorescerande ämne. Koncentrationsbestämningen sker då med spektrofotometer respektive fluorimeter. Nackdelar med att använda flouriserande ämnen är att de bryts ned av solljus, vilket gör att tidsintervallet mellan fältförsök och analys måste minimeras. Detta kan innebära att värdefull tid i fält måste offras för analys. (Wretblad, 1997)

Ett annat sätt att bestämma mängden avsatt ämne på ett objekt är att använda sig av bildanalys. Man låter då antingen vatten innehållande färgpigment avsättas på något fångstobjekt eller vatten avsätta sig på vattenkänsligt papper som ändrar färg då det träffas av vattendropparna. (Wretblad, 1997)

Litteraturstudien visar att inga mätningar av bekämpningsmedelsrester på sprutekipage hade utförts fram till 1998. Däremot har man undersökt restmängder på sprutförare. Exempelvis har Maibach (1971) kommit fram till att relativa upptagsförmågan för kroppsdelar som exponeras för ämnet parathion varierar enligt tabell 1.

Tabell 1. Relativt upptag av parathion enligt Maibach (1971)

Kroppsdel	Upptag
pung	11,8
armhåla	7,4
panna	4,2
buk	2,1
handflata	1,3
underarm	1,0

Cooper och Taylor (1998) har utfört försök med två lantbrukssprutor, en buren Hardi Master (800 l huvudtank, 12 m bom) och en bogserad Hardi Commander (2500 l huvudtank, 24 m bom). Avsikten med undersökningarna var att utröna hur avsättningen på sprutornas exteriör beror av vindhastighet och duschkvalitet och hur effektiva sprutornas egna rengöringsutrustningar (spoltank med en kapacitet av ungefär 10 % av huvudtanken) är. Vidare undersöktes hur avsättning ökar med körtid.

Den totala mängden möjlig avsättning bestämdes genom att alla ytor vättes med vatten innehållande ett fluorescerande ämne. Genom att sedan bestämma koncentrationen av ämnet i sköljvattnet kom Cooper och Taylor fram till att den bogserade sprutan maximalt kunde kontamineras med 2,16 l sprutvätska och den burna med 1,44 l.

Genom att använda sprutans rengöringsutrustning på den burna sprutan, Hardi Master, avlägsnades på 3 min 82% av den uppskattade ursprungliga mängden avsatt vätska.

Man fann att avsättningen i försöken med Hardi Master var upp till fyra gånger så stor då mycket fin duschkvalitet användes, jämfört med mediumkvalitet, i vindhastighetsspektrat 1,6 till 2,5 m/s. Under vindstilla förhållanden var skillnaden mellan de två duschkvaliteterna betydligt mindre.

Vid undersökning av avsättningens beroende av körtiden jämfördes avsättningen vid två olika körtider, 400 s och 800 s. Man fann att den totala mängden sprutvätska på den burna sprutan näst intill dubblerades vid dubblerad körtid. (Tabell 2)

Tabell 2. Körtidens betydelse för avsättning av vätska på bom och övriga delar av lantbrukssprutan Hardi Master (Cooper och Taylor 1998)

Körtid (s)	Restmängd, bom (ml)	Restmängd, övr delar (ml)	Tot
400	162	158	320
800	184	350	534

1998 utförde Niclas Engström (Inst för lantbruksteknik, SLU Ultuna) försök i Belgien. Försöken låg inom ramen för projektet Hantering av bekämpningsmedel på gårdsnivå. Avsättningsstudier gjordes på fyra sprutor, Hardi Twin, 15 m, Delvano 730, 15 m, Hardi konventionell, 12m, och en bogserad BAB fläktspruta. Alla utom Hardi konventionell testades inomhus. Ett klart samband mellan avsättningen och körtiden fastslogs inom tidsintervallet 5 till 20 minuter (tabell 3). Studierna utfördes med det flouoscerande ämnet Flourosin.

Tabell 3. Avsättningsmängdens beroende av körtiden vid försök med Hardi Twin (Niclas Engström, 1998)

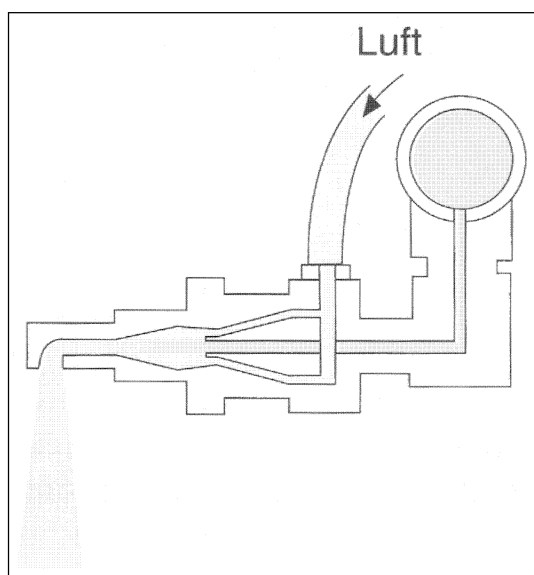
Körtid (s)	Restmängd, traktor och spruta (ml)
300	200
1200	500

I försöken kom man fram till att den största avsättningen på ekipaget sker på sprutbommen, 84 % av totalt avsatt sprutvätska för Hardi Twin och 80 % för Delavano. Avsättningen på traktorn var jämförelsevis låg jämfört med avsättningen på sprutorna i alla försök. Proverna visade att avsättningen på traktorns främre del (front, motorhuv och motor) var något högre än på bakre delen av traktorn (hytt och bakparti). En trolig förklaring ansågs vara luftrörelserna runt kylaren.

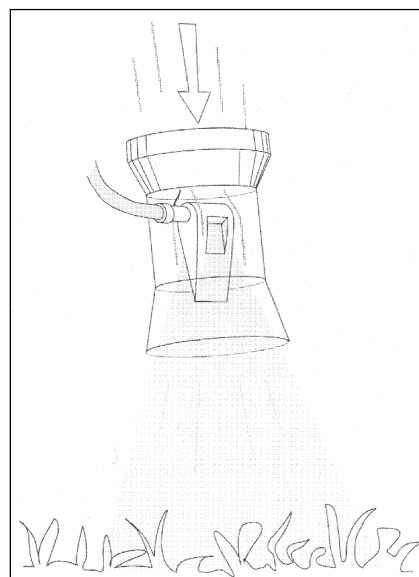
Inga skillnader noterades mellan den totala mängden avsatt sprutvätska för luftassisterad teknik och konventionell teknik. Inte heller traktorns storlek verkade spela in. Den totala avsättningen på fläktsprutan var upp till åtta gånger så stor som för de andra sprutorna i försöket.

Datorsimuleringar har visat att uppåtriktade luftströmmar bildas framför bommen på luftassisterade spruttekniker. Luftströmmarna kan innebära att en del av sprutduschens små droppar dras upp framför och sedan över bommen. Detta gäller om munstyckena sitter framför luftflödet från luftassistansen. Dropparna påverkas mer ju längre fram munstyckena sitter i förhållandet till detta luftflöde. (Parkin et al, 1993)

blåses in i munstyckena där sprutvätska rinner nerför en centralt placerad vingliknande konstruktion. Luftströmmen sliter med sig sprutvätskan varvid droppbildning sker. Duschkvaliteten styrs av lufttrycket. De 75 munstyckena är placerade med 16 cm avstånd på bommen (Hagenvall och Nilsson, 1997) (Figur 2)



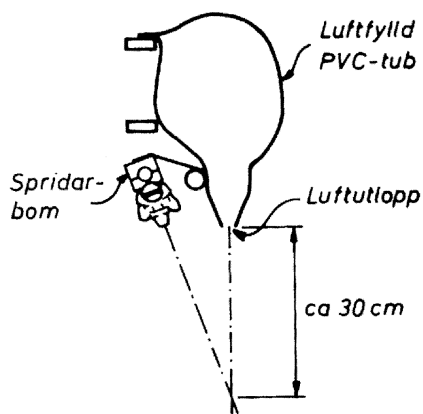
Figur 1. Airtecs spegelspridare Restriktor



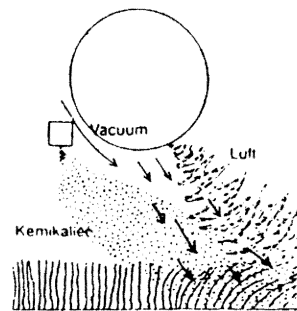
Figur 2. Munstycke från Danfoil
(I munstycken av senare modell har vingen vridits 90 grader)

Hardi Twin är en luftassisterad teknik. Den är utrustad med en bälg som matas med luft från en fläkt. Avsikten är att den luft som strömmar ut ur öppningar i bälgens underkant ska ge sprutduschens droppar extra nedåtriktad rörelseenergi och på så sätt göra att sprutduschen påverkas mindre av omgivande vindförhållanden. De 24 spaltmunstyckena är monterade med 50 cm mellanrum på en spridarbom, vilken kan ställas in under körning så att sprutduschens och luftströmmens riktning anpassas till rådande vindriktning, körhastighet, bestånd o s v. (Figur 3)

Kydestoft lufttillsats är en fläkt med luftbälg som monteras på sprutor av konventionell typ. Den är avsedd att skapa ett undertryck, bakom sprutduschen, som suger ner dropparna mot marken och gör dem mindre känsliga för vindpåverkan. Fläkten matar bälgan med luft som strömmar ut genom hål i tubens underkant. Luftströmmens riktning och flöde kan anpassas till rådande vindriktning, körhastighet, bestånd o s v. I detta försök monterades lufttillsatsen på en spruta av fabrikat *Hardi* med 24 st spaltspridare på 50 cm avstånd. (Figur 4)



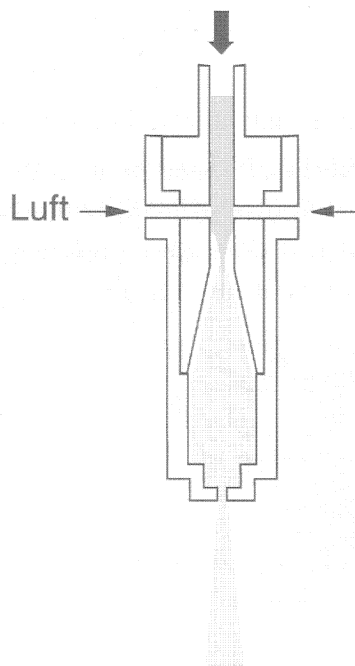
Figur 3. Med HardiTwins system ökas vätskedropparnas rörelseenergi nedåt med hjälp av ett nedåtriktat luftflöde.



Figur 4. Kyndestofts konstruktion skapar ett undertryck som suger ned vätskedropparna i beståndet.

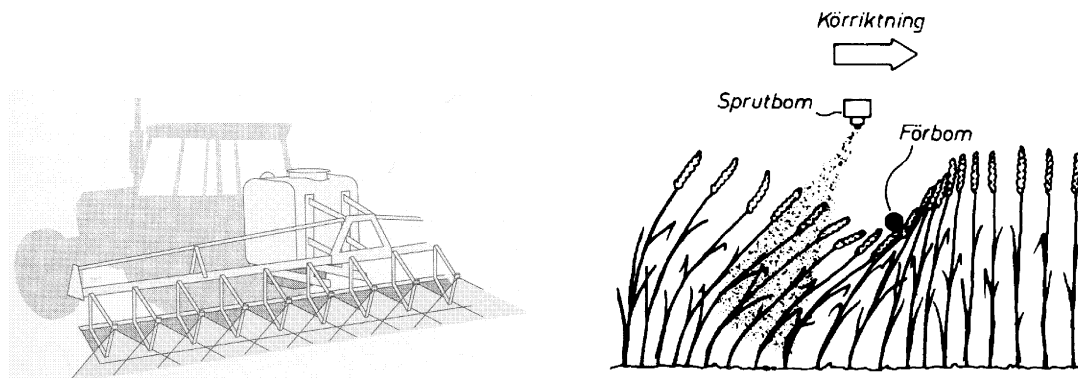
Konventionell teknik (TeeJet XR) är den, i konstruktion, enklaste tekniken. Vätska sprutas med tryck genom spaltmunstycken som finfördelar vätskan till en vätskefilm som sedan faller sönder till små droppar. Ju mindre munstycksöppning och ju högre vätsketryck, desto finare sprutdusch (Hagenvall och Nilsson, 1997). De 24 munstyckena sitter monterade med 50 cm mellanrum på en enkel bom.

Injektormunstyckena, *Hardi Injet* och *Lurmark DriftBeta* arbetar efter principen om injektorverkan. De suger in luft i munstyckena där sprutvätska och luft blandas. En del droppar kommer att bli delvis luftfyllda och andelen små droppar kommer att minska. Detta leder till minskad vindavdrift. Teorin är att de luftfyllda dropparna avsätts lättare än droppar som endast innehåller sprutvätska. (Hagenvall och Nilsson, 1997) (Figur 5)



Figur 5. I Hardis Injet-munstycke suges luft in som blandas med sprutvätska.

Släpduk är en slags förbom på vilken 36 st spaltmunstycken är monterade med 33 cm mellanrum. Den öppnar upp beståndet vilket medför att den kan köras med lägre bomhöjd, än exempelvis konventionell teknik, med samma resultat. Den lägre bomhöjden innebär en mindre vindavdrift. I uppvuxen gröda begränsas vindavdriften även genom att sprutduschen skyddas mot vindpåverkan av omgivande gröda. (Figur 6 a) och b))



Figur 6 a) Släpduk

b) Förbommens verkningsätt

Försöksutförande

Sprutningen utfördes vid en hastighet av 8 km/h och en total volym vätska av 240 l sprutades ut med varje teknik. Den vätskemängd som sprutades ut per hektar var den av respektive fabrikat/teknik rekommenderade mängden för ogräsbekämpning, likaså bomhöjden. Eftersom den rekommenderade vätskemängden för olika tekniker inte alltid är densamma varierar spruttiden mellan de olika teknikerna (tabell 4).

Som utgångspunkt för beräkning av körtider för respektive teknik användes den totala mängd vätska som motsvaras av 10 min sprutning med konventionell teknik vid en vätskemängd på 150 l/ha, en hastighet av 8 km/h och 12 m arbetsbredd.

Den yta som besprutas på 10 min vid körning vid 8 km/h och med 12 m bombredd är:

$$Yta = \frac{10}{60} h * 8 * 1000m / h * 12m = 16000m^2 = 1,6ha$$

Vilket vid vätskemängden 150 l/ha ger den totala mängden vätska:

$$Vätskemängd_{tot} = 150l / ha * 1,6ha = 240l$$

Den körtid som krävs för att sprida en total vätskemängd av 240 l med, exempelvis släpduken, som har en rekommenderad vätskemängd på 75 l/ha, blir då:

$$Körtid_{släpduk} = \frac{150l / ha}{75l / ha} * 10 \text{ min} = 20 \text{ min}$$

Tabell 4. Inställningar och körtider för de olika teknikerna

Teknik:	Rekommenderad vätskemängd (l/ha)	Munstyckstyp och beteckning	Bomhöjd (cm)	Körtid (min)	Vätske-tryck (bar)	Dusch-kvalitet	Luft tryck	Luftrikning
Airtec	75	Restriktor 35	70	20	2,4	fin	1,4 bar	-
Danfoil	50	Danfoils egna	70	30	-	-	10 cm v p	-
Hardi Twin	75	TeeJet XR 110015	50	20	2,2	fin	70%	bakåt
Kyndestoft (mont på konv Hardi)	75	TeeJet XR 110015	50	20	2,2	fin	ngt mjuk bälg	70% bakåt
Moteska (konv)	150	TeeJet XR 11003	50	10	2,2	medium	-	-
Moteska (injektorspridare)	200	Hardi S Injet 025	50	7,5	5,4	grov	-	-
Moteska (injektorspridare)	200	Lurmark DriftBeta 03F120	50	7,5	3,7	grov	-	-
Släpduk (mont på Moteska)	75	TeeJet XR 11001	25	20	2,1	fin	-	-

För varje teknik upprepades körningen tre gånger och för att förhindra ojämn fördelning av avsättningen orsakad av vindförhållanden utfördes testkörningarna på kvadratisk eller L-formad testbana. På så sätt exponeras sprutekipaget av eventuell rådande vind från fyra riktningar. En sträcka av 83 meter besprutades varpå ekipaget ändrade riktning. Själva vändningen gjordes med sprutan avslagen och i så vid bäge att bommens yttersta del aldrig färdades bakåt. Utformningen av testbanan gav tio minuters spruttid på fyra varv, tjugo minuters spruttid på åtta varv o s v. Vindhastigheter under 3,0 m/s eftersträvades.

Vid körning med Släpduk tillsågs att duken ej kom i kontakt med tidigare utsprutad vätska. Detta genom att körspåren för varje nytt påbörjat varv förlades utanför det tidigare varvets körspår i testkvadraten.

Sköljning av traktor och spruta

Sprutekipaget delades upp i fyra sköljområden, bom, tank, traktor fram och traktor bak. Hjulen exkluderades då dessa kommer i kontakt med tidigare utsprutat vätska vid körning och därför samlar på sig en felvisande mängd färgpigment.

Bom avser strikt bom och ej de konstruktioner som bär upp denna. I fallen med luftassistans räknas även fläkt och luftbälg in i detta område.

Tank avser sprutans tank, armatur, eventuell stege och den konstruktion som bär upp bommen.

Traktor fram avser traktorns alla delar framför hytten, inklusive frontlastare.

Traktor bak avser de delar som inte ingår i *traktor fram* d v s hela hytten, bakskärmar, bärarmar o s v.

Efter körning backades sprutan över en bassäng och sprutans sköljområden sköljdes vart och ett för sig, med en bestämd mängd vatten som cirkulerades med en dränkbar centrifugalpump. Vid sköljning av traktorn byggdes en provisorisk bassäng upp för varje tillfälle. Varje område gav ett sköljvattenprov vilket tillsammans med det referensprov, som togs ur spruttanken för varje körning, senare analyserades med spektrofotometer. Sköljvattenmängd för bom och tank var fyrtio liter och trettio liter för de två sköljområdena på traktorn. Före varje testkörning tvättades spruta och traktor noggrant med vatten för att avlägsna eventuellt färgpigment från tidigare körningar. Efter tvätt tilläts ekipaget torka fullständigt.

Registrering och dokumentation

Under testkörningarna noterades temperatur och luftfuktighet och vindhastigheten loggades.

Visuell besiktning av ekipagen har skett efter varje körning. För att möjliggöra så objektiva jämförelser mellan olika testkörningar som möjligt har även fotodokumentation utförts.

Analys

Sprutvätskan färgades svart med det vattenlösliga färgpigmentet Nigrosin WLF (Bayer). Alltför höga koncentrationer av det svarta färgpigmentet innebär att värdet för vätskans absorbans hamnar utanför spektrofotometerns (Ultrospec III) mätområde och måste spädas. En koncentration av ca 15 g Nigrosin per liter sprutvätska visade sig vara lämplig för att spektrofotometeranalysen skulle kunna ske med så få spädningar som möjligt.

För att utreda hur stor del av den utsprutade mängden Nigrosin (jfr aktiv substans) som avsatts på ekipagets olika delar analyserades proverna i en spektrofotometer. Analysen gav ett värde på provernas förmåga att absorbera ljus. Sambandet mellan koncentrationen av färgpigment i vätskan och ljusabsorbansen är linjärt för Nigrosin WLF (Wretblad, 1997). Koncentrationen, C [g/l], kan sägas vara en konstant, K , multiplicerad med ljusabsorbansen, ABS :

$$C = K \cdot ABS$$

Den totala mängden utsprutat färgpigment (aktiv substans), M_{tot} [g], är:

$$M_{tot} = C_{ref} \cdot V_{tot} = K \cdot ABS_{ref} \cdot V_{tot}$$

där C_{ref} står för koncentrationen av färgpigment i referensprovet, taget direkt ur tanken, V_{tot} [l] för den utsprutade volymen och ABS_{ref} för absorbansen i referensprovet.

Den avsatta mängden färgpigment på ekipagets delar blir analogt:

$$M_{avs} = C_{skölj} \cdot V_{skölj} = K \cdot ABS_{skölj} \cdot V_{skölj}$$

där $C_{skölj}$ står för koncentrationen av färgpigment i sköljprovet, $V_{skölj}$ för volymen sköljvatten och $ABS_{skölj}$ för absorbanen i sköljvattnet.

För att uttrycka avsättningen av färgpigment på en del av ekipaget som procentandel av total utsprutad mängd färgpigment divideras den avsatta mängden på den delen av ekipaget med den totala mängden utsprutad färgpigment:

$$\%AVS = \frac{M_{avs}}{M_{tot}} \cdot 100 = \frac{K \cdot ABS_{skölj} \cdot V_{skölj}}{K \cdot ABS_{ref} \cdot V_{tot}} \cdot 100 = \frac{ABS_{skölj} \cdot V_{skölj}}{ABS_{ref} \cdot V_{tot}} \cdot 100,$$

Vi ser att proportionalitetskonstanten, K, kan förkortas bort i uttrycket ovan varför den ej behöver fastställas.

Analystekniskt kan det vara nödvändigt att späda proverna för att inte hamna utanför spektrofotometerens mätområde. Detta gäller främst referensproverna, men även sköljprov med höga koncentrationer. Vi får en slutlig ekvation för procentuell avsättning:

$$\%AVS = \frac{ABS_{skölj} \cdot V_{skölj} \cdot S_{skölj}}{ABS_{ref} \cdot V_{tot} \cdot S_{ref}} \cdot 100,$$

där $S_{skölj}$ och S_{ref} är spädningsförhållandet för sköljvätskan respektive referensprovet.

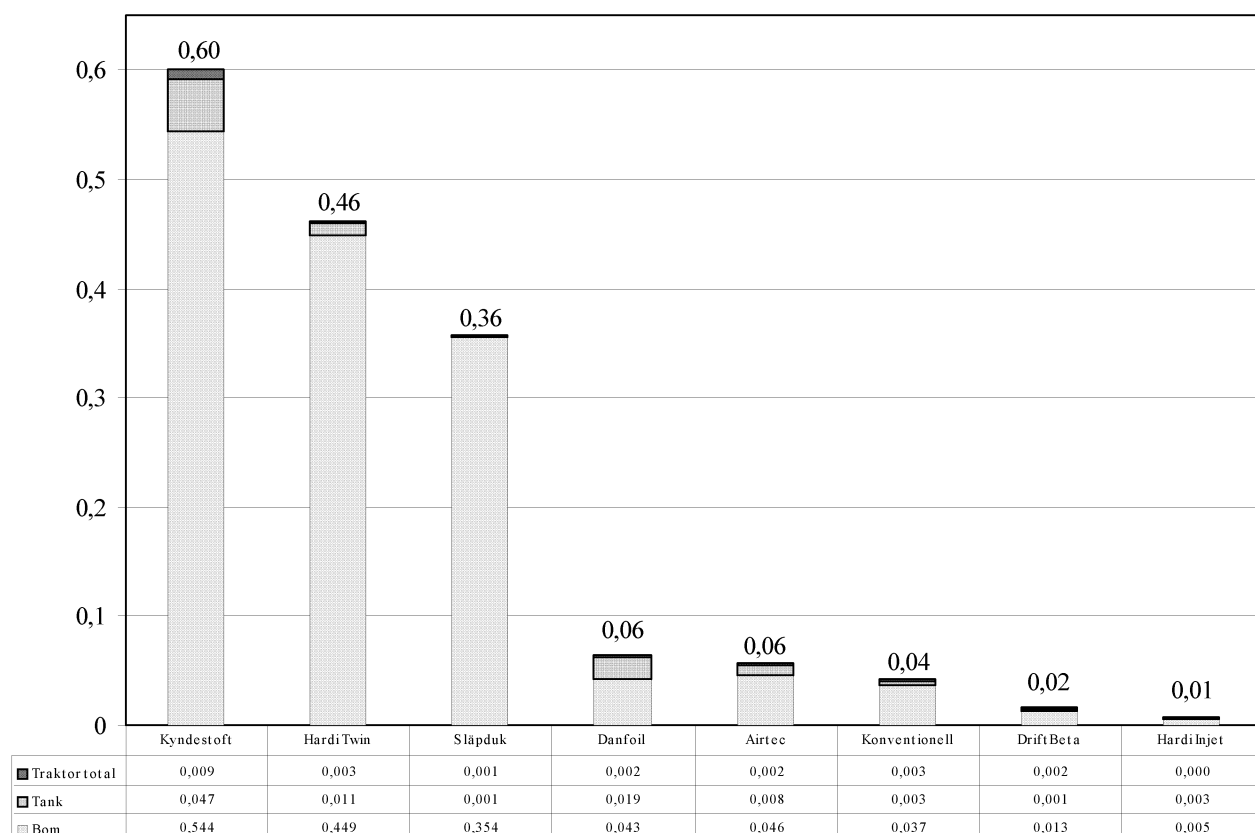
För varje teknik erhöles avsättningsvärden för alla sköljoråden, från tre upprepade körningar. Aritmetiska medelvärden för dessa tre upprepningar beräknades för respektive sköljoråde. Tre upprepningar får anses vara för få för statistisk prövning av datan, varför endast max- och minvärden för avsättning har angivits i resultatdelen.

RESULTAT

Resultat i diagramform

Nedan presenteras medelvärden på procentuella avsättningen för de olika teknikernas tre körningar. Figur 7 visar summan av avsättningen för de fyra sköljområdena, *bom*, *tank*, *traktor bak* och *traktor fram*. (För definition av sköljområdena se Material och metoder, Sköljning av traktor och spruta.) Som mest har ca 0,60 % av färgpigmentet i den utsprutade vätskan avsatts på ekipaget och som minst ca 0,01 %. Mellan 50 - 98% av den totala avsättningen på ekipaget har avsatts på bommen.

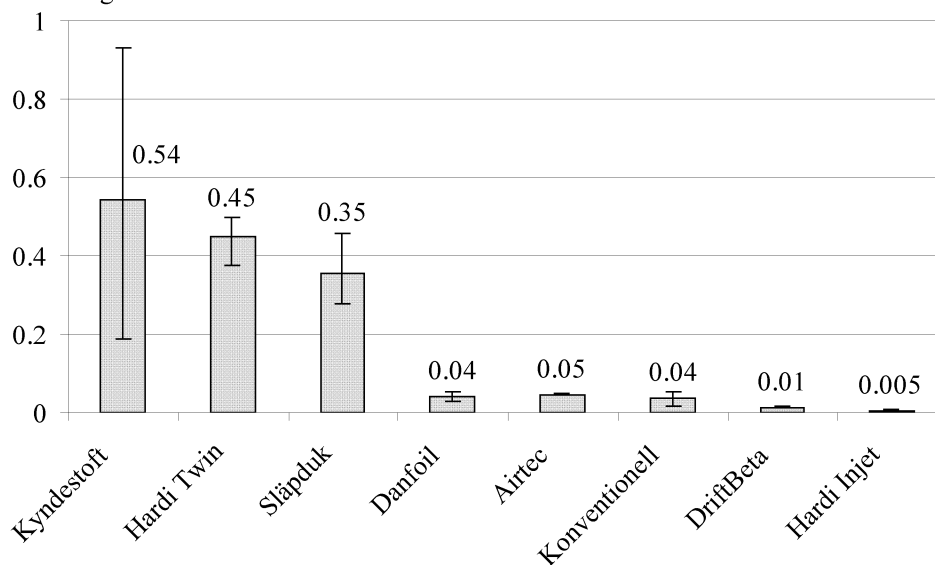
Procentuell avsättning
av utsprutad mängd



Figur 7. Procentuell medelavsättning för hela ekipaget. Figuren visar att bommen är den del av ekipaget där störst avsättning av sprutvätska sker. Avsättningen på resterande delar av ekipaget är jämförelsevis så liten att de knappt går att utläsa ur diagrammet men har tagits med för att ge en uppfattning om de olika sköljområdenas bidrag till den totala avsättningen. I tabellen under diagrammet anges procentuella avsättningskvoter för hela traktorn och sköljområdena *tank* och *bom*.

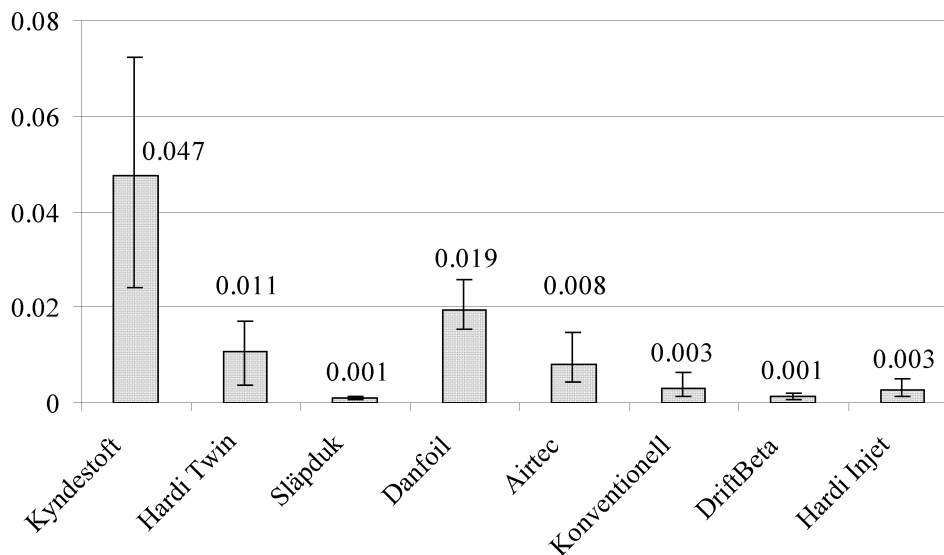
I figur 8 – 11 visas de olika sköljmrådenas procentuella medelavsättning separat.

Procentuell
avsättning av
utsprutad mängd



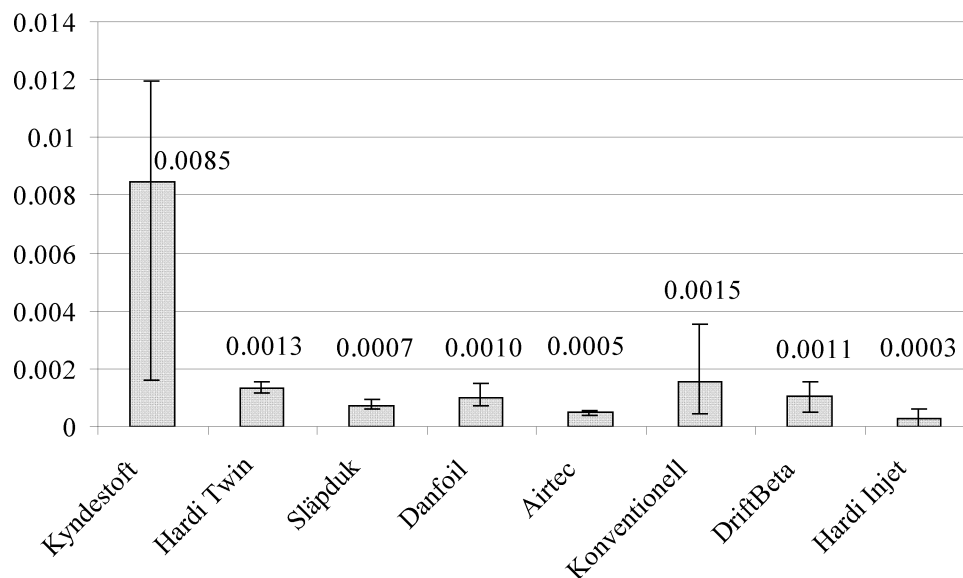
Figur 8. Procentuell medelavsättning för sköljmrådet *bom*. Observerad max- och minavsättning visas med felstaplar.

Procentuell
avsättning av
utsprutad mängd



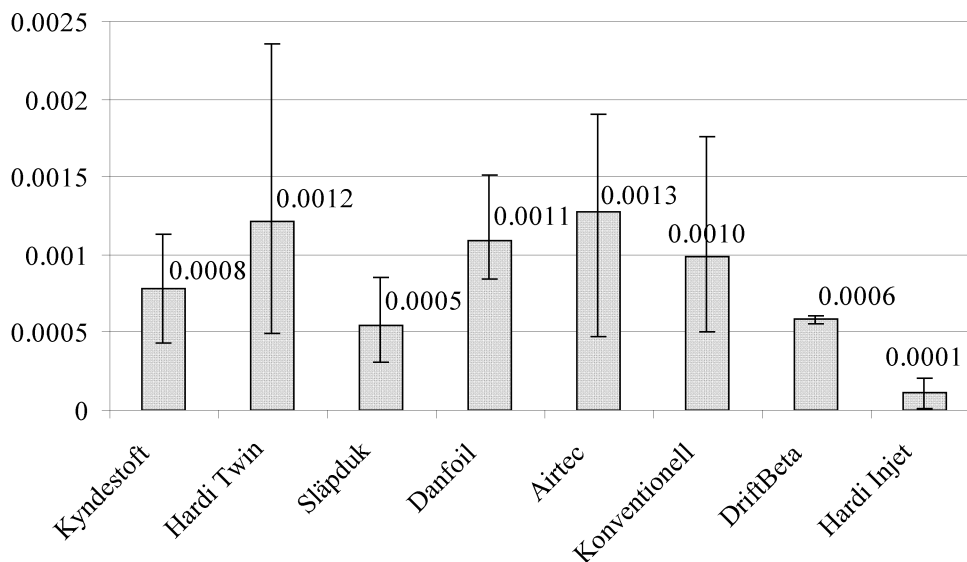
Figur 9. Procentuell medelavsättning för sköljmrådet *tank*. Observerad max- och minavsättning visas med felstaplar.

Procentuell
avsättning av
utsprutad mängd



Figur 10. Procentuell medelavsättning för sköljområdet *traktor bak*. Observerad max- och minavsättning visas med felstaplar.

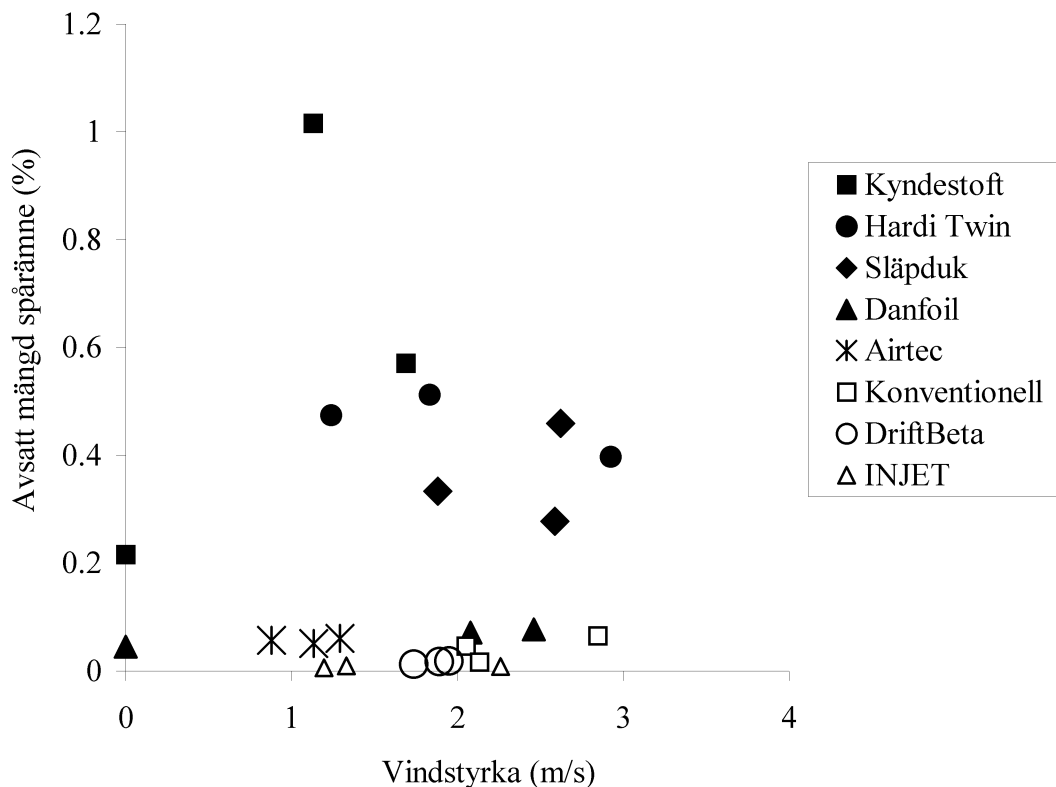
Procentuell
avsättning av
utsprutad mängd



Figur 11. Procentuell medelavsättning för *traktor fram*. Observerad max- och minavsättning visas med felstaplar.

Loggade vinddata

Resultaten i avsättningsanalysen har satts mot medelvindhastigheten för att kontrollera vindhastighetens inverkan på avsättningen av sprutvätska på ekipaget. (Figur 12)



Figur 12. Procentuell medelavsättning som funktion av vindstyrka. Ej fyllda symboler visar värden för Moteska körd med tre olika munstyckstyper, TeeJet XR (konventionell) och Hardi Injet och Lurmark DriftBeta (injektormunstycken).

Kommentarer angående avsättningens fördelning

Vid sköljning har en visuell undersökning och fotografering gjorts för att fastslå avsättningens fördelning inom de olika sköljområdena (bom, tank, traktor fram och traktor bak). Vetskap om områden där avsättningen varit särskilt hög kan vara av vikt exempelvis vid rengöring då dessa bör ägnas särskild noggrannhet och försiktighet.

På traktorn har avsättningen av färgpigment varit förhållandevis låg. Detta har inneburit svårigheter att se huruvida den varierat inom ett sköljområde för olika tekniker.

Vid körningar med *Airtec* konstaterades att avsättningen på bommen var relativt liten, jämn och koncentrerad till främre delen av det metallrör som utgör den bärande delen av bommen. De övriga två rören på bomkonstruktionen hade även de belagts med en relativt liten och jämn avsättning.

Vid tester med Danfoil erhöles en avsättning på bommen som var jämnt fördelad över bommens delar. Avsaknaden av droppskydd med tillfredsställande funktion gav ett visst färgtillskott till bom-provet. Bomavsättningen var förhållandevis låg, medan avsättningen på sprutan var förhållandevis hög.

På *Hardi Twin* återfanns relativt stora mängder färgpigment på hela bälgen och detaljer ovan denna. Text var avsättningen på den vinkel som används för upphängning av bommen vid hopfällt läge (placerad på yttre bomsegmentet), näst intill mättad. De D-formade plattjärn som sitter ytterst på bommen var starkt svartfärgade. På dessa var de sidor som vätter framåt mättade med färg. Att fläktbladen på den fläkt som matar luftbälgen också var kraftigt färgade borde betyda att även bälgens insida färgats. Detta har inte undersökts.

Kyndestoft lufttillsats monterad på en *Hardi* spruta av konventionell typ gav mycket stor färgavsättning på bom, bälg och spruta. Bommen var bitvis mättad liksom delar av fläkten. Avsättningen var koncentrerad till främre delen av bälgen, men även ovan- och baksidan färgades. Försöken visar att variationen mellan körningarna var betydande (se Diskussion, Felkällor). Bälgens stora yta och den stora medelavsättningen medför att *Kyndestoft* får en hög avsättningskvot. Nämnas bör att *Kyndestoft* lufttillsats var monterad på en förhållandevis gammal spruta med glapp i bomlederna, vilket leder till större bomrörelser än normalt och det i sin tur kan ha givit förhöjd avsättning på bommen.

Konventionell teknik (*TeeJet XR*) gav en avsättning på bommen som var relativt jämnt fördelad över bommens alla delar men med en markant ökning på de delar som befinner sig direkt bakom och i samma höjd som munstyckena. Avsättningsmättnad uppstod på dessa delar, ett par decimeter, bakom varje munstycke.

Släpduken fick förhållandevis höga värden på avsättningskvoten för bommen och låga värden för avsättning på sprutan. Den visuella undersökningen visar att den största delen av det färgpigment som återfanns i bom-provet härstammade från avsättning på själva duken. Där uppstod avsättningsmättnad på stor del av ytan. Mycket liten del av färgpigmentet i detta prov kom från resterande delar av bommen.

Injektormunstycket, *Hardi Injet* gav mycket liten avsättning på hela ekipaget. Medelavsättningen på bommen var den minsta i försöket och koncentrerades till de delar som befinner sig direkt bakom och i samma höjd som munstyckena.

Även injektormunstycket *Lurmark DriftBeta* gav en mycket liten avsättning på hela ekipaget. Avsättningsmönstret var lika som för *Hardi Injet* ovan.

DISKUSSION

Körtid

Vissa undersökningar har gjorts som visar att mängden avsatt bekämpningsmedel på sprutekipaget ökar med körtiden, men ingen exakt korrelation har visats. Troligtvis minskar avsättningen per tidsenhet efter en tids körning beroende på att delar av ytorna, på vilka avsättningen sker, täcks helt av sprutvätska. Den vätska som tillförs efter att ytorna mättats rinner av och bidrar ej till den mätbara avsättningen på ekipaget (Cooper och Taylor 1998).

Mättnad uppnås snabbare på sprutans bom än på övriga delar av ekipaget. Något som styrker denna teori är de avsättningsförsök som Cooper och Taylor gjorde 1998. De visade då att den totala avsättningen på bommen (på en Hardi Master) endast ökade från 162 ml till 184 ml vid en fördubbling av exponeringstiden, från 400 till 800 sekunder, medan avsättningen på resten av sprutan fördubblades, från 158 ml till 350 ml. På traktorn är det tveksamt om avsättningsmättnad nånsin uppstår.

Med ovanstående resonemang torde slutsatsen kunna dras att avsättningskvoten för ett ekipage minskar något efter en tids körning. Ytterligare undersökningar krävs för att förhållandet med säkerhet ska kunna fastställas. Att kvoten minskar efter en tid innebär inte att mängden avsatt sprutvätska minskar, utan att ökningen av avsatt mängd sker långsammare.

Körtidens ej helt klarlagda inverkan på avsättningen gör det svårt att exakt fastställa hur mycket av den utsprutade mängden aktiv substans som avsätts på ekipaget. Om man antar att sambandet mellan körtid och avsättning är linjär kan man använda avsättningskvoter för att få ett värde på hur många procent av den utsprutade mängden aktiv substans som maximalt fastnar på ekipaget.

Anledningen till att det bestämdes att den totala utsprutade mängden skulle vara konstant mellan olika tekniker i denna studie och inte körtiderna, var att man ville att avsättningen skulle uppnå detekterbara mängder på de tekniker som arbetar med relativt låg rekommenderad vätskemängd per hektar (ex Danfoil). Samtidigt ville man undvika att nå avsättningsmättnad på de sprutor vilka arbetar med höga rekommenderade vätskemängder (ex konventionell teknik). Detekterbara mängder erhöles i samtliga körningar. Avsättningsmättnad uppstod på delar av följande tekniker: Släpduk, Hardi Twin och Kyndestoft.

Duschkvalitet och avsättningsarea

En avgörande faktor för avsättningens storlek är duschkvaliteten. Höga vätskemängder innebär större munstycken och en grövre duschkvalitet än för de tekniker som körs med lägre vätskemängd per hektar. Dropparna i en grövre dusch är mindre benägna att hänga kvar i luften eller dras med i eventuell turbulens, vilket gör att de snabbare faller till marken utan att riskera att avsättas på ekipaget. Generellt kan slutsatsen dras att ju grövre duschkvalitet som används desto mindre blir risken för avsättning på ekipaget.

Slutsatsen stämmer väl överrens med Cooper och Taylors (1998) slutsatser om duschkvalitetens betydelse för avsättning. De fann att avsättningen i försöken med en Hardi Master var upp till fyra gånger så stor då mycket fin duschkvalitet användes, jämfört med mediumkvalitet, i vindhastighetsspektrat 1,6 till 2,5 m/s.

Resultaten av det här försöket visar att den area på vilken avsättning kan ske är av stor betydelse för total mängd avsatt sprutvätska. Eftersom den avsevärt största avsättningen sker på bommen är det denna area som är avgörande.

En kombination av stor bomarea och fin sprutdusch har givit Kyndestoft, Hardi Twin och Släpduk högre medelavsättning än t ex konventionell teknik, Hardi Injet och Lurmark DriftBeta som alla kördes med grovre duschkvalitet samtidigt som deras bomarea är liten. (Se tabell 4 för duschkvalitet och vätskemängd.) Ytterligare en faktor som kan förklara den höga avsättningen på de luftassisterade teknikerna Kyndestoft och Hardi Twin är den luftström som Parkin m fl (1993) visade uppstår framför bommen på luftassisterade tekniker. Denna luftström kan medföra att en del av sprutduschens små droppar tvingas upp framför och över bommen. Dropparna påverkas mer ju längre fram munstyckena är placerade i förhållande till luftassistansens luftflöde. Detta avstånd är större på Kyndestoft lufttillsats, som också fick större avsättning, jämfört med Hardi Twin. Släpdukens förhållandevis höga avsättning beror delvis på att duken i höjddled är monterad under munstyckena.

Luftrörelser och vindhastighet

I en tidigare undersökning fann Engström (1998) att avsättningen på främre delen av traktorn, front och motorhuv, var större än avsättningen på traktorns bakre delar, hytt och bakparti. Detta ansåg han sannolikt bero på luftrörelserna runt kylarfläkten. I denna undersökning har inget sådant mönster funnits. Medelavsättningen på traktorns främre delar har varit något mindre än på traktorns bakre delar för de flesta tekniker. Att undersökningarna skiljer sig på denna punkt kan bero på att körningarna utförts med traktorer av olika fabrikat/modell. Man kan fortfarande anta att avsättningen är större ju närmre kylarfläkten och hyttventilerna man kommer.

Figur 12 visar att en ökad vindhastighet, inom intervallet som tillåts för körningar (0-3 m/s) ej entydigt ökat avsättningen.

Felkällor

Inställningar

Det upplevdes som svårt att uppnå optimal inställning av de luftassisterade teknikerna, Kyndestoft lufttillsats samt Hardi Twin, vad gäller lufttryck och luftvinkel. Resultaten skiljer sig mycket mellan de tre körningarna med Kyndestoft lufttillsats trots att vindhastigheterna höll sig under 1,8 m/s vid alla tre tillfällen. Exempelvis varierade bomavsättningen mellan 0,19 - 0,93%. Detta tyder på att optimal inställning ej uppnåtts trots att de som ställde in lufttryck och luftvinkel får anses vana vid tekniken. En anledning till svårigheter att göra optimala inställningar kan bero på att körningarna ägde rum på träda där det är svårt att ställa in

luftströmmen så att den inte studsar mot marken. I uppvuxet bestånd är det troligt att inställningen av luftströmmen är mindre känslig. Detta kan anses vara ett försöksfel, men förekommer troligtvis även hos de lantbrukare som använder dessa tekniker.

Vindens regelbundenhet

Samtliga körningar har gjorts vid en medelvindstyrka mindre än 3,0 m/s. Jämna vindförhållanden har eftersträvat, men det har i praktiken inte varit möjligt att helt undvika tillfälliga vindbyar över denna vindstyrka. Trots att vindhastigheten loggats under hela körningarna har inga slutsatser kunnat dras angående hur vindbyarnas vindhastighet och frekvens påverkar avsättningen. Det har alltså ej fastslagits hur byig vind påverkat avsättningen jämfört med jämn vind. För att kunna dra sådana slutsatser krävs ett datamaterial som omfattar många fler körningar. Variationer i vindens regelbundenhet kan ha bidragit till ett visst, men antagligen litet fel, i slutresultatet.

Metodens noggrannhet

All materiel som användes vid sköljning av ekipaget, bassäng, centrifugalpump och hinkar, tvättades noga i rent vatten mellan varje sköljning, men då det i praktiken är omöjligt att hålla all utrustning kliniskt ren finns viss risk att mycket små mängder färgpigment från tidigare körningar ”smittar” ett efterkommande prov.

Avsättningen på tank och bom var relativt höga jämfört med avsättningen på traktorn, vilket medför att en eventuell droppe ”kontaminerat”, färgat vatten, från tidigare körningar skulle ge ett mycket litet tillskott till den totala mängden färg i sköljvattnet och därigenom knappast påverka avsättningskvoten. Vid sköljning av traktorn däremot är mängden avsatt färg mindre samtidigt som sköljvattenmängden är något mindre, trettio i stället för fyrtio liter. Detta medför att den ovan nämnda droppen ger ett större procentuellt tillskott till vattnet och därigenom ett större fel i slutresultatet.

Vid sköljning av traktorn, som i sin uppbyggnad är mer komplicerad än sprutorna, ökar risken för felkällor. I synnerhet vid sköljning av motorutrymmet, kylaren och delar under traktorn är det svårt att avgöra om alla ytor träffats av sköljvattnet.

Av ovanstående kan slutsatsen dras att storleken på procentuella fel i resultaten ökar med minskad avsättning och att felen troligtvis är vanligare vid undersökning av avsättning på traktorn än på tank och bom.

Sprutvätska

I försöket har antagits att vatten färgat med Nigrosin beter sig som bekämpningsmedel med avseende på avdrift, avsättning och avdunstning o s v. Huruvida detta är det sanna förhållandet har ej utretts.

Avsättningsstudiens betydelse i ett vidare perspektiv

Genom att använda de procentuella avsättningskvoterna kan man beräkna hur mycket aktiv substans man kan förvänta sig hamna under ett ekipage vid rengöring eller regn. Dessa bekämpningsmedelsrester kan samlas upp i en biobädd eller uppsamlingsbrunn för att hindra att det sprids till grundvattnet.

Följande exempel visar hur de procentuella avsättningskvoterna skulle kunna användas.

Antag:

Avsättningskvot för ett helt ekipage: 0,6%
Hektardos: $1 \text{ kg aktiv substans} / \text{ha} = 0,1 \text{ g a.s.} / \text{m}^2$
Tankvolym: 800 l
Vätskemängd: 75 l / ha

Detta ger:

Behandlad areal: $800 \text{ l} / 75 \text{ l/ha} = 10,7 \text{ ha}$
Total mängd aktiv substans: $10,7 \text{ ha} * 1 \text{ kg a.s.} / \text{ha} = 10,7 \text{ kg}$
Maximal avsättning på ekipaget: 0,6 % av 10,7 kg = 0,064 kg = 64 g aktiv subst

Maximalt 64 g aktiv substans sitter alltså på ekipagets utsida och riskerar att hamna på marken under ekipaget vid regn eller rengöring. Med den hektardos vi antagit skulle denna mängd räcka till besprutning av 640 m². För att späda 64 g till 0,1 µg / l vatten (EU:s gräns för förekomst av enskilt bekämpningsmedel i vatten) krävs 640 000 m³. Med tanke på att avsättningen på bommen når mättnad är det troligt att den beräknade mängden blir något mindre (se under diskussionsavsnittet Körtid).

Denna undersökning och exemplet ovan visar att det är av stort intresse att grovrengöring av lantbrukssprutan, speciellt av sprutans bom, sker i fält.

Behov av framtida undersökningar

För att utreda avsättningens beroende av spruttiden, temperatur, vindförhållanden och luftfuktighet krävs nya undersökningar med fler repetitioner.

SAMMANFATTNING

Rester av bekämpningsmedel som avsatts på lantbruksspruta och traktor innebär arbetsmiljörisker för föraren. Riskerna finns även att regn eller vattenspill vid påfyllning sköljer av resterna vilka sedan riskerar att förorena yt- och grundvattnet. Ambitionen i denna undersökning har varit att utreda avsättningsmängder och avsättningsmönster för sex traktorburna sprutor och två injektorsmunstycken. De tekniker som undersöktes var: Airtec, Danfoil, Hardi Twin, Moteska med munstyckena TeeJet XR (konventionell teknik), Hardi Injet och Lurmark DriftBeta (injektormunstycken), Kyndestoft lufttillsats (monterad på konventionell teknik, Hardi) och Släpduk (monterad på Moteska).

Avsättningsstudien gjordes genom att i sprutvätskan blanda färgpigmentet Nigrosin WLF. Ekipaget delades upp i fyra sköljområden som efter utförd sprutning sköljdes separat med konstant mängd vatten. Genom att jämföra koncentrationen av färgpigment i sköljvattnet med koncentrationen i sprutvätskan beräknades hur många procent av den utsprutade mängden som avsattes på ekipaget, se figur 7 – 11. Vindstyrkan loggades under körningarna för att utreda vindhastighetens inverkan på avsättningen. Inget direkt samband kunde påvisas.

Som mest avsattes ca 0,60 % av färgpigmentet i den utsprutade vätskan på ekipaget och som minst ca 0,01 %. Mellan 50 – 98% av den totala avsättningen på ekipaget avsattes på bommen.

Störst deposition för hela ekipaget återfanns på de luftassisterade teknikerna Kyndestoft (0,60% av den utsprutade mängden) och Hardi Twin (0,46%). Släpduken fick en procentuell avsättning på 0,36% och Danfoil och Airtec 0,06%. Moteska fick med TeeJet XR (konventionell teknik) 0,04%. Lurmark DriftBeta monterade på samma spruta gav en procentuell avsättning på 0,02% och Hardi Injet 0,01%.

Försöken visar att variationen i avsättning mellan körningar med samma teknik kan vara stor. Exempelvis varierade avsättningen på bommen för Kyndestoft lufttillsats mellan 0,19% - 0,93%. Svårigheter att göra optimala inställningar av lufttryck och luftvinkel har tolkats som orsak.

Visuell besiktning utfördes som komplement till beräkningen av procentuell avsättning. Det konstaterades exempelvis att den relativt höga bomavsättning som Släpduken erhöll (medel 0,35%) nästan uteslutande var koncentrerad till duken och ej den bom på vilken den var monterad.

Med hjälp av de procentuella avsättningskvoterna som tagits fram för de undersökta teknikerna kan man göra en uppskattning av hur mycket aktiv substans som riskerar att hamna i yt- eller grundvattnet vid avsköljning av sprutekipaget.

Denna undersökning visar att det är av stort intresse att grovrengöring av lantbrukssprutan, speciellt av sprutans bom, sker i fält. Ett effektivt sätt att förhindra att de bekämpningsmedelsrester som fortfarande sitter på ekipaget, efter grovrengöringen i fält, når yt- eller grundvattnet är att anlägga en biobädd. I den hålls bekämpningsmedelsresterna kvar och bryts ned av mikroorganismer. (Asplund & Torstensson, 1997)

LITTERATURFÖRTECKNING

Asplund, J. och Torstensson, L. 1997. Biobädd på gårdsplanen fungerar bra. Fakta-Teknik. Nr 11. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala

Cooper, S. E. och Taylor, W. A. 1998. Some factors that may influence rate of accumulation and final quantity of pesticide deposits on external surfaces of arable crop sprayers. Managing Pesticide Waste and Packaging. British Crop Protection Council Symposium Proceedings No. 70. Nottingham.

Engström, N. 1998. Delrapport till Jordbruksverket för projektet Hantering av bekämpningsmedel på gårdsnivå.

Hagenvall, H och Nilsson, E. 1997. Specialhäfte-SPRUTTEKNIK. Informations- och växtodlingsenheterna, Jordbruksverket. Jönköping.

Maibach, H. I., Feldmann, R. J., Milby, T.H. & Serat, W. F. 1971. Regional variation in percutaneous penetration in man. Archives of Environmental Health, 23

Parkin, C. S., Walklate, P. J., Weiner, K-L.. 1993. Computational Fluid Dynamics: A Tool For Evaluating Air Assistance Sprayer Design Concepts. A.N.P..P. – B.C.P.C.- Second International Symposium On Pesticides Application Techniques. Strasbourg – 22nd, 23rd and 24th September 1993.

Torstensson, L. 1995. Biobäddar skyddar miljön. Fakta – Mark / växter. Nr 4. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala

Wretblad, P.1997. Fördelning av sprutvätska i spannmåls- och potatisbestånd med fyra olika appliceringstekniker. Rapport 223. Institutionen för lantbruksteknik. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala