



Statens
Planteavlsforsøg

Danmarks JordbrugsForskning
Biblioteket
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse

Beretning nr. S 1469

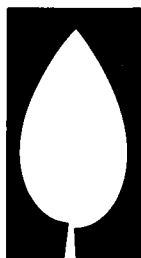
Sprøjtetekniske faktorerers indflydelse på plantebeskyttelsesmidlernes virkning

En oversigt

Ole Permin
Institut for Ukrudtsbekæmpelse
Flakkebjerg
1979

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1980



Statens
Planteavlsforsøg

Beretning nr. S 1469

Sprøjtetekniske faktorerers indflydelse på plantebeskyttelsesmidlernes virkning

En oversigt

Ole Permin
Institut for Ukrudtsbekæmpelse
Flakkebjerg
1979

Tidsskrift for Planteavl Specialserie

København 1980

SPRØJTETEKNISKE FAKTORERS INDFLYDELSE PÅ PLANTE- BESKYTTELSESMIDLERNES VIRKNING.

<u>I n d h o l d s f o r t e g n e l s e</u>	1
Indledning	3
I Sprøjtetekniske faktorer, der generelt påvirker effekten af plantebeskyttelsesmidler.	
1. Dosen	3
2. Retention	6
2.1 Dråbestørrelse	7
2.2 Indfaldsvinkel og indslagskraft	7
2.3 Væskemængde	8
2.4 Sprøjtevæskens egenskaber	9
2.5 Objektets form og karakter	11
3 Optagelse	11
3.1 Dækningsgrad	12
4. Selektivitet	13
4.1 Dosen	13
4.2 Retention	13
II Sprøjtetekniske faktorerers betydning specielt for effekten af herbicider, insekticider og fungicider.	
1. Herbicider	15
1.1 Jordherbicider, dosen	15
1.2 Bladherbicider, dosen	17
1.3 Væskemængde	18
1.4 Dråbestørrelse, virkning	19
2. Insekticider	20
2.1 Dosen	20
2.2 Væskemængde	21
2.3 Dråbestørrelse, virkning	21
3. Fungicider	23
3.1 Dosen	23

3.2 Væskemængde	23
3.3 Dråbestørrelse, virkning	24
4. Sammendrag	24
5 Muligheder for vejledning om en hensigtsmæssig sprøjteteknik	25

III Kvaliteten af sprøjtearbejdet ved sprøjtning med marksprøjte.

1. Variation i dosen ved sprøjtning med marksprøjte	27
1.1 Dosering ved hjælp af væskemængden	27
1.2 Variationer i dosen ved fordeling af plantebeskyttelses- midler fra spredebom	28
1.3 Afdriftens omfang	36
2. Sprøjtetekniske faktorer, der har indflydelse på dråbestør- relsen	38
3. Sammendrag	42
Litteraturliste	44

SPRØJTETEKNISKE FAKTORERS INDFLYDELSE PÅ PLANTEBESKYTTELSESMIDLERNES VIRKNING.

I n d l e d n i n g.

Plantebeskyttelsesmidlerne: herbicider, insekticider og fungicider bliver hovedsagelig fordelt ved hjælp af marksprøjte. Alle tre grupper af plantebeskyttelsesmidler bliver anvendt dels ved udsprøjtning på jorden og dels ved udsprøjtning på planter. Midlerne bliver efter denne anvendelse betegnet som henholdsvis jordmidler og bladmidler. For hvert middel er angivet en dosis i kg eller liter pr. ha. Midlet bliver opløst eller blandet med vand og fordelt ved en given væskemængde pr. arealenhed.

På side 2 og 3 er givet to oversigter, der i skemaform viser, hvilke sprøjtetekniske faktorer, der har indflydelse på virkningen af et jordherbicid og et bladherbicid. Virkningen af insekticider og fungicider bliver påvirket af de samme sprøjtetekniske faktorer som herbiciderne. Beretningen er inddelt i 3 afsnit. Indledningsvis redegøres for de sprøjtetekniske faktorer, der generelt har indflydelse på virkningen af plantebeskyttelsesmidler (afsnit I), og på baggrund heraf belyses betydningen af disse faktorer specielt for effekten af herbicider, insekticider og fungicider (afsnit II). Grundlaget for de sprøjtetekniske faktorer er knyttet til behandlingsmetoden, og i afsnit III belyses kvaliteten af sprøjtearbejdet ved sprøjtning med marksprøjte. I et sammendrag omtales endvidere behovet for sprøjteteknisk vejledning, og hvorledes en sådan vejledning kan gives.

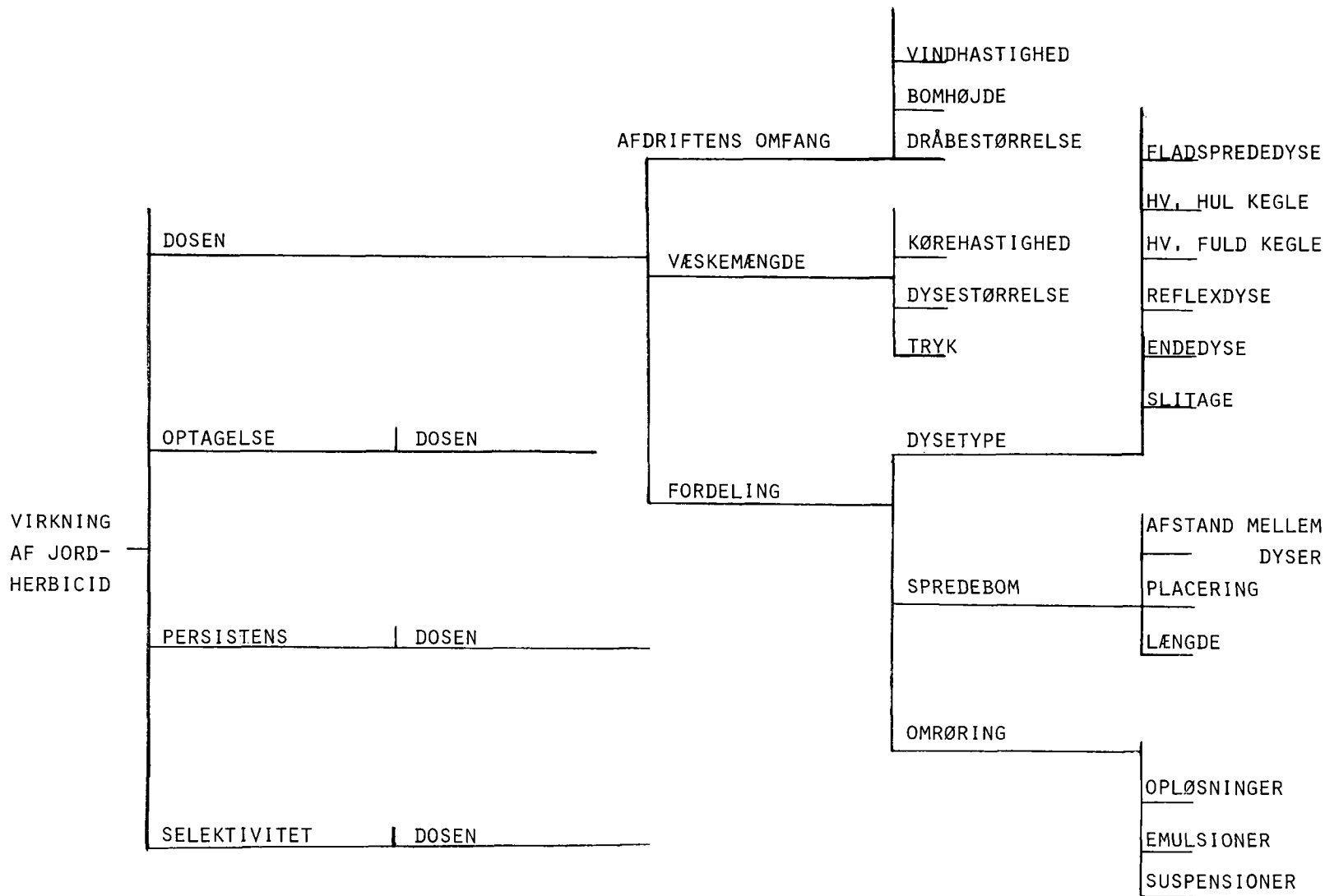
I SPRØJTETEKNISKE FAKTORER, DER GENERELT PÅVIRKER EFFEKTEN AF PLANTEBESKYTTELSESMIDLER.

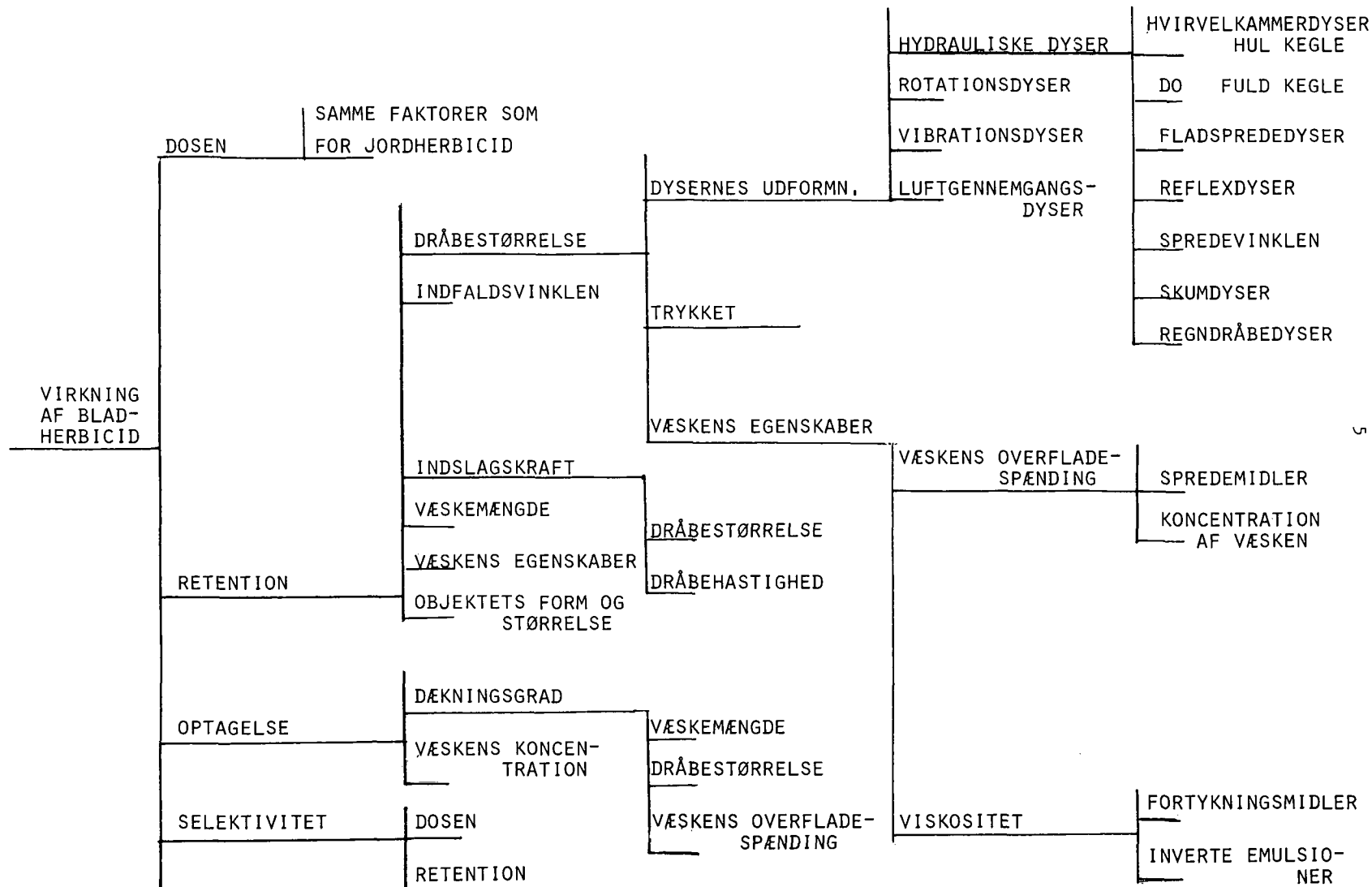
1. D o s e n.

For både jordmidler og bladmidler gælder, at dosens størrelse er afgørende for virkningen. Den gunstige virkning af et plantebeskyttelsesmiddel er betinget af et interval i dosen. Ved en lavere dosis bliver virkningen for lille, og ved en højere dosis kan midlet forårsage skade på kulturplanterne eller omgivelserne iøvrigt. (Fig. 1). Skaden kan bestå i for stor optagelse i kulturplanterne eller for lang persistens i jord og kulturplanter.

OVERSIGT 1.

SPRØJTETEKNISKE FAKTORER, DER HAR INDFLYDELSE PÅ FORHOLD AF BETYDNING FOR VIRKN, AF ET JORDHERBICID,





Jordmidlers og bladmidlers selektive virkning er ofte knyttet til et meget snævert interval i dosen. Dosens størrelse er afhængig af, hvor jævnt midlerne bliver fordelt på det sprøjtede areal. Hvilke faktorer, der har indflydelse på en jævn fordeling er behandlet i afsnit III Kvaliteten af sprøjtearbejdet ved sprøjtning med marksprøjte.

For bladmidlernes vedkommende gælder endvidere, at virkningen er afhængig af retention, optagelse og selektivitet.

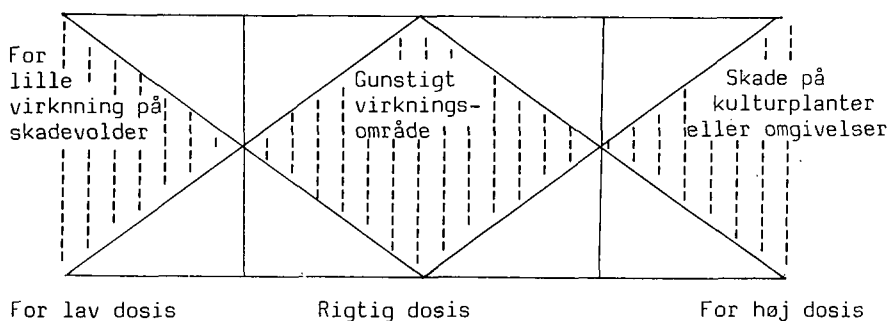


Fig. 1. Virkningsområder for dosen.

2. R e t e n t i o n .

Retention er den mængde af midlet, der bliver afsat på planternes blade.

Retentionen er målt blandt andet af, Bengtson, (1961) ved sprøjtning på forskellige plantearter, som vist i tabel 1.

Tabel 1. Retentionen i pct. af udsprøjtet væskemængde.

DRÅBESTØRRELSE	MMD ¹⁾ μ	ÆRTER Pisum sativum	BYG Hordeum vulgare	HVM. GÅSEFOD Chenopo- dium album	AGERSENNEP Sinapis arvensis
----------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	---	-----------------------------------

Små	92	25,4	10,4	13,7	35,8
Mellemstore	205	13,6	5,4	5,1	29,2
Store	560	7,4	2,8	2,5	28,4

(Bengtsson 1961).

¹⁾ MMD = Middeldråbestørrelsen (eng. lit.: Mass Median Diameter), der angiver, at halvdelen af væskemængden bliver fordelt i form af dråber større end MMD.

Retentionen er afhængig af biologiske og fysiske faktorer. Forskelle i retentionen mellem de forskellige plantearter inden for en dråbestørrelse er forårsaget af biologiske forskelle. De biologiske forskelle er bladoverfladens befugtningsgrad, bladenes hældning og bladpladernes størrelse. Befugtningsgraden kan være forskellig på bladoverside, bladunderside og bladnerver, alt efter kutikulaens udformning, vokslagets struktur og bladenes behåring, Martin, et al. (1970). Forskelle i retentionen, der skyldes fysiske faktorer, er omtalt i følgende punkter.

2.1 Dråbestørrelse.

Indenfor den enkelte planteart (tabel 1) som f.eks. æreter (*Pisum sativum*) er den biologiske forskel elimineret og forskelle i retentionen skyldes i dette tilfælde dråbestørrelsen. Retentionen er mindst med store dråber (560 MMD) og størst med små dråber (92 MMD). Jo større retentionen af et middel er, jo større er virkningen. Foreliggende undersøgelser tyder på, at jo mindre dråberne er, jo større bliver virkningen, Bengtsson, (1961).

Der er dog en nedre grænse for, hvor små dråber, der er virksomme. Den nedre grænse for en virksom dråbestørrelse er betinget af bl.a. dråbernes hastighed. Ved marksprøjtning vil dråber på omkring 60 μ og derunder i stor udstrækning ikke blive afsat, fordi de følger luftstrømmen, der viger uden om planternes blade og eventuelle skadevoldere.

En dråbestørrelse på 100 μ har i mange tilfælde givet størst virkning. Denne dråbestørrelse har karakter af tåge, og den medfører omfattende afdrift, der kan give alvorlige skader på det omgivende miljø.

2.2 Indfaldsvinkel og indslagskraft.

Indfaldsvinklen er vinklen mellem dråbernes retning mod en overflade og overfladen. Indfaldsvinklen bliver betegnet som θ i en undersøgelse udført af Brunskill, (1956), når dråbernes retning er vinkelret på en vandret anbragt bladplade. Indfaldsvinklen er stigende, når bladets stilling ændres i forhold til det vandrette plan. Indslagskraften er den kraft, hvormed dråberne rammer en flade. Indslagskraften er betinget af dråbernes størrelse og hastighed.

Dråbernes indfaldsvinkel og indslagskraft har betydning for retentionen og dermed for virkningen. Brunskill, (1956) fandt at retentionen bliver mindre, når indfaldsvinklen bliver større. Den procentuelle retention af dråber i alle størrelser aftager, når dråbernes hastighed bliver mindre.

Dråbehastigheden vil variere fra forskellige dysetyper ved ensartet tryk på grund af dysernes funktionsmåde. Endvidere vil stigende tryk medføre større dråbehastighed.

Ved sprøjtning med marksprøjte bliver dråbernes indfaldsvinkel og indslagskraft ændret ved ændring af kørehastighed eller væsketryk. Ved sprøjtning på en plantebestand vil afsætning og retention være betinget af sprøjtedouchens indtrængning og fordeling i plantebestanden. Dette forhold er undersøgt af Knott L. (1973) og resultaterne af undersøgelsen er omtalt i denne oversigt under afsnittet "Objektets udformning og karakter".

2.3 V æ s k e m æ n g d e n.

Væskemængden har betydning for retentionen. Der er grænser for, hvor meget væske bladene kan tilbageholde. Når en bladoverflade er mættet med væske, vil yderligere tilførsel af væske medføre, at den overskydende væske flyder af bladet.

Bengtsson (1961) udførte undersøgelser over væskemængden og dråbestørrelsens indflydelse på retentionen ved sprøjtning af hør (*Linum usitatissimum*) og ærter (*Pisum sativum*). Der blev opnået en større total retention med 600 l/ha end med 160 l/ha; men når retentionen blev angivet som en procentdel af væsken, blev retentionen formindsket med stigende væskemængde, d.v.s. at retentionen pr. arealenhed af et givet plantebeskyttelsesmiddel blev formindsket.

Ved en given retention vil virkningen på planten være betinget af væskens koncentration og fordeling på planten.

Jo større bladmasse planterne har, jo større væskemængde vil være nødvendig for at opnå den fordeling og dækning på planterne, der er nødvendig for at få fuld virkning med et givet middel. Den procentdel af et besprøjtet areal som væsken dækker bliver i det følgende betegnet dækningsgraden. Dækningsgraden er nøje knyttet til dråbestørrelsen. Ved sprøjtning med små dråber af ensartet størrelse har væskemængden kunnet nedsættes meget stærkt, uden at virkningen er forringet væsentligt.

En væskemængde på over 400 l/ha bliver betegnet som stor væskemængde, 200 - 400 l/ha som middel, og mindre end 200 l/ha som lille væskemængde ved fordeling af væsken fra marksprøjte med hydrauliske dyser. Dansk Standard 6022, (1974).

Væskemængden er i nogen grad knyttet til behandlingsmetoden, og følgende væskemængder har givet tilfredsstillende virkning ved de anførte behandlingsmetoder:

Flysprøjtning 30 - 50 l pr. ha

CDA fordeling 20 - 40 l pr. ha

ULV fordeling 0,5 - 5 l pr. ha

Ved CDA fordeling (i eng. lit. benævnt controlled drop application) bliver væsken fordelt i en meget ensartet dråbestørrelse ved hjælp af rotationsdyser. CDA fordeling er i forsøg prøvet ved en væskemængde på mellem 5 og 50 l pr. ha og en dråbestørrelse på 200 til 300 μ . Med herbicider er der opnået lovende resultater ved en væskemængde på 5 - 20 l pr. ha ifølge Taylor og Meritt (1974) sammenlignet med 165 og 200 l væske pr. ha fordelt med hydrauliske dyser. Andre undersøgelser med bladherbicider Ayres (1978), Mayes et al. (1978) og Bailey (1978) tyder på, at en væskemængde på 30-40 l pr. ha ved CDA fordeling giver knap så stabil virkning overfor ukrudt som en væskemængde på ca. 200 l pr. ha fordelt med hydrauliske dyser.

ULV fordeling sker ligeledes med rotationsdyser, men dråbestørrelsen er meget mindre, ca. 80 - 100 μ . Der er i litteraturen rapporteret om fordelagtige resultater ved fordeling af insekticider ved ULV fordeling, Pickin (1978). Metoden bliver anvendt i praksis i udlandet dels fra flyvemaskine dels fra traktor eller håndbåret udstyr, hvor fordeleren bliver holdt højt, så vinden kan føre dråberne over på skadevolderen.

I enkelte rapporter er der også opnået gunstige resultater ved ULV fordeling af fungicider, Sylvester (1978).

2.4 Sprøjtewæskens egenskaber.

Der er udført undersøgelser over retentionens størrelse ved ændring af væskens overfladespænding og viskositet. Brunskill (1956) fandt at retentionen på ærteblade blev forøget, når væskens overfladespænding blev mindre. For rent vand er overfladespændingen ca. 0,072 N/m (72 dyn/cm), ved tilsætning af spredemidler kan overfladespændingen f.eks. nedsættes til ca. 0,040 N/m (40 dyn/cm). Fig 2.

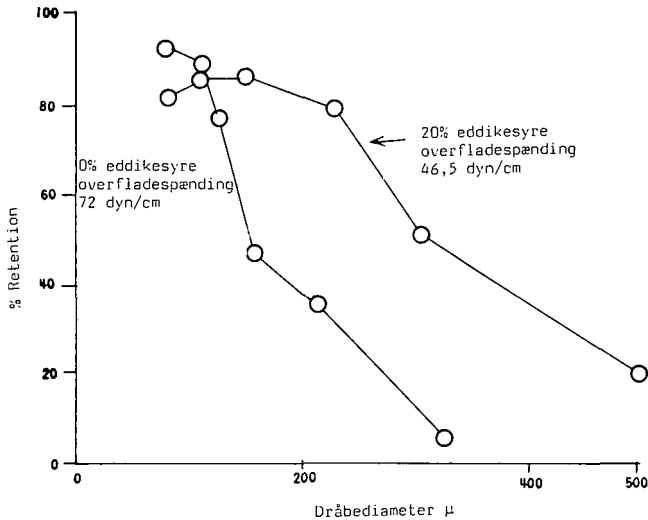


Fig. 2. Retention i % ved forskellig dråbestørrelse og overfladespænding.
(Brunskill 1956)

Tilsætning af et spredemiddel til sprøjtevæsken kan forøge retentionen på blade, der vanskeligt lader sig væde af sprøjtevæsken. Endvidere kan det forøge retentionen på nøglepositioner f.eks. bladnerver, der er gunstige for gennemtrængning. Tilsætning af spredemiddel til væsken kan også nedsætte retentionen ved at forøge "run off" på blade, der let vædes af sprøjtevæsken, Audus et al. (1964).

Tabel 2. Viskositetens betydning for retentionen.

	RETENTION I PROCENT.				
	0	10	20	30	50
Glycerol%	0	10	20	30	50
Viskositet (Poise)	1,00	1,31	1,77	2,50	6,05
Dråbestørrelse μ					
120	66	47	70	83	90
180	21	15	51	20	77
250	0	11	2	10	17

(Brunskill 1956)

Brunskill (1956) fandt at variationer i viskositeten inden for grænser, der kan have praktisk interesse, ikke gav nogen sikker forskel i den procentuelle retention af store dråber (250 μ). Med små dråber (120 μ) var der vidnesbyrd om en forøget retention ved forøget viskositet. Tabel 2.

2.5 Objektets form og karakter.

Objektets form har betydning for retentionen, idet der afsættes mere væske på et cylinderformet objekt end på en rektangulær flade. Når sprøjteobjektet har karakter af en plantebestand, bliver retentionen forskellig ved dråbernes indtrængning i plantebestanden.

Knott (1973) fandt, at der skete en selektion af dråberne fra en hydraulisk dyse ved nedtrængning i en bestand af kornplanter. De store dråber blev afsat på de øverste blade af planterne, og det var fortrinsvis de små dråber, der blev afsat nederst på planterne og på svært tilgængelige steder som f.eks. på bladundersiden. Dækningsgraden aftog stærkt jo længere man kom ned i plantebestanden, hvorimod den totale dækningsgrad steg stærkt ved en finere forstøvning af væsken og en stigende væskemængde. Det viste sig ikke muligt at ændre nævneværdigt på den forholdsvise dækningsgrad på forskellige steder i plantebestanden til fordel for de svært tilgængelige steder i plantebestanden ved ændring af dysetype, tryk eller kørehastighed. Den bedste indtrængning i hele plantebestanden blev opnået med en fladsprededyse. Et tryk på 2,5 bar viste sig at være bedre end et tryk på 5,0 bar. Der viste sig at være større fordel ved at anbringe dysen i lodret stilling over plantebestanden, fremfor i en vinkel på 45⁰ med eller imod kørselsretningen. Der er endvidere opnået en betydelig forbedring af væskefordelingen i en plantebestand ved hjælp af en bæreluftstrøm. En fin forstøvning af væsken viste sig fordelagtig ved denne fremgangsmåde.

3 Optagelse.

Alle bladherbicider samt nogle insekticider og fungicider skal trænge ind i planternes blade for at virke. Det er i mange tilfælde kun få pct. af midlet, der bliver optaget i planterne. Optagelsen i planterne er bl.a. knyttet til midlernes polaritet og ionisering. Planternes overflade er apolær, og apolære forbindelser trænger lettere igennem kutikulaens yderste lag af voks og kutin end polære forbindelser. Da polariteten er stigende i det underliggende lag, som består af voks,

kutin, hemicellulose, cellulose og pektin, trænger polære eller vandopløselige stoffer lettere igennem dette lag. Kutikulaen har på grund af sin opbygning også egenskaber som en svag kationbytter. Dette bevirker, at kationiske herbicider lettere trænger ind gennem kutikulaen end anioniske.

En forøget koncentration af sprøjtevæsken vil som regel medføre en forøget optagelse. Optagelsen vil imidlertid standse, når koncentrationen bliver så høj, at de biologiske funktioner ophører og plantevævet falder sammen (nekrotiske pletter).

Kontaktarealet mellem sprøjtevæsken og kutikulaen har indflydelse på optagelsen. Jo større kontaktarealet er, jo større vil optagelsen være.

3.1 Dækningsgrad.

Dækningsgraden er den procentdel af arealet, der bliver dækket af sprøjtevæsken. Dækningsgraden har især betydning for virkningen af midler med kontaktvirkning. Jo større dækningsgraden er, jo større bliver virkningen. Dækningsgraden betyder mindre for virkningen, når midlet er systemisk d.v.s. bliver transporteret i planterne.

En stor væskemængde giver stor dækningsgrad; men der kan også opnås tilstrækkelig dækningsgrad med lille væskemængde og stærk forstøvning. For at opnå stor virkning med en lille væskemængde bliver dette forhold udnyttet af mange praktikere, hvilket til gengæld har medført et stigende antal afdriftskader.

Ved tilsætning af spredemidler til sprøjtevæsken nedsættes væskens overfladespænding. En dråbe, der ligger på et blad, flyder mere ud på bladet, når væsken er tilsat et spredemiddel, derved forøges det areal, som dråben dækker og dermed optagelsen.

Tilsætning af spredemidler til sprøjtevæsken kan ifølge Audus et al. (1964) påvirke optagelsen ved at:

Forøge indtrængningen ved at forøge kontaktarealet,
fordi lufthulrummet mellem bladet og dråben elimineres.

Forøge tiden til indtrængning ved at bevare dråberne fugtige i længere tid.

Forøge indtrængningen gennem kutikulaen ved at forøge permeabiliteten.

Forøge optagelse gennem spalteåbningerne ved at sænke overfladespændingen.

Lette bevægelsen i cellevæggene efter indtrængning i bladene.

4. S e l e k t i v i t e t.

Ved en selektiv virkning af et plantebeskyttelsesmiddel forstås, at midlet virker ødelæggende på arter af f.eks. ukrudt, eller insekter, eller svampe, hvorimod det ikke skader andre arter af f.eks. kulturplanter eller nyttige insekter.

Den selektive virkning af et plantebeskyttelsesmiddel kan godt være begrænset indenfor en art, idet enkelte sorter eller varieteter ikke er modstandsdygtige overfor midlet.

En selektiv virkning kan være forårsaget af flere forskellige faktorer. De sprøjtetekniske faktorer, der har indflydelse på selektiviteten, er dosen og retentionen eller afsætningen af midlet.

4.1 D o s e n.

Dosens størrelse er ofte årsag til en selektiv virkning. For de fleste midlers vedkommende er den selektive virkning begrænset af et mere eller mindre snævert interval i dosen. Ved en lavere dosis end dette interval bliver virkningen utilfredsstillende, og ved en dosis over dette interval kan der forekomme skader på kulturplanterne eller nytteinsekterne.

4.2 R e t e n t i o n.

Forskelle i retentionen fra den ene art til den anden kan være årsag til et middels selektive virkning. Både de biologiske og fysiske faktorer, som påvirker retentionen, får derfor indflydelse på midlets selektive

virkning. Af fysiske faktorer er dråbestørrelsen betinget af den anvendte sprøjteteknik.

For herbicidernes vedkommende kendes flere eksempler på, at dråbestørrelsen spiller en afgørende rolle for selektiviteten. I henhold til tabel 1 er der med en dråbestørrelse på 560 μ opnået en selektiv virkning mellem ærter (*Pisum sativum*) og agersennep (*Sinapis arvensis*). Med dråber på 205 μ er den selektive virkning nedsat, og med dråber på 92 μ er virkningen tilsyneladende ikke selektiv længere.

II SPRØJTETEKNISKE FAKTORERS BETYDNING SPECIELT FOR EFFEKTEN AF HERBICIDER, INSEKTICIDER OG FUNGICIDER.

1. H e r b i c i d e r.

Herbiciderne deles efter den måde, de virker på, i 2 hovedgrupper: jordherbicider og bladherbicider. Jordherbicider virker hovedsageligt ved optagelse gennem planternes rødder i modsætning til bladherbiciderne, der virker ved optagelse gennem bladene.

1.1 J o r d h e r b i c i d e r.

Følgende forhold er afgørende for virkningen af et jordherbicid:

1. Dosis 2. Optagelse 3. Persistens 4. Selektivitet

I oversigt 1 er vist, hvilke sprøjtetekniske faktorer, der indvirker på disse forhold. Som det fremgår af oversigten, har dosen rent sprøjteteknisk en dominerende indflydelse på virkningen af et jordherbicid.

Optagelse, persistens, selektivitet.

Optagelse af jordherbicidet i planterne er foruden dosen betinget af mange andre forhold, såsom jordens fugtighed, temperatur, bestanddele, struktur m.m. Nedbørsmængden i forbindelse med dosen af et jordherbicid spiller en afgørende rolle for virkningen. Overdoser med jordherbicider må så vidt muligt undgås, da adskillige jordherbicider fra grupperne uroner og triaziner har meget lang persistens i jorden. Lang persistens er en fordel ved bekæmpelse af ukrudtet; men den kan være skadelig for en efterfølgende afgrøde.

Den selektive virkning af et jordherbicid kan fremkomme ved, at frøet af kulturplanterne bliver placeret i jorden under det lag, hvor herbicidet ligger. Eks.: bekæmpelse af ukrudt i hestebønner (*Vicia faba*) med linuron. Biologiske forskelle under spiringen af frøet kan også være årsag til selektivitet som f.eks. bekæmpelse af flyvehavre (*Avena fatua*) i byg (*Hordeum vulgare*) med tri-allat (Avadex BW). Endvidere kan der forekomme selektiv virkning, når jordherbicidet optages i planterne, men ikke skader disse, som f.eks. anvendelse af triaziner til bekæmpelse af ukrudt i majs (*Zea mays*).

Dosen.

Overdoser kan medføre tab af den selektive virkning og forårsage skade på efterfølgende følsomme kulturer, hvilket medfører, at der ud fra et biologisk synspunkt må stilles visse krav om, hvor nøjagtig fordelingen af et jordherbicid bør være. Kravet til nøjagtighed i fordelingen vil va-

riere fra det ene jordherbicid til det andet; men skal en marksprøjte være anvendelig under alle forhold, må den også kunne anvendes til de jordherbicer, der stiller størst krav om nøjagtig fordeling.

Der er ikke udført egentlige undersøgelser over dette spørgsmål, og vurderingen må derfor bero på et skøn ud fra foreliggende viden om midlernes virkning.

For midler med lang persistens som uroner og triaziner kan der ved en fordobling af dosen være fare for, at rester af midlerne kan ligge i jorden fra det ene år til det andet, Stecko et al. (1974). Endvidere vil selektiviteten i nogle tilfælde være ødelagt ved en forøgelse af dosen på 50%.

Jordherbicer har som regel et snævert interval for et gunstigt virkningsområde. Bliver dosen f.eks. med TCA til bekæmpelse af alm. kvik (*Agropyron repens*) før såning i bederoer (*Beta vulgaris*) eller kartofler (*Solanum tuberosum*), Statens Planteavlfsforsøg (1969), forøget med 50%, fra 10 til 15 kg pr. ha, kan der opstå skade på afgrøderne. Samme forhold gælder for en række jordherbicer f.eks. dalapon til bekæmpelse af alm. kvik (*Agropyron repens*), linuron samt cyanazin (Bladex), når de anvendes til bekæmpelse af frøukrudt i kulturer, der bliver dyrket på jorder med lavt indhold af humus og ler.

Under ugunstige betingelser for jordherbicidernes selektive virkning, f.eks. 40 mm nedbør kort efter behandlingen, kan den anbefalede dosis i nogle tilfælde forårsage skade på kulturerne, og en overdosis vil forøge skaden. Ved overdoser bliver midlernes persistens forlænget, og under ugunstige forhold for midlernes nedbrydning, som f.eks. vedvarende tørke, kan rester af sprøjtemidler skade efterfølgende kulturer. Der er således konstateret skade på jordbær (*Fragaria ssp.*) plantet efter kartofler (*Solanum tuberosum*), som var behandlet med linuron eller metribuzin (Sencor). Desuden er der konstateret skader på vårsæd efter behandling det foregående år med lenacil (Venzar), napropamid (Devrinol) eller terbulethylazin (Pramitol M 80) i forskellige kulturer.

KONKLUSION

På baggrund af det foreliggende vurderes det maksimalt acceptable udsving i dosen ved sprøjtning med jordherbicer til $\pm 33\%$, og det på påpeges, at det i nogle tilfælde ville være ønskeligt, når variationen i dosen ikke overstiger $\pm 10\%$.

1. 2 Bladherbicer.

Ved et bladherbicid forstås et herbicid, hvis virkning hovedsagelig er betinget af optagelse gennem ukrudtsplanternes blade. Virkningen af et bladherbicid er betinget af følgende forhold:

1. Dosis 2. Retention 3. Optagelse 4. Selektivitet

I oversigt 2 er vist, hvilke sprøjtetekniske faktorer, der indvirker på disse forhold.

Dosen.

Krav om nøjagtighed i dosen set ud fra et biologisk synspunkt, er ikke mindre for et bladherbicid end for et jordherbicid.

Arealet med vårsæd og vintersæd udgør i 1978 ca. 63% af det dyrkede areal, og det skønnes, dels ud fra forbruget af herbicider og dels ud fra et fagligt skøn, at 80 - 85 % af dette areal årligt bliver sprøjtet med et bladherbicid.

Det er hovedsagelig systemiske bladherbicer, der anvendes ved bekæmpelse af tokimbladet ukrudt i vårsæd og vintersæd. Der kræves ikke særlig stor nøjagtighed ved fordelingen af disse midler, idet dobbelt dosis normalt ikke skader sæden, Petersen, E. Juhl (1975 a. b.). Ofte anvendes de systemiske midler i blanding med kontaktvirkende midler som ioxynil og bromoxynil; men blandingerne øger tilsyneladende ikke sædens følsomhed. Når der derimod tilsættes dicamba eller 2,3,6 triklorbenzosyre mod mere resistente ukrudtsarter, kan en fordobling af dosen give svære skader på vårsæd og vintersæd med mærkbar udbyttenedgang til følge. Under gode virkningsbetingelser bliver det gunstige virkningsområde endnu mindre.

Af kontaktvirkende herbicider anvendes dinoseb, DNOC, ioxynil og bromfenoxim. Det er en erfaring, at fordobling af dosen med de to sidstnævnte midler ikke skader udbyttet; men dinoseb og DNOC forårsager stærke svidninger på planternes blade, der kan medføre udbyttenedgang i vårsæd.

Petersen, H. I. (1963).

Specialmidler til bekæmpelse af flyvehavre (*Avena fatua*) kan have kraftig virkning på kulturplanterne. Tidligere forsøg, Permin (1976), har vist, at bygsorter reagerer forskelligt overfor barban (Carbyne). For bygsorten Mona er der tale om et snævert gunstigt virkningsområde, idet normaldosiss hæmmer væksten, men ikke skader udbyttet, hvorimod dobbelt dosis skader udbyttet stærkt. Sprøjtning med flåmprop-isopropyl (Barnon) og difenzoquat-methylsulfat (Avenge) kan også skade adskillige bygsorter mærkbart.

KONKLUSION

Som fremført i ovenstående eksempler vil en fordobling af dosen i nogle tilfælde medføre udbyttenedgang, og under ugunstige vækstbetingelser for sæden, kan en normaldosis medføre skader på denne. Det maksimalt acceptable udsving i dosen ved sprøjtning med bladherbicer vurderes til $\pm 33\%$. I nogle tilfælde vil det være ønskeligt, at variationen i dosen ikke overstiger $\pm 10\%$, f.eks. når dosen gøres lavest mulig for bekæmpelse af ukrudtet, hvilket vil stille store krav om nøjagtighed ved fordelingen.

1.3 V æ s k e m æ n g d e .

Dosen af et herbicid bliver altid anført som mængde kemikalie eller mængde aktivt stof pr. arealenhed. I praksis bliver kemikaliets fordelt ved hjælp af en given væskemængde pr. arealenhed.

Baggrund for tilrådet væskemængde, ved fordeling med hydrauliske dyser.

Væskemængden bliver reguleret ved ændring af kørehastighed, dysestørrelse og tryk. Ujævnheder i marken og kravet til nøjagtig kørsel sætter en grænse for kørehastigheden, der som oftest ligger mellem 4 og 10 km i timen. Er det påkrævet at køre langsomt, kan væskemængden reguleres ved at påsætte dyser med mindre huller og sprøjte væsken ud under lavt tryk.

Jo mindre hullet i dysemundstykket er, jo større risiko bliver der for tilstopning af dyserne. Ved sprøjtning med midler, der er formuleret som rene opløsninger, er der ringe fare for tilstopning af dyserne, og der bliver tilrådet en væskemængde på 150-250 l/ha. Er midlerne formuleret som emulsioner eller opslemninger, bliver der tilrådet en dyse med større hul og en væskemængde på 300-400 l/ha.

Set fra en praktikers synspunkt, vil det være en fordel med så lille væskemængde pr. arealenhed som muligt, idet der med hver fuld sprøjtebeholder bliver sprøjtet et større areal.

For at efterkomme kravet om en lille væskemængde er der fremstillet mikrosuspensioner, der kan fordeles uden vanskeligheder med en meget lille væskemængde og en fin forstøvning af sprøjtevæsken.

Jordherbicer.

Den væskemængde, der almindeligvis bliver anbefalet til marksprøjtning med jordherbicer, er for lille til at påvirke jordfugtigheden, så det får ind-

flydelse på virkningen. Væskemængden behøver derfor ikke at være større, end hvad der er nødvendig for en jævn fordeling af midlet.

Bladherbicer.

Med hydrauliske dyser bliver bladherbicerne fordelt i en væskemængde fra 150 til ca. 600 liter væske pr. ha.

Ca. 200 liter væske pr. ha bliver betegnet som en lille væskemængde, der anbefales til sprøjtning med systemiske herbicider, hvorimod en væskemængde på 400 liter pr. ha bliver betegnet som en stor væskemængde, der anbefales til sprøjtning med kontaktherbicer. Disse væskemængder anbefales for at opnå tilstrækkelig dækningsgrad med en hensigtsmæssig dråbestørrelse ved lavest mulige væskemængde.

Forsøg har vist at væskemængden kan reduceres betydeligt f.eks. ved sprøjtning med phenmedipham (Betanal) og barban (Carbyne). Der er således opnået tilfredsstillende virkning med en væskemængde på ca. 100 l/ha og en fin forstøvning af sprøjtevæsken. For Betanals vedkommende kan stærk fortynding af sprøjtevæsken medfører udfældning af midlet, og der tilrådes derfor anvendt en væskemængde på mindre end 200 l/ha ved bredsprøjtning. For at opnå bedst mulig virkning af Carbyne tilrådes en væskemængde på ca. 150 l væske/ha.

1. 4 Dråbestørrelse, effektivitet.

Flere undersøgelser viser, at dråbestørrelsen har signifikant indvirkning på effekten af herbicider. Små dråber på ca. 100 μ er den dråbestørrelse, hvorved der er opnået størst virkning (f.eks. ved sprøjtning med fenoxysyrer, Mc Kinlay et al. (1972), Benqtsson (1961)). En dråbestørrelse på ca. 200 μ har givet bedre virkning end en dråbestørrelse på ca. 400-500 μ . Dråber på ca. 100 μ har karakter af tåge, hvilket øger faren for afdrift og risiko for skader som følge deraf. Mellemstore dråber på ca. 250-350 μ har også givet god effekt, og denne dråbestørrelse må anses for at være mere hensigtsmæssig ved sprøjtning med fenoxysyrer.

Ved sprøjtning med barban mod flyvehavre (*Avena fatua*) har små dråber på 100 μ givet bedst virkning sammenlignet med dråber, der er ca. 200 μ og 400 μ store, Lake og Taylor (1974). I andre tilfælde f.eks. ved sprøjtning med diquat og paraquat har en dråbestørrelse på 400-500 μ vist sig at have størst virkning, Douglas (1968). Ved sprøjtning med dinoseb giver små dråber

størst virkning ved sprøjtning mod gul okseøj (Chrysanthemum segetum) i byg (Hordeum vulgare); men ved sprøjtning imod ukrudt i ærter (Pisum sativum) må der sprøjtes med en dråbestørrelse på 300-400 μ for at bevare selektiviteten. De fra litteraturen nævnte undersøgelser er udført med rotationsdyser, der giver en meget ensartet dråbestørrelse.

KONKLUSION

Det er ikke muligt at angive en dråbestørrelse, der generelt giver størst virkning ved sprøjtning med herbicider. Den vil være afhængig af midlets virkemåde og planternes reaktion.

2. Insekticider

Bekæmpelse af skadedyr i landbrug og havebrug kan udføres ved sprøjtning med marksprøjte, dels på jorden mod de i jorden værende skadedyr (jordbehandling), og dels på planterne mod de skadedyr, som befinder sig der.

Jordbehandling udføres f.eks. ved bekæmpelse af løgfluernes (Hylemya antiqua), kålfluernes (Hylemya brassicae) og gulerodsfluernes (Psila rosae) larver, endvidere ved bekæmpelse af runkelroebiller (Atomaria linearis). Jordbehandlingen udføres ved bredsprøjtning eller båndsprøjtning som regel i forbindelse med jordbehandling ved f.eks. nedharvning eller vanding.

Der kendes en lang række eksempler på sprøjtning mod larver eller insekter, som befinder sig enten på eller i kulturplanterne. De insekticider, som anvendes, kan virke direkte ved kontakt med skadevolderen (kontaktvirkning) eller indirekte ved først at blive afsat, optaget, evt. transporteret (systemiske insekticider) i planterne, og derefter indtaget af skadevolderen.

2.1 D o s e n .

Krav om nøjagtighed i dosen med et insekticid. En del af de insekticider, der anvendes ved jordbehandling, har lang persistens, og midlerne kan optages i kulturplanterne. Såvel ved jordbehandling, som ved behandling af overjordiske plantedele, kan der forekomme rester i kulturplanterne. Af hensyn til foreskrevne behandlingsfrister samt at der ved eksport af levnedsmidler er fastsat tolerancegrænser for indhold af sprøjterester i levnedsmidler, må der stilles krav om nøjagtighed i dosen.

Set ud fra et rent biologisk synspunkt er der nogen af insekticiderne, der kan forårsage væksthæmning eller misfarvning af kulturplanterne ved dobbelt dosis som f.eks. parathion. Af hensyn til evt. skade på faunaen iøvrigt samt af økonomiske grunde, bør dosen ikke være højere end, hvad der er strengt nødvendigt for bekæmpelse af skadevolderen.

Er mindste dosis ved fordelingen af midlerne tilstrækkelig til at opnå tilfredsstillende effekt, må alt hvad der derudover er fordelt, betragtes som overdosis. Med dette som baggrund må der stilles store krav om nøjagtighed ved fordelingen af insekticider. Jo nærmere den anbefalede dosis er ved mindste nødvendige dosis, jo større må kravet om nøjagtighed ved fordelingen blive.

KONKLUSION

Ud fra et biologisk synspunkt og med hensyntagen til de givne forhold for udbringningen af midlerne vurderes kravet om nøjagtighed i dosen med insekticider til $\pm 33\%$.

2.2 V æ s k e m æ n g d e

Der er tidligere anbefalet stor væskemængde ca. 800 liter pr. ha generelt ved marksprøjtning med insekticider. Det er senere vist (Wilson, Hedden, Sleesman 1963), at der blev opnået lige så god virkning med en væskemængde på ca. 300-400 l/ha. De gode resultater, der er opnået ved sprøjtning fra flyvemaskine med 30-50 liter pr. ha, samt fordeling med meget lav volumen og CDA-fordeling fra 5-20 liter væske pr. ha eller ultra low volumen, d.v.s. under 5 l væske/ha viser, at det er muligt at opnå en tilfredsstillende effektivitet med betydelig mindre væskemængde end, hvad der almindeligvis regnes for nødvendig. Ved sprøjtning med insekticider mod skadedyr på planter er dækningsgraden afgørende for effekten. Stor væskemængde giver stor dækningsgrad; men dækningsgraden er også afhængig af dråbestørrelsen.

2.3 D r å b e s t ø r r e l s e, virkning

Wilson et al. (1963) viste ved forsøg udført i rækkeafgrøder med midler til bekæmpelse af insekter og plantesygdomme, at der blev opnået lige så god effekt med en dråbestørrelse på $400\ \mu\text{MMD}$ ved et væsketryk på 2,1 - 3,5 bar og væskemængder på 200 - 400 l/ha, som ved en dråbestørrelse

på 100-150 μ MMD dannet under meget større tryk og sommetider også i forbindelse med højere væskemængder. En væskemængde på 100 l/ha gav i de fleste tilfælde for lille effekt ved fordeling med marksprøjte og hydrauliske dyser.

Der er dog mange eksempler fra praksis, hvor der er opnået god virkning med en dråbestørrelse på ca. 100 μ ved fordeling af insekticider. Det er især i de oversøiske lande og udviklingslandene, man har anvendt rotationsfordelere og små væskemængder til fordeling af insekticider med godt resultat. I frugtavl, havebruget og skovbruget i Europa fordeles insekticider ofte ved hjælp af tågesprøjte, hvor en stor procentdel af dråberne er på ca. 100 μ .

Jo mindre dråberne er, jo større er dækningsgraden. Den mest effektive dråbestørrelse, er den dråbestørrelse, hvormed der ved anvendelse af mindste mængde kemikalie bliver opnået en tilfredsstillende effekt overfor skadevoldere. Den mest hensigtsmæssige dråbestørrelse er den dråbestørrelse, der giver størst effekt og mindst påvirkning af omgivelserne ellers. På grundlag af flere undersøgelser, anses den mest hensigtsmæssige dråbestørrelse for at være i området fra 200 μ til 300 μ ved sprøjtning med insekticider i landbrug og havebrug.

Når insekticider virker indirekte ved afsætning på bladene, og denne virkemåde bliver anset for at være vigtigst og mest effektiv, er dråber på 200-300 μ antagelig mest hensigtsmæssig.

I en undersøgelse Himel (1969) konkluderes det imidlertid, at dråber på 20 μ er mest hensigtsmæssige. Denne dråbestørrelse er så lille, at afdriften antagelig er meget stor. Det påvises imidlertid, at dråberne bliver afsat på og optaget af skadevolderne. Afsætningen af dråberne er betinget af den hastighed, dråberne har, idet de skal afsættes på objektet. Ved en særlig målemetode er det muligt at bestemme de afsatte dråbers tørrelse, og det vises, at dråber på 20 μ bliver afsat på skadevoldere og plantedele. Det påpeges, at direkte kontaktvirkning med 20 μ store dråber er mest effektiv, og samtidig vil reduktionen i tilført mængde kemikalie pr. arealenhed medføre, at denne dråbestørrelse også bliver den mest hensigtsmæssige.

VURDERING

Meget tyder på, at der i fremtiden vil ske en omfattende teknisk udvikling i sprøjteudstyret til udbringning af insekticider. Udviklingen går i retning af en reduktion i væskemængden og fordeling i form af små dråber. Sprøjtevæsken bliver mere koncentreret, og da mange af midlerne er i fareklasse A, bør denne udvikling nøje følges, f.eks. ved at undersøge virkningen på omgivelserne, før metoden tages i anvendelse af praksis.

3. F u n g i c i d e r

Udbringningen af fungicider i landbrug og havebrug sker næsten udelukkende ved hjælp af marksprøjte. Sprøjtningerne udføres enten ved bredsprøjtning eller ved sprøjtning af kulturer i række med specialudstyr.

Fungicider kan anvendes som beskyttelsessprøjtning, eller de kan have kurativ virkning.

Ligesom for insekticidernes vedkommende er en tilstrækkelig stor dækningsgrad afgørende for effekten.

Fungiciderne anvendes hovedsagelig til sprøjtning på planterne, f.eks. til bekæmpelse af meldug (*Erysiphe graminis*) på korn og engrapgræs (*Poa pratensis*), eller til bekæmpelse af gråskimmel (*Botrytis cinerea*) på jordbær (*Fragaria*) og kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans*).

3. 1 D o s e n.

Krav til nøjagtighed i dosen er ikke mindre for fungicider end for herbicider, snarere tværtimod, idet nogle af midlerne kan forårsage skade på kulturplanterne f.eks. tridemorph (*Calixin*) i hvede. Danske plantepatologer mener, at et krav om en nøjagtighed på $\pm 33\%$ er for vide grænser for dosen. Også for fungicidernes vedkommende gælder, at når mindste dosis er tilstrækkelig til at opnå tilfredsstillende effekt, må alt, hvad der derudover er fordelt, betragtes som overdosis.

3. 2 V æ s k e m æ n g d e.

Til sprøjtning mod meldug (*Erysiphe graminis*) i korn anbefales en stor væskemængde på 400-600 liter væske pr. ha. Til bekæmpelse af gråskimmel (*Botrytis cinerea*) på jordbær (*Fragaria*) bliver tilrådet en væskemængde på 1500 liter pr. ha samt stort tryk og god gennemsprøjtning af planterne.

A. Nordby (1969) viste at sprøjtning mod gråskimmel (*Botrytis cinerea*) på jordbær (*Fragaria*) ikke gav forskel i virkning med væskemængder på fra 500 til 2000 liter pr. ha. På baggrund af forsøgene bliver der tilrådet en væskemængde på 1000 liter pr. ha for praksis. Dyser med MMD værdier på 142 og 163 μ giver ikke meget bevægelse i bladmassen, og det vil være nødvendigt for at få afsætning af sprøjtevæske på de inderste dele i bladmassen. Der tilrådes sprøjtning med specialudstyr, 4 dyser på en bøjle over rækken. Sprøjtning med et tryk på 10 bar og fladsprededyse, der giver mere end 1 liter pr. min ved 10 bar.

3.3 Dråbestørrelse, virkning

Frich (1970) har udført forsøg vedrørende bekæmpelse af æblemeldug (*Podosphaera leucotricha*), der omfattede dråbestørrelser på 100-175 og 400 μ . Dråber på 175 μ gav bedre virkning end dråber på 400 μ , og der var ingen fordel ved at anvende dråber på 100 μ på trods af den større dækningsgrad. Særlig i de lave koncentrationer var der forskel på virkningen af de nævnte dråbestørrelser, men med stigende koncentration blev forskellen mindre.

For fungicidernes vedkommende tyder undersøgelserne på, at en dråbestørrelse på ca. 200 μ giver den bedste virkning.

4. Sammenlæg.

For i de fleste tilfælde at kunne opnå en gunstig virkning ved fordeling af plantebeskyttelsesmidlerne: herbicider, insekticider og fungicider vurderes det maksimalt acceptable udsving i dosen til ± 33 %. For at opnå størst mulig virkning ved lavest mulige dosis bør der tilstræbes en nøjagtighed i dosen, der ligger inden for ± 10 %.

Væskemængden kan variere meget, uden at det går ud over effektiviteten. Reduktion af væskemængden er en betydelig besparelse ved fordelingen. Den sprøjtetekniske udvikling går i retning af at anvende mindre væskemængde, ofte i forbindelse med en fin forstøvning af sprøjtevæsken.

Dråbestørrelsen har stor betydning for effekten. En dråbestørrelse på 200-300 μ har i mange tilfælde givet god virkning. Bortset fra selektive sprøjtninger med herbicider og enkelte andre tilfælde har en dråbestørrelse på omkring 100 μ vist sig at være meget effektiv, og den udgør en

stigende procentdel af sprøjtetouchen i forbindelse med reduktion af væskemængden, når væsken fordeles med hydrauliske dyser. Specielle rotationsfordelere kan give ensartet dråbestørrelse og denne metode har vist gode resultater ved en dråbestørrelse på ca. 100 μ . Rotationsfordelere kan også give en dråbestørrelse på 200-300 μ og de foreløbige resultater er lovende.

Der kan skelnes imellem den mest "effektive" og den mest "hensigtsmæssige" dråbestørrelse. Den mest effektive dråbestørrelse giver størst effekt uden hensyn til påvirkning af omgivelserne iøvrigt. Den mest hensigtsmæssige dråbestørrelse giver størst effekt med så lille påvirkning af omgivelserne som muligt.

En dråbestørrelse på 100 μ har karakter af tåge og er stærkt udsat for afdrift. Afdriftens omfang ved forskellige behandlingsmetoder bør måles, så der på baggrund heraf kan foretages en vurdering af virkningen på omgivelserne iøvrigt. I tilfælde af fare for skade på omgivelserne bør der vejledes om anvendelse af en mere hensigtsmæssig sprøjteteknik.

5. Muligheder for vejledning om en hensigtsmæssig sprøjteteknik

HERBICIDER

Vejledning om anvendelse af en hensigtsmæssig sprøjteteknik er i de fleste tilfælde indskrænket til anbefaling af en vis væskemængde pr. arealenhed. Den angivne væskemængde kan imidlertid opnås ved sprøjtning med: 1) lille dyse og højt tryk, hvilket giver mange små dråber, eller 2) stor dyse og lavt tryk, hvilket giver mange store dråber. Vejledningen er derfor utilstrækkelig. En sprøjteteknisk vejledning om effektivitet, selektivitet og risiko for afdrift kan gives ved anførelse af en hensigtsmæssig dysetype og dråbestørrelse. På grund af dråbestørrelsesfordelingen må MMD anføres. Iager den sprøjtetekniske vejledning kun sigte på at forebygge afdrift, kan det anføres, hvor mange procent af sprøjtevæsken, der må være fordelt i form af dråber på 100 μ og derunder for en given dysetype.

For at udnytte en sådan vejledning forudsætter det kendskab til MMD og dråbestørrelsesfordelingen fra forskellige dysetyper, dysestørrelser og fabrikater.

Oplysninger om dråbestørrelsesfordeling og MMD for de på markedet værende dyser er meget mangelfulde. Dette medfører, at en sprøjteteknisk vejledning omfatter de enkelte fabrikater, dysetyper, tryk og ydelse i liter pr. min. En sådan vejledning kan medvirke til at øge midlernes effektivitet, men den giver ikke brugeren mulighed for selv at vælge sprøjteteknik eller for at give en objektiv vejledning om en hensigtsmæssig sprøjteteknik.

Ved valg af dyser bør brugeren derfor sikre sig, at der findes oplysninger om dråbestørrelsesfordelingen.

Det er forholdsvis få herbicider, hvor dråbestørrelsens betydning for midlernes effekt er så godt kendt, at der kan gives vejledning om speciel sprøjteteknik på midlernes brugsanvisning som f.eks. for phenmedipham (Betanal) og barban (Carbyne). Ved en sådan anvendelse af en speciel sprøjteteknik er der opnået en bedre udnyttelse af midlerne, og deres effektivitet er øget stærkt. Det er et område, der tilsyneladende er i udvikling.

For bladherbicidernes vedkommende kan der ikke generelt vejledes om forebyggelse af afdrift ved hjælp af ændret dråbestørrelse, uden at det får stor indflydelse på effektiviteten. Ved vejledning eller forskrifter om en hensigtsmæssig sprøjteteknik for at beskytte mennesker eller miljø, må der i hvert enkelt tilfælde tages hensyn til den sprøjteteknik, der er nødvendig for at opnå en tilfredsstillende effekt.

INSEKTICIDER OG FUNGICIDER

For insekticiders og fungiciders vedkommende vejledes der ikke om speciel sprøjteteknik udover anvendelse af en vis væskemængde pr. arealenhed. De gode resultater, der er opnået ved flysprøjtninger og CDA forling med små væskemængder, tyder på, at der er uudnyttede muligheder for at reducere væskemængden eller øge effektiviteten ved anvendelse af speciel sprøjteteknik.

Sprøjteudstyret kan derimod anvendes på en sådan måde, at det fremmer effektiviteten, men udsætter mennesker og miljø for en unødigt risiko. Denne form for sprøjtning må begrænses mest mulig, f.eks. ved at anføre forskrifter om hensigtsmæssig sprøjteteknik.

III KVALITETEN AF SPRØJTEARBEJDET VED SPRØJTNING MED MARKSPRØJTE.

Dosen og dråbestørrelsen er grundlaget for de sprøjtetekniske faktorer, der påvirker effekten af plantebeskyttelsesmidler. I oversigt 1 (side 4) er vist hvilke tekniske faktorer, der har indflydelse på dosen, og i oversigt 2 (side 5) hvilke tekniske faktorer, der har indflydelse på dråbestørrelsen ved sprøjtning med marksprøjte.

1. Variation i dosen ved sprøjtning med marksprøjte.

Ved opløsning eller opblanding af midlet i vand og fordeling med en given væskemængde pr. arealenhed bliver dosen knyttet til væskemængden.

1.1 Dosering ved hjælp af væskemængden

Ved fordeling af en given væskemængde pr. arealenhed med marksprøjte kan væskemængden reguleres ved ændring af kørehastighed, dysestørrelse og tryk.

Kalibrering af en marksprøjte

I sprøjtevejledninger og på brugsanvisninger står anbefalet væskemængde ved fordeling af plantebeskyttelsesmidler. Brugsanvisninger for marksprøjter og officielle meddelelser om afprøvning af marksprøjter indeholder tabeller over hvilke dysestørrelser, tryk og kørehastighed, der skal anvendes for at få marksprøjten til at give en bestemt væskemængde.

Kørehastigheden er betinget af kørselsforholdene i marken. I kornmarker vil en kørehastighed på 6-8 km pr. time være passende. Ud fra den mulige kørehastighed vælges dysestørrelse og tryk, der så nær som muligt giver den ønskede væskemængde og tilgodeser den ønskede sprøjteteknik.

Væskemængden l/ha, kontrolleres derefter på følgende måde: Ud fra spredbredden og kørehastighed beregnes tid for sprøjtning af 1 ha i minutter (t). Derefter måles sprøjtens ydelse i l væske pr. min (y). Væskemængden i l pr. ha bliver da: $t \times y$. Kørehastigheden og ydelsen kontrolleres ved kørsel i marken.

Doseringens afhængighed af kørehastigheden.

Tryk og dysestørrelse er konstant; men kørehastigheden kan variere især på kuperet terrain. Årsager til variationerne i kørehastigheden kan være:

1. unøjagtighed i speedometervisningen
2. regulering med gashåndtaget
3. hjulslip i marken (drivhjulene skrider på jordoverfladen)

Speedometervisningen bør kontrolleres. Unøjagtigheder må betegnes som systematisk fejl, der kan blive meget stor.

Regulering med gashåndtaget kan kun give kortvarige variationer i kørehastigheden.

En orienterende undersøgelse udført ved Statens Redskabsprøver viser, at variationen i doseringen som følge af hjulslippet ligger på omkring 3% ved kørehastigheder på 5, 9 og 11 km pr. time, dels ved kørsel på op- og nedhældt jord og stigning i terrainet på 3°, og dels ved kørsel på grønjord og stigning på 3° og 7°. Ved en kørehastighed på 13 km/time blev variationen i doseringen 2-3 gange så stor. Ved en moderat kørehastighed skulle variationen i doseringen som følge af kørehastigheden kunne holdes nede på ca. 3%. Kontrolleres kørehastigheden ikke, og er kørehastigheden for stor, kan variationen i doseringen let blive på 10% og derover.

Til marksprøjter er nu konstrueret forskelligt udstyr, der gør doseringen afhængig af kørehastigheden Schmidt-Ott (1976). Tilsyneladende skulle udstyret kunne eliminere de forskelle i doseringen, der opstår som følge af kørehastigheden; men nøjagtigheden ved dosering med et sådant udstyr bør nærmere afprøves.

1.2 Variationer i dosen ved fordeling af plantebeskyttelsesmidler fra sprederbomme

Fordelingen fra sprederbommen sker ved en række dyser placeret med en ensartet indbyrdes afstand på sprederbommen. Der findes 3 dysetyper, som mest almindeligt bliver anvendt i praksis: hvirvelkammerdyse med hul kegle eller fuld kegle, fladsprededyser med alm. eller even spray og reflexdyser.

Ensartethed i de enkelte dysers ydelse

Dysernes ydelse i l pr. min bliver undersøgt ved afprøvningen af marksprøjter. Efter resultater fra afprøvningen af sprøjter (Statens Maskinprovninger, 1972, a.b.c.) og Statens Redskabsprøver (1968 b) ligger variationerne som regel indenfor $\pm 3\%$ fra middeltallet for både hvirvelkammer-

dyser og fladsprededyser.

På grund af mangler i præcisionen ved fremstillingen hænder det ofte, at et sæt dyser allerede som nye viser stor indbyrdes variation i væskemængden, Svensson (1976). I en undersøgelse, der omfattede både hvirvelkammerdyser og fladsprededyser Eriksson (1975), blev 4 sæt dyser undersøgt. I 2 af sætterne var der nogle af dyserne, der havde større afvigelser fra middeltallet end 5%.

Ved afprøvningen af sprøjter i Lyskland, BBA (1976), er en afvigelse i ydelsen på 5% fra middeltallet den højeste afvigelse, som bør accepteres for nye dyser.

Dyserne slides under brugen og dermed bliver fordelingen og ydelsen i f.eks. liter pr. min ændret. Omfanget af sliddet afhænger af, hvilket materiale dysespidsene er udført i, endvidere kan sprøjtemidlet have slibende virkning eller have mere eller mindre ætsende virkning.

I den officielle vejledning om anvendelse af marksprøjter, Permin og Højgård Rasmussen (1971), bliver det tilrådt, at prøve dysernes ydelse før sprøjtesæsonen bliver påbegyndt. Er dysernes ydelse ensartet kan doseringen reguleres ved hjælp af kørehastigheden eller trykket. En jævn fordeling opnås ved justering af bomhøjden. Foreløbige undersøgelser af sliddet på dyser af messing og plastic (ikke publiceret) viser, at skævheder af betydning i fordelingen først forekommer, når dysernes ydelse er forøget med ca. 30% som følge af slitage med et slibende middel.

Som følge af at dyserne slides, kan det anbefales at skifte dyser på spredebomme, når den enkelte dyses ydelse afviger mere end 5% fra gennemsnittet.

Variationer i fordelingen fra enkelte dyser og flere dyser monteret på en spredebom.

Behandlingen med plantebeskyttelsesmidler kan gennemføres på flere måder:

BÅNDSPRØJTNING

Ved båndsprøjtning bliver der i rækkeafgrøder sprøjtet i et ca. 18 cm bredt bånd over hver række med en enkelt dyse. Metoden bliver mest anvendt ved fordeling af herbicider. Til fordelingen anvendes en hvirvelkammerdyse eller fladsprededyse af typen "even spray", hvilket antyder, at dysen skulle give lige meget væske i hele spredebredden.

Der er udført undersøgelser over fordelingen af væsken fra den enkelte dyse, og denne er afgørende for dosen ved båndsprøjtning. En afprøvning af dyser til båndsprøjtning, Statens Redskabsprøver (1965 b), viste, at relationen mellem største og mindste væskemængde i et 15 cm bredt bånd var som 100 til 60 for bedste dyse.

BREDSPRØJTNING

Ved sprøjtning med spredébom og bredsprøjtning er det fordelingen fra flere dyser på spredébommen, der er afgørende for fordelingen. Fordelingen fra den enkelte dyse såvel som fra hele spredébommen må være jævn. Hvirvelkammerdyser med hul kegle er stadig mest anvendt i praksis, fladsprededyser anvendes i stigende udstrækning, mens reflexdyser kun anvendes i mindre omfang.

SPREDEBOMMENS BEVÆGELSER

Spredébommens længde og konstruktion har stor indflydelse på spredébommens bevægelser under sprøjtningen. Der er kun udført få undersøgelser over spredébommens bevægelser.

I en undersøgelse Weij (1970) er variationerne i spredébommens bevægelse fulgt, når sprøjtten passerer over en 5 cm høj forhindring. Når spredébommen var 12 m lang, varierede endepunktet af spredébommen i hastighed fra +1 til +3 gange den normale hastighed på traktorer ved 4-7 km i timen. Den maksimale vertikale bevægelse i enden af bommen på 12 m var 80 cm.

En anden redegørelse Schmidt-Ott (1976) anfører forskellige former for stabilisering af spredébomme: 1) en aktiv stabilisering f.eks. ved at understøtte enden af spredébommen med hjul og 2) en passiv stabilisering f.eks. ved ophæng som pendler eller i fjedrende ophæng. En aktiv stabilisering er bedst fordi spredébommens stilling afpasses efter jordoverfladens hældning i modsætning til passiv stabilisering. Et forsøg udført på testbane med 5 cm høje forhindringer viser, at spredébommens vertikale udsving varierede mellem 10 og 80 cm ved en bomhøjde på 50 cm og fast ophængt spredébom. Ved passiv stabilisering, hvor spredébommen var ophængt som et affjedret pendel, blev spredébommens udsving reduceret til mellem 35 og 60 cm.

Spredébommens bevægelser vil naturligvis være betinget af hvor mange forhindringer, der er i marken, endvidere af jordens fasthed og traktorens vægt. Undersøgelser godtgør, at udsvingene kan være meget store.

Kun enkelte nye modeller af marksprøjter bliver leveret med stabiliserede ophæng. Alle andre marksprøjter har fast ophæng af spredbommen. For at rationalisere sprøjtearbejdet gøres spredbommene stadig længere, de leveres f.eks. som standard i længder på 6-8-10-12-16 og 20 m. Spredbomme på mere end 8 m længde bør være stabiliserede.

SPREDEBOMMENS HØJDE

Det må anbefales at sætte spredbommen i den højde, hvor dyserne giver den bedste fordeling af væsken. Af hensyn til afdriftens omfang må spredbommen anbringes så lavt som muligt. En bomhøjde på ikke over ca. 40 cm bør tilstræbes, Nordby og Skuterud (1975). Skal fordelingen fra en spredbom i bevægelse være jævn, må dyserne kunne fordele væsken ensartet ved varierende bomhøjde. Efter de foreliggende målinger, Weij (1970), vil det f.eks. være en fordel, om fordelingen fra spredbommen er jævn, når spredbommens højde varierer fra 30-60 cm.

Fordelingen fra spredbomme måles ved afprøvningen af marksprøjter og angives sædvanligvis ved variationskoefficienten. Variationskoefficienten er standardafvigelsen i procent af middelværdien. Jo lavere variationskoefficienten er, jo bedre er fordelingen.

Tabel 3. Variationskoefficienter ved forskellig bomhøjde og tryk.

Dysetype	Arbejdstryk		Bomhøjde m						
	kg/cm ²	(MPa)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	variationskoefficient
D3-45	5	0,49			25,3	<u>13,3</u>	14,8	19,0	
	10	0,98	58,2	39,3	21,5	<u>21,3</u>	27,0	26,5	
11004	2,5	0,25	8,5	4,9	11,1	12,2	4,7	<u>3,3</u>	
	5	0,49	6,5	6,5	9,7	5,4	<u>3,5</u>	4,4	
	10	0,98	6,3	5,9	7,8	<u>5,4</u>	6,8	8,1	
11008	2,5	0,25	9,1	5,5	<u>3,9</u>	8,1	6,7	6,6	
	5	0,49	9,1	4,7	<u>4,6</u>	5,7	6,3	6,8	
	7	0,69	8,3	<u>4,3</u>	5,8	6,0	7,0	6,7	
8001 E	2,5	0,25	7,8	20,1	18,7	9,1	<u>5,9</u>	6,6	
	5	0,49	14,2	22,3	15,7	8,1	<u>5,0</u>	5,7	
TKSS 7,5	1	0,1	40,1	32,6	26,0	<u>17,6</u>	24,2	18,8	
	2	0,2	30,7	17,3	11,8	19,9	12,0	<u>7,8</u>	

Et eksempel på resultatet af fordelingen fra spredebom ved afprøvning af marksprøjter er vist i tabel 3.

Ved den officielle afprøvning af sprøjter i Tyskland er der sat en tolerancegrænse på fordelingen fra side til side under spredebommen ved ± 15 % fra gennemsnittet. Efter vedtaget dansk standard, Dansk Standardiseringsråd (1974), for afprøvning af marksprøjter er der ikke fastsat tolerancegrænser; men det skal anføres i prøvningsrapporten, hvis væskemængden noget steds på spredebommen afviger mere en 1/3 fra middelværdien ved bedste bømhøjde.

Når det maksimale udsving i dosen ikke må overstige $\pm 33\%$, vil det være rimeligt at vurdere variationskoefficienten således, at en variationskoefficient på 20 og derover almindeligvis ikke er acceptabel ved sprøjtning med herbicider og en variationskoefficient på under 15 bør tilstræbes. Denne vurdering er imidlertid gjort ud fra krav om fordeling i marken. Resultatet af målingerne vist i tabel 3 er derimod foretaget stationært på spredebord, og heri indgår ikke variationer i fordelingen fra en spredebom i bevægelse. Det vil derfor være tilrådeligt at tilstræbe en variationskoefficient på 10 og derunder.

Forskellige dysetypers egnethed til fordeling af væske fra spredebomme.

Fladsprededyser og hvirvelkammerdyser med fuld kegle giver mest væske i midten af sprøjtetouchen og mindre ude i siderne. For at give en jævn fordeling må sprøjtetouchen fra de enkelte dyser lappe ind over hinanden, hvilket vil medføre, at fordelingen bliver forholdsvis jævn ved variation af bomhøjden. Et eksempel på fordelingen fra enkelte dysetyper er vist i figur 3.

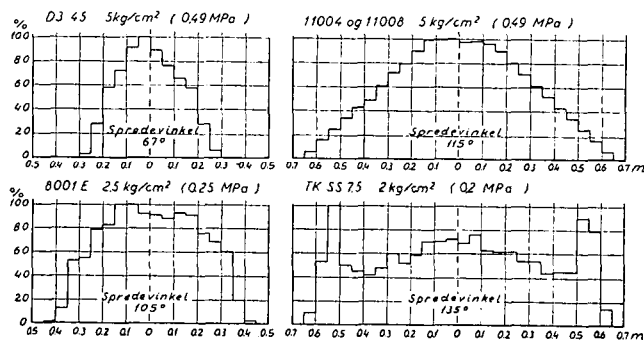


Fig. 3. Væskefordeling ved 0,5 m bomhøjde fra forskellige dyser.
(Statens Redskabsprøver 1976).

Dyse D 3. 45 er en hvirvelkammerdyse med fuld kegle, 11004 og 1008 er fladsprededyser med alm. fordeling. 8001 E er en fladsprededyse med "even spray" fordeling og TK. SS 7,5 er en reflexdyse.

Dysernes spredevinkel er afgørende for, hvilken højde spredorøret skal placeres i. Spredevinklens indflydelse på fordelingen fra en spredebom placeret i højderne 30-50-60 cm viser, Zaske (1969), at fladsprededyser med spredevinkler på 110° og 120° giver langt bedre fordeling ved tryk på 1,25, 2,5 og 5,0 bar end en dyse med 80° spredevinkel. Ved de anførte bomhøjder og tryk var afvigelserne fra middelværdien på ca. $\pm 15\%$ og derunder med en spredevinkel på 110° og 120° . En spredevinkel på 120° synes lidt bedre end 110° ved laveste tryk, og 120° spredevinkel bliver derfor anbefalet.

En hvirvelkammerdyse med fuld kegle og 110° spredevinkel viste sig at give lige så god en fordeling som 110° og 120° fladsprededyser ved alle tre tryk og bomhøjder.

Fordelingen fra spredebom påsat fladsprededyser eller hvirvelkammerdyser med fuld eller hul kegle har tidligere været undersøgt Weij (1970). Ud fra undersøgelsen konkluderes, at fladsprededyser og hvirvelkammerdyser med fuld kegle giver bedst fordeling målt fra side til side under bommen; men fordelingen på langs under kørslen er bedre med hvirvelkammerdyser med fuld kegle eller hul kegle end med fladsprededyser. Grunden hertil angives at være et betydeligt smallere sprederbillede for fladsprededyserne end for hvirvelkammerdyserne.

Fordelingen fra spredebom under kørsel med forskellige dysetyper bør yderligere undersøges.

Valg af dysetype

Afprøvning af fordeling fra spredebom med hvirvelkammerdyser med hul kegle viser meget høje variationskoefficienter for små ændringer i sprederbommens højde, Statens Maskinprøvninger (1972 a, b). De hvirvelkammerdyser med fuld kegle, der er i handlen, har lille spredevinkel, hvilket kræver stor bomhøjde. Indtil videre undersøgelser fore-

ligger må fladsprededyser derfor anbefales.

Jo mindre dyseåbningen er jo oftere vil dysen blive blokeret af urenheder i væsken. Fladsprededysen har et forholdsvis lille tværsnit i dyseåbningen og er derfor mere tilbøjelig til at blive blokeret end hvirvelkammerdysen. Reflexdysen har mindst tilbøjelighed til at blive blokeret. Blokering af fladsprededyserne undgås ved at anvende tilstrækkelig fint-maskede filtre.

Endedyser

For at øge spredébommens rækkevidde er der på nogle fabrikater af marksprøjter monteret *endedyser* på spredébommen. Dyserne bliver betegnet som Off Center (OC) dyser, da en stor del af sprededouchen bliver fordelt til den ene side. En undersøgelse af fordelingen (fig. 4) viser, at der lige under dyserne kommer 5 gange så meget som under spredébommen iøvrigt, og at fordelingen er meget følsom overfor sidevind. Det må derfor frarådes at anvende endedyser ved sprøjtning med plantebeskyttelsesmidler, der stiller krav om jævn fordeling.

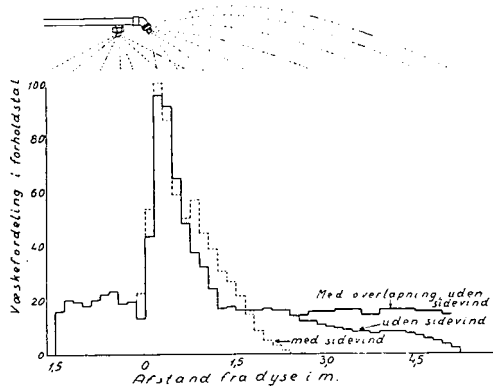


Fig 4. Væskefordeling fra endedyse. (Statens Redskabsprøver 1968 a).

Kørsel i marken

I praksis vil dobbelt dosering forekomme ved bredsprøjtning alle de steder, hvor sprøjtebredderne efter hver køregang med sprøjten lapper ind over hinanden. Når sprøjterne er udstyret f.eks. med skummarkører til markering af spredebredden, kan overlappning undgås; men det er de færreste sprøjter, der har et sådant udstyr. Ved sprøjtning uden markør bliver fuld dækning af arealet sikret ved at lade sprøjtebredderne lappe lidt over hinanden.

Sprøjtevæskens ensartethed

En jævn fordeling af plantebeskyttelsesmidler formuleret som emulsioner eller suspensioner kræver, at o m r ø r i n g s s y s t e m e t i s p r ø j t e n er så effektivt, at koncentrationen i væsken er lige så ensartet, når væskebeholderen er fuld, som når den sidste væske bliver sprøjtet ud. I praksis er der sket skader på store arealer ved fejl i doseringen som følge af utilstrækkelig omrøring af sprøjtevæsken. Årsagerne hertil har dels været manglende pumpekapacitet på sprøjter med hydraulisk omrøring, og dels manglende viden om sprøjtens rette betjening. Efter nye regler for afprøvning af marksprøjter vil effektiviteten af omrøringssystemet blive undersøgt.

Tabel 4. Blandingstid og omrøringens effektivitet.

BLANDINGSTID		OMRØRINGENS EFFEKTIVITET	
Tid efter start af omrøring min	Blandingsforh. %	Udsprøjtet væskemængde 1	Blandings- forhold %
		ved start	1,96
0,5	1,45	60	1,85
1	1,28	120	1,87
1,5	1,32	180	1,85
2	1,33	240	1,82
2,5	1,34	300	1,89
3	1,35	360	1,84
3,5	1,36	420	1,88
4	1,35	480	1,86
4,5	1,36	540	1,95
5	1,35	600	2,31

(Statens Redskabsprøver 1976)

I tabel 4 er vist resultatet fra en prøve over blandingstid og omrøringens effektivitet. Til prøven er anvendt en opslemning indeholdende 2% sprøjtesvovl. Af tallene for blandingstid fremgår, at når sprøjtesvovlet var bundfældet, var omrøringssystemet efter omrøring i 5 min ikke istand til at opnå det kalkulerede blandingsforhold på 2%. Omrøringssystemet var igang under hele prøven på omrøringens effektivitet, hvor blandingsforholdet varierede mellem 1,82 og 2,31 %. Ved denne type omrøringssystem må sidstnævnte fremgangsmåde anbefales ved sprøjtning med suspensioner.

Det viste eksempel er fra en nyere marksprøjte, mange ældre marksprøjter har langt ringere effekt på omrøringssystemet.

For at opnå bedst mulig fordeling af et plantebeskyttelsesmiddel bør der på etiketten stå, om midlet ved opblanding med vand danner en opslæmning, emulsion eller en ren opløsning.

1.3 Afdriftens omfang.

Afdriftens omfang er afhængig af vindhastigheden, dråbernes faldhøjde og dråbestørrelsen Brooks (1947). Hvilke faktorer, der påvirker afdriftens omfang er nærmere omtalt ved Permin (1969).

Dråbernes faldhøjde er ved marksprøjtning som regel angivet ved bomhøjden, og bomhøjden er knyttet til behandlingsmetoden.

Ved båndsprøjtning med 20 cm båndbredde er faldhøjden sædvanligvis 10-13 cm. Er dyserne beskyttet af vindskærme bliver afdriftens omfang sandsynligvis så lille, at den ikke har betydning for doseringen.

Ved bredsprøjtning er faldhøjden afhængig af dysernes spredevinkel, og hvor meget en sprededouche skal lappe ind over en anden sprededouche for at give tilfredsstillende jævn fordeling. Fladsprededyser med en spredevinkel på 110° og monteret i en indbyrdes afstand på 50 cm giver en jævn fordeling ved en bomhøjde på ca. 40 cm.

Det vil ofte være nødvendigt med en større bomhøjde for at få en jævn fordeling ved f.eks. sprøjtning med hvirvelkammerdyser og hul kegle, der har mindre spredevinkel. 50-60 cm bomhøjde er ved afprøvningen af sprøjter målt til at være den bedste bomhøjde for en jævn fordeling med de dyser, der bliver leveret som standardudstyr på en del marksprøjter, Statens Maskinprovninger (1972 a, b, c), Statens Redskabsprøver (1968 b).

Afdriftens omfang ved forskellig bomhøjde, tryk og vindhastighed.

En undersøgelse udført af Nordby og Skuterud (1975), viser at ved en forøgelse af bomhøjden fra 40-80 cm, blev afdriften forøget fra 1 % til 3,2 %. Når trykket blev forøget fra 2,5 til 10 bar, eller når vindhastigheden blev forøget fra 1,5 m/sec til 4 m/sec, så blev i begge tilfælde afdriftens omfang øget fra 1,4 % til 2,9 %.

Sprøjtning under gunstige forhold med korrekt indstillet apparatur viste en afdrift på 1,4 % af den udsprøjtede dosis. Den målte afdrift er af en størrelsesorden, der nok kan forårsage skade på nabokulturer; men som ikke får indflydelse på effekten af midlerne. Derimod viste en sprøjtning under ugunstige forhold og forkert indstillet apparatur en afdrift på 37 %, hvilket viser, at afdriftens omfang kan være afgørende for en tilfredsstillende effekt.

Andre undersøgelser, Maybank et al. (1974) viser, at den del af sprøjteevæskens, der muligvis vil drive væk med vinden, udgør ca. 3-8% af den samlede væskemængde ved sprøjtning med fladsprededyser.

Til forebyggelse af afdriftens omfang er det prøvet at udstyre marksprøjten med en laskær, Edwards og Ripper (1953),: men denne har vist sig at være for besværlig at anvende på marksprøjter i landbruget. Derimod anvendes afskærmning ofte ved sprøjtning i planteskoler og frugtplantager.

Ved marksprøjtning er det vist, at afdriftens omfang kan nedsættes ved ændring af dysestørrelse og tryk, Permin (1972). Ændring af dysestørrelse og tryk påvirker dråbestørrelsen, der angives ved middeldråbestørrelsen, MMD (Mass Median Diameter).

For at reducere afdriftens omfang ved marksprøjtning er der forskellige metoder under udvikling.

- 1) Tilsætning af fortykningsmidler til sprøjteevæskens f.eks. hydroxyethylcellulose eller polyvinyl-polymer, der forebygger dannelse af små dråber ved sprøjtning med hydrauliske dyser.
- 2) Anvendelse af specielle lavtryksdyser, det er fladsprededyser, som giver en stor spredevinkel og høj ydelse ved lavt tryk.
- 3) Anvendelse af reflexdyser, der giver få, meget små dråber ved lave tryk.
- 4) Anvendelse af regndråbedyser, der er hvirvelkammerdyser, som er forsynet med et sekundært hvirvelkammer.

mer.

- 5) Anvendelse af skumdyser, der ved tilsætning af et skummiddel til sprøjtevæsken fordeler væsken i form af skumklatter, idet væsken bliver blandet med luft i dysen.

Der foreligger endnu kun meget få oplysninger om effekten ved anvendelse af metoderne. Bode et al. (1976) har ved forsøg vist, at afdriften af det, der genfindes under selve spredebommen, kan reduceres til ca. det halve ved tilsætning af et nyt polyvinyl fortykningsmiddel betegnet Nalco-control. I et forsøg viste det sig, at der var 2 til 3 gange mere afdrift ved sprøjtning med alm. fladsprededyse end med reflexdyse, eller lavtryksdyse, eller regndråbedyse.

2. Sprøjtetekniske faktorer, der har indflydelse på dråbestørrelsen.

Dysernes udformning har stor indflydelse på den variation, der er i dråbestørrelsen fra en given dyse.

Hydrauliske dyser.

I de hydrauliske dyser sker dråbedannelsen ved væsketrykket. I hvirvelkammerdyser sættes væsken i rotation inde i dysen og sprededouchen er kegleformet, i fladsprededyser presses væsken mod hinanden fra to sider, sprededouchen er vifteformet, og i reflexdysen rammer en væskestråle en skråtstillet plade, hvorved sprededouchen ligeledes bliver vifteformet.

Trykket har stor indflydelse på dråbestørrelsesfordelingen fra de hydrauliske dyser, og generelt gælder, at jo højere trykket er, jo finere bliver forstøvningsgraden, hvilket fremgår af figur 5, der er en grafisk fremstilling af dråbestørrelsesfordelingen fra en fladsprededyse.

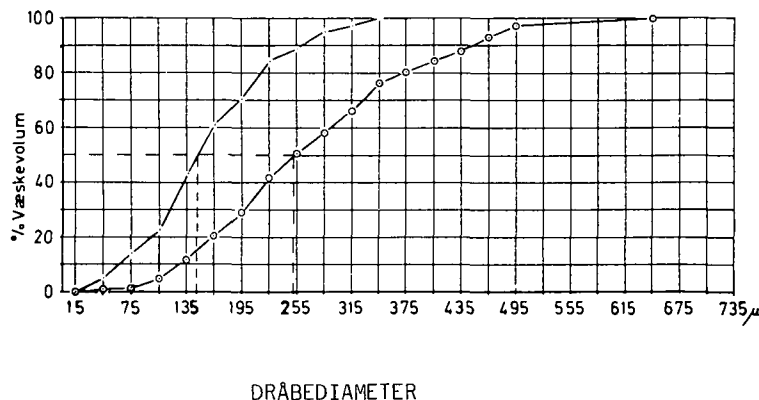


Fig. 5. Fordelingen af væskevolumen på forskellige dråbestørrelser for fladsprededyse APG 110-R.

○ Tryk 0,25 MPa - M.V.D. = 252μ ($1 \mu = 0,001 \text{ mm}$)
 □ " 1,00 " " " = 147μ

(Landbruksteknisk Institutt 1978)

Endvidere gælder generelt for de hydrauliske dyser, at jo mindre hullet er i dysemundstykket og jo større spredvinklen er, jo stærkere bliver forstøvningen af sprøjtevæsken.

De fleste marksprøjter er istand til at yde et langt højere tryk, end hvad der er hensigtsmæssigt ved sprøjtning med herbicider. Lavt tryk giver forholdsvis mange store dråber og næsten ingen forstøvning af sprøjtevæsken. Med fladsprededyser og reflexdyser kan der opnås god fordeling ved dysetryk (væsketrykket umiddelbart før dysen) helt ned til 0,5-1,0 bar, hvorimod hvirvelkammerdyser giver dårlig fordeling ved tryk under 3,0 bar. Der kan forventes bedre effekt med fladsprededyser end reflexdyser på grund af en mere ensartet dråbestørrelse og dermed en bedre dækningsgrad.

Der mangler oplysninger om, hvilken indflydelse ændringer i dråbestørrelsesfordelingen ved anvendelse af forskellige dysetyper, dysestørrelser og tryk har på dels effekten af plantebeskyttelsesmidler og dels på afdriftens omfang.

Rotationsdyser

Med rotationsdyser er der mulighed for at fordele herbicider med en meget lille væskemængde. En væskemængde på 5-50 liter pr. ha bliver ifølge engelsk litteratur betegnet som "meget lav volumen" fordeling og mindre end 5 liter pr. ha som "ultra lav volumen" fordeling.

Rotationsdyser har gennem mange år i USA været anvendt til fordeling af pesticider fra flyvemaskine og fra jordgående materiel. Metoden er nu ved at blive tilpasset marksprøjtning, Taylor et al. (1974).

Dansk BP har i 1974 demonstreret en håndbåret sprøjte med rotationsdyse til "ultra lav volumen" fordeling af plantebeskyttelsesmidler i skovbrug ved en dråbestørrelse på ca. 100 μ .

Endvidere har man ved Skovteknisk Institut Honoré S. (1979) konstrueret en spredebom påsat rotationsdyser, som fordeler væsken i en dråbestørrelse på ca. 250 μ .

Rotationsdyserne kan fordele sprøjtevæsken i dråber af meget ensartet størrelse, og dette åbner mulighed for rent sprøjteteknisk at opnå en god effekt og at forhindre afdrift ved at anvende en dråbestørrelse på ca. 250 μ . Dertil kommer, at besparelsen ved den lave væskemængde har vakt stor interesse i praksis.

Rotationsdyserne består i roterende skiver eller spinnende netværk. Sprøjtevæsken bliver ledet ind i skivens midte og dråbedannelsen sker ved skivens kant. Dråbestørrelsen bliver reguleret ved ændring af skivens hastighed og mængden af tilført væske.

Det er ikke nødvendigt at øge mængden af aktivt stof pr. arealenhed ved "meget lav volumen" fordeling, men den stærkere koncentration af sprøjtevæsken vil medføre en risiko for sprøjtemandskabet og for afdrift, når der anvendes en dråbestørrelse på ca. 100 μ , og dette bør derfor nærmere undersøges.

Vibrationsdyser

Har tidligere været anvendt forsøgsvis specielt til sprøjtning fra lav højde mellem planterækker og med afskærmning for at undgå afdrift.

I vibrationsdyser sker dråbedannelsen ved en bevægelse af dysen, f.eks. ledes væsken under svagt tryk ud gennem huller i en perforeret cylinder, og opdelingen i dråber sker ved en vibrerende bevægelse af cylinderen.

Dyser af den beskrevne type har kun fundet ringe anvendelse i praksis, blandt andet fordi det ikke var muligt at undgå dannelsen af de helt små dråber.

Luftgennemgangsdyser

På grund af at en stor procentdel af sprøjtevæsken bliver stærkt forstøvet, har disse dyser ikke fundet anvendelse til fordeling af herbicider. Ved afprøvning af rygmotorsprøjte med luftgennemgangsdysse er fundet, at op til 30% af væsken kan være fordelt i form af dråber, der er mindre end 100 μ .

I luftgennemgangsdyser sker dråbedannelsen ved friktion mellem luft og væske, der dannes mange små dråber. Denne dysetype bruges i stor udstrækning ved tågesprøjtning med insekticider og fungicider i frugtplantager, hvor væsken føres op i træerne ved hjælp af en kraftig luftstrøm.

Der mangler undersøgelser over afdriftens omfang og den risiko, som sprøjtemandskabet udsætter sig for ved tågesprøjtning.

Sprøjtevæskens egenskaber

Sprøjtevæskens egenskaber kan også have afgørende effekt på dråbestørrelsen, idet fysiske faktorer som overfladespænding og viscositet ændrer den. Overfladespænding for rent vand er som regel 0,072 N/m (72 dyn/cm). Undersøgelser over dråbestørrelsesfordelingen efter ændring af overfladespændingen viser, at en sænkning af overfladespændingen formindsker dråbestørrelsen. Nogle undersøgelser har vist, at sænkes overfladespændingen til 0,040 N/m (40 dyn pr. cm) ved tilsætning af overfladeaktive emner, reduceres dråbestørrelsen med 30-50%, Potts (1946), Dorman (1952).

Tilsætning af spredemidler til sprøjtevæsken har indvirkning på dråbestørrelse og effekt gennem ændret retention og optagelse; men afdriftens omfang forøges. For at kunne vurdere faren for afdrift bør der på midlernes etikette være anført, om spredemidler er tilsat, samt hvad overfladespændingen vil være ved anvendelse af anbefalet væskemængde.

Koncentrationen af væsken kan ændre overfladespændingen; men almindeligvis er koncentrationen af den færdige sprøjtevæske ved fordeling med hydrauliske dyser så lav, at ændringer i overfladespændingen ikke får betydning for dråbestørrelsen. En del herbicider er opløst i organiske opløsnings-

midler f.eks. olie, som så er emulgeret i vand. Det spredemiddel, der er brugt for at holde på emulsionen, vil have lignende virkning som spredemiddel tilsat vand.

Ved tilsætning af fortykningsmidler til sprøjtevæsken forøges sprøjtevæskens stabilitet, så der ikke bliver dannet så mange små dråber. Dette nedsætter faren for afdrift ved moderate vindhastigheder; men samtidig bliver effekten formodentlig knapt så god, fordi dækningsgraden bliver mindre. Sprøjtevæskens viskositet bliver forøget med midler som hydroxyethylcellulose, inverte emulsioner. Derimod bliver viskositeten kun forøget lidt med polyvinyl polymer, Mc Diarmid (1974).

Fortykningsmidler bliver anvendt i praksis f.eks. ved sprøjtning af vejkanter. Hvor det er særlig påkrævet at undgå afdrift af hensyn til nabokulturer f.eks. frugtplantager, kan fortykningsmidler være en løsning.

3. S a m m e n d r a g.

Variationer i doseringen ved fordeling af plantebeskyttelsesmidler med marksprøjte er betydelig større end de krav, der må stilles til ensartethed i dosen for at opnå størst mulig effekt ved lavest mulige dosis.

En del af variationerne kan afhjælpes ved en hensigtsmæssig anvendelse af sprøjteudstyret.

F. EKS.:

- 1) Kørehastigheden må kontrolleres, og den må ikke være så høj, at hjulslippet får indflydelse på doseringen ved kørsel i marken.
- 2) Ensartetheden i dysernes ydelse kontrolleres.
- 3) Korrekt indstilling af spredebommens højde.
- 4) Anvendelse af lavt tryk og store dråber så afdrift undgås.
- 5) Anvendelse af markør under sprøjtearbejdet så overlapninger undgås.

Selv den mest hensigtsmæssige anvendelse af sprøjteudstyret vil ikke gøre det muligt at fordele plantebeskyttelsesmidlerne med en nøjagtig-

hed i dosen på $\pm 10\%$.

Som det fremgår af det fremlagte, er oplysningerne om flere af årsagerne til variation i doseringen mangelfuld.

De årsager, der synes, at være størst behov for oplysning om og forbedring af, er:

- 1) Fordeling fra spredebomme i bevægelse med forskellige dysetyper.
- 2) Omrøring af sprøjtevæsken.
- 3) Kørsel i marken.

Kendskabet til hvilken dråbestørrelse MMD og dråbestørrelsesfordeling, der er resultatet ved en given sprøjteteknik, er nødvendig for at kunne vurdere sprøjtningens effektivitet, og risiko for at påvirke omgivelserne som følge af afdrift.

Oplysningerne om dråbestørrelsesfordelingen for de på markedet værende dyser er meget mangelfulde. Ofte vil dysefabrikanterne have oplysninger om dråbestørrelsesfordelingen fra dyserne. Oplysninger om dråbestørrelsesfordelingen bør i højere grad udnyttes i den videre udvikling af sprøjteteknikken.

LITTERATURLISTE

Audus L. J. et al. 1964): The Physiology and Biochemistry of herbicides. 1-440.

Ayres P. (1978). The influence of application method on the control of vild oats (*Avena fatua* L. and *Avena ludoviciana* Dur.) in winter wheat by difenzoquat applied at a range of growth stages. Proceedings. Controlled drop application. Monograph 22. British Crop Protection Council. 163-170.

Bailey R. J., Kitchen R. (1978). Smartt A. and Roebuck J. A review of ADAS results in 1978 with the controlled drop application of herbicides in cereals. Proceedings. British Crop Protection Conference - Weeds. 1978. vol 2. 695-699.

BBA 1976. Anforderungen an feldspritzen. Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft Merkblatt nr. 46, 1-9.

Bengtson A. (1961). Droppstorlekens inflytande på ogräslans verkan. Växtodling 17. 1-149.

Bode L. E., Butler B. J., Goering C. E. (1976): Spray drift and recovery as affected by spray thickener, nozzle type, and nozzle pressure. Transactions of the ASAE. 213-218.

Brooks F. A. (1947). The drifting of poisonous dusts applied by airplanes and land rigs. Agr. Engrg. 28. 233-239.

Brunskill R. T. (1956). Physical factors affecting the retention of spray droplets on leaf surfaces. Proc. 3. Br. Weed Control Conf. 593-603.

Dansk Standardiseringsråd (1974): Marksprøjter. Afprøvningsmetode til bestemmelse af kapacitet og karakteristik. Dansk Standard DS. 6023. 1-10.

Dansk Standardiseringsråd (1974). Marksprøjter.

Terminologi

Dansk Standard. DS 6022. 1-6.

Dorman R. G. (1952). The atomisation in flat spray.

Brit. Jour. appl. Physics 3. 189-192

Douglas G. (1968). The influence of size of spray droplets on the herbicidal activity of diquat and paraquat.

Weed Research vol 8, no 3, 205-212.

Edwards C. J., Ripper W. E. (1953). Droplet-size rates of application and the avoidance of spray drift.

British Weed Control Conf. Proceedings. 348-367.

Eriksson T. (1975). Jämnhet och vindkänslighet hos några spridarter for växtskyddssprutor.

Institutionen för arbetsmetodik och teknik. Rapport nr. 26. 1-19.

Frich E. L. (1970). The effect of volume, drop size and concentration, and their interaction on the control of apple powdery mildew by Dinocap. Proceedings of a symposium for research workers on pesticide applications. British crop protection council Monograph nr. 2. 23-33.

Himel C. M. (1969). The optimum size for insecticide spray droplets.

Journal of Economic Entomology, vol. 62, no. 4. 919-925.

Honoré S. (1979). Sprøjtning med præcis dråbestørrelse og lav væskemængde. Skoven, vol. 5, 144-147.

Knott L. (1973). Das Eindringen von Spritzstrahlen und Sprühstrahlen und die Tropfenablagerung in Flächenkulturen und Raumkulturen

Vom Fachbereich 15. 1-199. Der Technischen Universität Berlin.

Lake R. J. and Taylor W. A. (1974). Effect on the form of a deposit on the activity of barban applied to *Avena fatua* L.

Weed Research, vol 14, 13-18.

Landbruksteknisk Institutt (1978). Prøve med Comet 400 åkersprøyte.

Melding nr. 438.

Martin J. T. and Juniper B. E. (1970). The cuticles of Plants. 1-347.

Maybank J., Yoshida K., Grover R. (1974). Droplet size spectra, drift potential and ground deposition pattern of herbicide sprays. Canadian Journal of Plant Science 54. (3). 541-546.

Mayes A. J. and Blanchard T. W. (1978). The performance of a prototype microdrop (CDA) sprayer for herbicide application. Proceedings. Controlled drop application Monograph 22. British Crop Production Council. 171-178.

Mc. Diarmid B. N. (1974). A new polyvinyl polymer spray additive for drift control. In Proceedings of the 27th New Zealand Weed and Pestcontrol Conference. 171-176.

Mc. Kinlay K. S., Ashford R., and Ford R. J. (1974). Effects of droptime, spray volume, and dosage on paraquat toxicity. Weed Science 22. 1. 31-34.

Mc. Kinlay K. S., Brandt S. A., Morse P. and Ashford R. (1972). Droplet Size and phytotoxicity of herbicides. Weed Science, vol 20, 5. 450-452.

Nordby A. (1969). Metoder og utstyr ved bekæmpelse av gråskimmel (*Botrytis cinerea*) på jordbær. Forsøksmelding nr. 17. Norges Lantbrukshøgskole.

Nordby A., Skuterud R. (1975). The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. Weed Research. Vol 14. 385-395.

Nordby A. (1976). Åkersprøjtter. Småskrift 14/76. Landbruksdepartementet Oplysningstjeneste. 1-20.

Permin O. (1969). Vinddriftsproblemer i forbindelse med sprøjtnings- og pudringsteknik. Ugeskrift for agronomer nr. 16 og 17, s. 308-314 og 339-347.

Permin O. (1972). Vinddrift ved marksprøjtning. Ogräs og ogräsbekämpning. 13:e svenska ogräskonferensen. G 1-5.

Permin O. (1976). Flyvehavremidlers virkning på kulturplanter. Meddelelse fra Statens Planteavlsforsøg nr. 1278. 1-4.

Permin O. og Rasmussen Højgård P. (1978). Marksprøjtning.
Pjece. Landbrugets Informationskontor. 1-23.

Petersen E. Juhl (1975 a). Overdosering af kombinerede ukrudtsmidler i vintersæd.

Meddelelse fra Statens Planteavlsforsøg nr. 1195, 1-4.

Petersen E. Juhl (1975 b). Stigende doseringer af kombinerede ukrudtsmidler i byg og havre.

Meddelelse fra Statens Planteavlsforsøg nr. 1196, 1-4.

Petersen H. I. (1963). Forsøg med ukrudtsbekæmpelsesmidlers virkning på kornarternes udbytte og kvalitet.

Tidsskrift for Planteavl, vol. 67. 4. 631-651.

Picken S. R. (1978). A preliminary evaluation of an ultra low dosage of Pirimicarb against *Sitobion avenae* on winter wheat.

Proceedings: Controlled drop application. Monograph 22. British Crop Protection Council. 237-242.

Potts S. F. (1946). Particle size of insekticides and its relation to application, distribution and deposit.

Jour. Econ. Entomology 39. 716-720.

Richardson R. G. (1974). Control of spray drift with thickening agents. Journal of Agricultural Engineering Research. 19. 227-231 (Australia).

Schmidt-Ott M. (1976). Technische massnahmen zur erhöhung der verteilgenauigkeit von feldspritzgeräten.

Landtechnik 3. 112-115.

Statens Maskinprovninger (1972 a). Lantbruksspruta. Hardi. Typ. 1300 KP 500. Meddelande 2127. Gruppe 43.

Statens Maskinprovninger (1972 b). Lantbruksspruta. Hardi. Ty. TRV 1000. Meddelande 2127. Gruppe 43.

Statens Maskinprovninger (1972 c). Lantbruksspruta EH0. Typ. 3/600. Meddelande 2128. Gruppe 43.

Statens Planteavlsforsøg (1969). Behandling med TCA forud for kartofler. Meddelse nr. 858.

Statens Redskabsprøver (1965 a). KVK marksprøjte.

S. R. Meddelelse nr. 688.

Statens Redskabsprøver (1965 b). Hardi båndsprøjteagregat.

S. R. Meddelelse nr. 744. 1-3.

Statens Redskabsprøver (1968 a). Hardi Gigant endedyse.

S. R. Meddelelse nr. 906.

Statens Redskabsprøver (1968 b). Lindinger marksprøjte model 9500.

S. R. Meddelelse nr. 932.

Statens Redskabsprøver (1976). Lindinger marksprøjte model 610.

S. R. Meddelelse nr. 1253. 1-11.

Steckó, Svensson A. (1974). Herbicidernes persistens i jord.

Ogräsnycklen. Aktuellt från Lantbrukshögskolan nr. 218. 49-55.

Svensson K. (1976). Spridare för växtskyddsprutor. En översigt. Ogräs och ogräsbekämpning 17:e svenska ogräskonferensen, C. 9-26.

Sylvester N. K. (1978). The relevance of ultra low volume spraying for the application of fungicides to protect winter lettuce under glass against grey mould.

Proceedings. Controlled drop application. Monograph 22. British Crop Protection Council. 231-235.

Taylor W. A., Merritt C. R. (1974). Preliminary field trials with 2,4-D ester barban and triallate applied in spray volumes of 5-20 l/ha. Weed Research. Vol. 14. 245-250.

Way J. M. (1962). The effects of sub-lethal doses of MCPA on the morphology and yield of vegetable crops. I Lettuche.

Weed Research. Vol. 2. 233-246.

Weij H. G. (1970). The advantage of full cone jets for spraying herbicides. Br. Crop. Protection Council Monograph nr. 2. 12-20.

Weseth G. og Glemmestad E. (1954). Sammenliknende prøver med traktor-sprøjtter. Landbruksteknisk Institut Vollebakk Norge. Melding nr. 18. 1-55.

Wilson J. D., Hedden O. K., Slesman J. P. (1963). Spray droplet size as related to disease and insect control on row crops.

Ohio Agricultural Experiment Station. Research Bulletin 945. 1-50.

Yates W. E., Akesson N. B., Bayer D. (1974). Effects of spray adjuvants on drift hazards.

Annual Meeting of American Society of Agricultural Engineers no. 74-1008.

Zake Jürgen, Schmitz-Winnenthal F. K. (1969). Die Qerverteilung im Düsenverband bei Pflanzenschutzspritzen Landtechnik. Heft 5, 119-123.

Institutioner ved Statens Planteavlsforsøg

Sekretariatet

Statens Planteavlskontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 50 57
Informationstjenesten, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 53 27
Dataanalytisk Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Sekretariatet for Sortsafprøvning, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Statens Bisygdsmåvn, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 62 00

Landbrugscentret

Statens Forsøgsstation, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	(03) 97 53 10
Statens Biavlsforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønhave, 6400 Sønderborg	(04) 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Tylstrup, 9380 Vestbjerg	(08) 26 13 99
Statens Forsøgsstation, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Statens Forsøgsstation, Ødum, 8370 Hadsten	(06) 98 92 44
Statens Forsøgsstation, Borris, 6900 Skjern	(07) 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Silstrup, 7700 Thisted	(07) 92 15 88
Statens Forsøgsstation, Askov, 6600 Vejen	(05) 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Lundgård, 6600 Vejen	(05) 36 01 33
Statens Marskforsøg, Siltoftvej 2, 6280 Højer	(04) 74 21 05
Statens Forsøgsstation, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	(04) 64 83 16
Statens Planteavls-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Statens Planteavls-Laboratorium, Pedersholm, 7100 Vejle	(05) 82 79 33

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslø	(09) 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslø	(09) 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Blangstedgårdsvej 133, 5220 Odense SØ	(09) 15 90 46
Institut for Landskabsplanter, Hornum, 9600 Års	(08) 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Institut for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Planteværnsafdelingen på »Godthåb«, Låsbyvej 18, 8660 Skanderborg ...	(06) 52 08 77
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00