

Afdrift ved anvendelse af forskellige sprøjteteknikker i kartofler og effekt af filterkultur  
Peter Kryger Jensen, Afdeling for Agroøkologi, Aarhus Universitet

## Indledning

Ved marksprøjtning sker der uundgåeligt et tab til omgivelserne i form af afdrift. Afdrift er sprøjtevæske der transporteres ud af det sprøjtede areal med vinden uden at have været afsat i den sprøjtede mark. Afdrift påvirkes af en række forhold hvor sprøjteteknik, læhegn/filterkulturer samt meteorologiske forhold er de vigtigste. En række sprøjtetekniske forhold har betydning for afdriftens størrelse. I denne undersøgelse er effekten af nogle afdriftsreducerende metoder undersøgt. Ved afdriftsforsøg anvendes som standard et åbent areal med barjord/kortklippet græs/stubmark i vindretningen fra det sprøjtede areal. I denne undersøgelse er de tekniske faktorer kombineret med enten barjord eller en filterkultur i vindretningen fra det sprøjtede areal for at belyse potentialet i anvendelse af en filterkultur til at reducere afdriften. Ved fastsættelse af afstandskrav til følsomme områder anvendes i DK og en række andre lande de såkaldte Ganzelmeier værdier. Disse værdier angiver den såkaldte sedimentationsafdrift i vindretningen i stigende afstand fra det sprøjtede areal. Sedimentationsafdrift er den afdrift der afsættes på jordoverfladen og består af de største dråber. En anden fraktion, den luftbårne afdrift, består af de fine dråber der har så lille tyngde at dråberne overvejende følger vindens strømning. Denne fraktion måles efter international standard i forskellige højder på master opstillet fem meter fra det sprøjtede areal. Luftbåren afdrift måles relativt sjældent i forbindelse med afdriftsforsøg og de to afdriftsformer formodes ofte at være tæt korreleret. Da anvendelse af en filterkultur formodes at kunne påvirke den luftbårne afdrift anderledes end sedimentationsafdrift er der medtaget enkelte test, hvor såvel sedimentationsafdrift som luftbåren afdrift er målt.

## Materialer og metoder

Testen er udført i kartofler cv Kuras dyrket efter normal praksis. Kartofflerne blev lagt d. 16. april med en rækkeafstand på 75 cm og 33 cm mellem knoldene. Der blev gødet med 147 kg N i NPK 14-4-17. Der er gennemført standard ukrudtsbekæmpelse samt bekæmpelse af sygdomme og skadedyr i afgrøden. Ved afdriftstesten d. 21. august 2019 var afgrøden 75 cm høj. Bredden af kartoffelarealet var 24 meter og længden godt 100 meter. Samtidig med etablering af kartoffelarealet blev der etableret filterkultur langs halvdelen af kartoffelarealets længde. Som filterkultur blev der etableret majs (cv Artikus) sået d. 3. maj og gødet med 147 kg N/ha. Der blev etableret 4 rækker majs med 50 cm rækkeafstand. Frøafstand var 5 cm og efter fremspiring blev der tyndet ned til 15 cm imellem majs planterne. Majsafgrøden blev renholdt for ukrudt. Ved testen d. 21. august var majs-kulturen 2,0 meter høj. Som nabokultur til kartoffelarealet langs den anden halvdel af arealet i længderetningen blev jorden holdt sort/fræset, ligeledes i to meters bredde. Arealet i vindretningen hvor måling af afdrift foregik blev dyrket med vårbyg, og fremstod som kort stub ved testen.

Ved testen blev der anvendt en 15 meter bred liftophængt Master Twin. Testen blev gennemført efter følgende plan:

### Faktor 1. Sprøjteteknik

1. Reference FF 110-03, 1,2 l/min, 3 bar, 6 km/t 240 l/ha, bom 50 cm over afgrøde
2. 75 % reducerende teknik, ID120-025, 1,15 l/min, 230 l/ha, 6 km/t, bom 50 cm over afgrøde
3. 90 % reducerende teknik, ID120-025, 0,9 l/min, 180 l/ha, 6 km/t, bom 50 cm over afgrøde

4. Led 3 men med Twin Luftledsagelse (ca. 20 m/s, 45° fremad vinklet)
5. Led 3, men med Twin Luftledsagelse (ca. 20 m/s, 45° fremad vinklet) og bomhøjde på 25 cm

**Faktor 2. Randzone beplantning (i vindretning efter sidste række kartofler)**

1. Bar jord (reference)
2. Majs i 2 meters bredde, sået med 50 cm rækkeafstand

**Faktor 3. Sedimentationsafdrift: Afstand fra sprøjtet areal (0-punkt er 25 cm fra yderste dyse)**

4 afstande: 3 – 5 – 10 - samt 15 meter

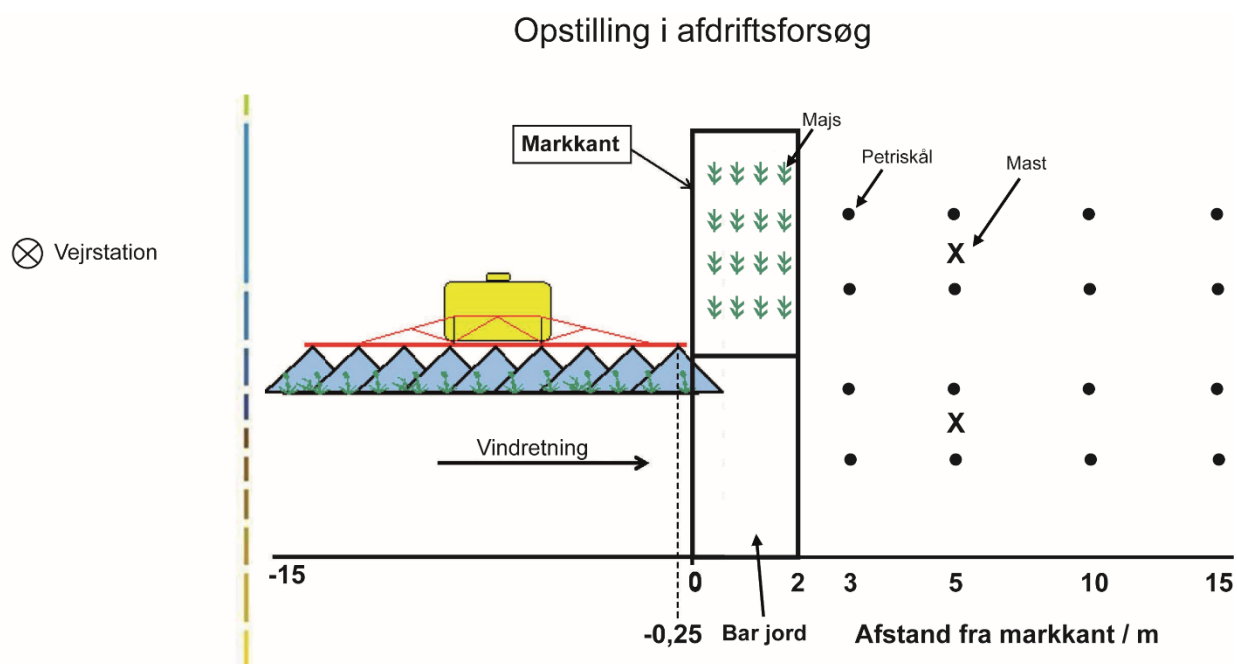
**Faktor 4. Luftbåren afdrift: Måles på mast placeret 5 meter fra 0-punkt i flg. højder (Kun faktor 1.1 og 1.5)**

8 højder: 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 – 3,5 samt 4,0 meter

**Faktor 5. Gentagelser**

4 gentagelser

Opstillingen er vist i figur 1. og fremgår delvist af billede 1.



Figur 1. Skitse af afdriftsforsøg med angivelse af placering af filterkultur, petriskåle til opsamling af sedimentationsafdrift og master hvor der måles luftbåren afdrift i 0,5 – 4,0 meters højde.

Ved hver kørsel var der opsat petriskåle lige over jord/stub til opsamling af sedimentationsafdrift. Petriskålene var opstillet i 2 rækker med en indbyrdes afstand på ca. 3 meter mellem rækkerne. Luftbåren afdrift blev målt på 1 mast der er placeret 5 meter fra 0-punkt. Luftbåren afdrift måles kun på teknik 1 og 5. Formålet er at undersøge om afdrift profilen ændres af randzonebeplantningen. På masterne var der monteret stålpinde, 2 mm i diameter og 50 mm lange, under hver deltest. Der var således placeret 2 rækker

med petriskåle ved bar jord og 2 rækker ved majs, samt 1 mast ved bar jord og 1 mast ved majs. Det tilstræbes at vindretningen er vinkelret på kørselsretning men op til 30° afvigelse kan accepteres. Ved hver kørsel gennemføres sprøjtning i en længde af knap 100 meter således at sprøjtning er indledt mindst 20 meter før første række petriskåle og tidligst afsluttes 20 meter efter sidste række petriskåle. Dette, kombineret med kravet til vindretning, sikrer at den afdrift der dannes, passerer petriskåle/master. Det sprøjtede areal er 15 meter bredt. Bomhøjde, dyser, hastighed mm er beskrevet under sprøjteteknik i testplanen ovenfor.



Billede 1: Kørsel med reference teknikken under feltforsøget.

Desuden opstilles en petriskål opvinds for at tjekke baggrund. Der udtages tankprøve til kontrol af koncentration. Ved hver kørsel registreres vindhastighed under passage af rækkerne af petriskåle. Desuden registreres luftfugtighed og temperatur.

Der anvendes en sprøjtevæske af vand tilsat den fluorescerende tracer, Brillantsulfoflavin. Efter hver kørsel indsamles petriskåle og stålpinde og der monteres nye. Petriskåle påsættes låg før indsamling mens stålpinde indsamles i 50 ml flasker. Alle prøver opbevares mørkt og køligt indtil analyse.

Under testen blev der på Flakkebjergs DMI station registreret en stabil vind der varierede i intervallet 3,5 – 5,0 m/s (10 meters højde). Temperaturen lå i intervallet 16- 18 °C og luftfugtigheden 75 -55 RH. De individuelle målinger af vindhastighed ved hver deltest fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Målt vindhastighed (m/s) ved hvert deltest. Måling i 2 meters højde.

Teknik	Gentagelse 1	Gentagelse 2	Gentagelse 3	Gentagelse 4
Reference FF-03	4-5	3-4	3-4	3-5
ID-025 75 % red	4	3-4	2-3	2-4
ID-025 90% red	3-5	3-5	2-4	3-5
ID-025 90% red + Twin	3-5	3-5	2-3	3-5
ID-025 90% red + Twin + 25 cm bom	3-5	3,5	3	2,6

Ud fra en standardkurve med stigende koncentration af brillantsulfoflavin bestemmes indholdet af tracer i prøverne. For petriskåle er resultatet angivet som en procent af den udsprøjtede dosering. Faktor 1.1 , FF-03 er en internationalt anerkendt reference teknik. Resultatet for de øvrige teknikker er derfor også angivet som en procentdel af den afdrift der er fundet med reference teknikken. Målingerne af luftbåren afdrift på stålpinde er vist som faktisk registreret dosis af tracer i en given højde. Fluorescensmåling er en semikvantitativ målemetode. Nulpunkts måling på milliQvand tilsat spredemiddel gav et udslag der svarer til en værdi på i gennemsnit ca. 0,01 % af den udsprøjtede dosering. Nulpunktsværdier er ikke fratrukket ved tracermålinger, men måleværdier der ligger under 0,01 % af udsprøjtet dosering er angivet som under detektionsgrænsen (ud).

#### Resultater og diskussion

Målingerne af afdrift i stigende afstand fra det sprøjtede areal er vist i tabel 2 & 3. Tabel 2 viser resultaterne af målinger foretaget med bar jord som randzone mens tabel 3 viser resultaterne med majs som randzone. Det fremgår af tabel 2 at der opnås en meget markant afdriftsreduktion ved at anvende afdriftsreducerende sprøjteteknikker. De to klassificerede afdriftsreducerende teknikker med ID120-025 dysen til 75 % hhv. 90 % niveau reducerer som forventet afdriften væsentligt.

Tabel 2. Afdrift målt i stigende afstand fra det sprøjtede areal i petriskåle. Resultaterne er omregnet og vist som procent af udsprøjtet dosering af tracer. Standardafvigelse er angivet i parentes. Sprøjtet med bar jord (reference) som randzone.

Teknik	Afstand fra sprøjtet areal (m)			
	3	5	10	15
Reference FF 110-03	3,38 (3,09)	1,59 (1,29)	0,45 (0,25)	0,28 (0,16)
75 % red, ID120-025,	0,25 (0,17)	0,11 (0,06)	0,05 (0,02)	0,03 (0,01)
90 % red, ID120-025	0,13 (0,08)	0,08 (0,04)	0,06 (0,03)	0,03 (0,01)
90 % red + Twin	0,03 (0,03)	0,02 (0,01)	0,01 (-)	0,01 (-)
90 % red + Twin + 25 cm bom	0,02 (0,01)	0,01 (-)	ud (-)	ud (-)

ud under detektionsgrænsen

Med anvendelse af Twin luftledsagelse opnås yderligere en reduktion i forhold til samme dyse uden luftledsagelse. Ved 3, 5 og 10 meters afstand er der i alle tilfælde tale om mere end 75 % reduktion ved at anvende luftledsagelse. Ved 15 meters afstand reduceres afdriften med Twin luftledsagelse til detektionsgrænsen. Kombinationen af 90 % afdriftsreducerende teknik + Twin luftledsagelse + 25 cm

bomhøjde reducerer afdriften til meget lave værdier. Den isolerede effekt af at reducere bomhøjden kan imidlertid ikke kvantificeres da flere af værdierne er under detektionsgrænsen. Afdrift målt bag en randzone af majs viser signifikant lavere værdier end med bar jord som randzone. For reference teknikken (FF110-03) er værdierne ved 3 og 5 meter således reduceret med ca. 90 % bag majs (0,32 vs 3,38 og 0,15 vs 1,59). Ved stigende afstand aftager effekten af majs som randzone og udgør en 69 % reduktion ved 10 meters afstand og 57 % reduktion ved 15 meters afstand med reference teknikken. Tilsvarende ses for ID120-025 dysen klassificeret til 75 og 90 % afdriftsreduktion en meget lav afdrifts værdi i 3 meters afstand (0,3 %), men værdien forbliver næsten konstant ved de større afstande. Under testen blev det observeret at dele af sprøjtetåge ved passage af majs rækkerne bevægede sig op over majsen. Den sprøjtetåge der passerer majsen bliver således markant reduceret men samtidig ændres profilen så dele af tågen kommer op i større højde efter passage af majs. Dette bliver diskuteret senere. Med majs som randzone er der med begge teknikker der involverer luftledsagelse opnået meget lave værdier nær detektionsgrænsen i alle afstande over 3 meter.

Tabel 3. Afdrift målt i stigende afstand fra det sprøjtede areal i petriskåle. Resultaterne er omregnet og vist som procent af udsprøjtet dosering af tracer. Standardafvigelse er angivet i parentes. Sprøjtet med majs som randzone.

Teknik	Afstand fra sprøjtet areal (m)			
	3	5	10	15
Reference FF 110-03	0,32 (0,20)	0,15 (0,09)	0,14 (0,06)	0,12 (0,06)
75 % red, ID120-025,	0,03 (0,01)	0,02 (0,01)	0,03 (0,04)	0,02 (0,03)
90 % red, ID120-025	0,03 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)
90 % red + Twin	0,02 (-)	0,01 (-)	0,01 (-)	ud (-)
90 % red + Twin + 25 cm bom	0,02 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	ud (-)

ud: under detektionsgrænsen

Tabel 4 viser hvilken afdriftsreduktion der er opnået ved at anvende en afdriftsreducerende teknik herunder i kombination med randzone plantning i forhold til reference dysen FF110-03 med bar jord som randzone. Det fremgår at der kan opnås en meget betydelig afdriftsreduktion ved at kombinere afdriftsreducerende teknikker.

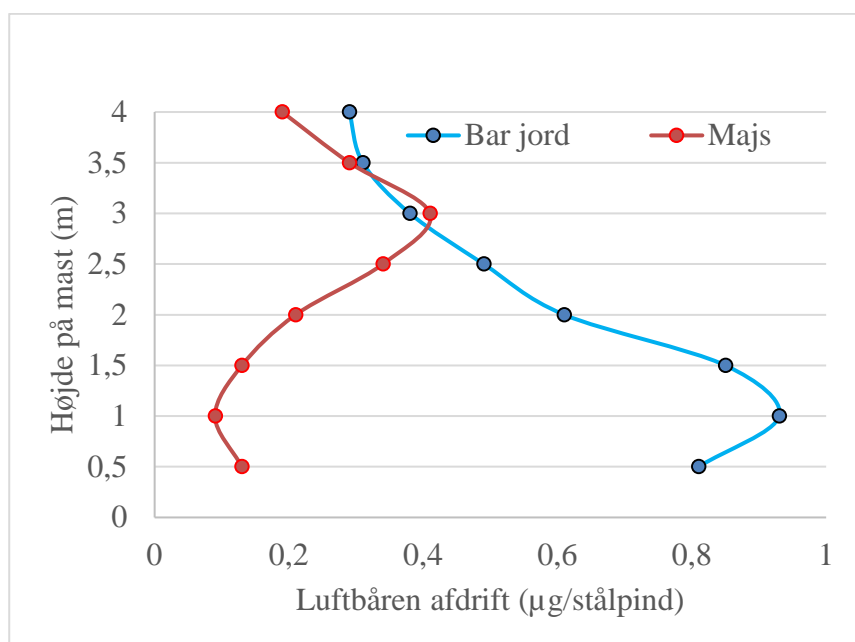
Tabel 4. Afdrift reduktion i forhold til reference FF110-03 med bar jord som randzone (% reduktion)

Teknik	Randzone	Afstand fra sprøjtet areal (m)			
		3	5	10	15
Reference FF 110-03	Bar jord				
75 % red, ID120-025,	Bar jord	93	93	89	89
90 % red, ID120-025	Bar jord	96	95	87	89
90 % red + Twin	Bar jord	99	99	98	96
90 % red + Twin + 25 cm bom	Bar jord	99	99	ib	ib
Reference FF 110-03	Majs	91	91	69	57
75 % red, ID120-025,	Majs	99	99	93	93
90 % red, ID120-025	Majs	99	99	96	93
90 % red + Twin	Majs	99	99	98	lb
90 % red + Twin + 25 cm bom	Majs	99	99	98	ib

lb Ikke beregnet da absolut værdi er under detektionsgrænsen

Kombinationen af en dyse klassificeret til 90 % afdriftsreduktion i kombination med Twin luftledsagelse reducerer afdriften med 99 % i forhold til reference teknikken. Anvendelse af reduceret bomhøjde (25 cm) og majs i randzonen reducerer afdriften yderligere men kan ikke kvantificeres da måleværdierne ligger under detektionsgrænsen.

Ved teknik 1 (reference FF110-03) samt teknik 5 (90 % afdriftsclassificeret ID120-025 i kombination med Twin luftledsagelse og reduceret bomhøjde på 25 cm) blev der målt afdrift på master placeret 5 meter fra det sprøjtede område. For teknik 5 var 15 af de 16 målinger under detektionsgrænsen og er derfor ikke vist. Resultaterne for teknik 1 er vist i figur 2.



Figur 2. Afdrift målt i stigende højde på mast placeret 5 meter fra det sprøjtede areal. Der er anvendt reference teknikken FF110-03 og med bar jord samt med majs som randzone beplantning.

De resultater der er opnået med bar jord som randzone viser den typiske profil for afdrift med de største værdier i lav højde og aftagende værdier med stigende højde. Med majs som randzoneplantning er der fundet en markant anderledes afdriftsprofil med den laveste værdi i en meters højde og den højeste værdi i tre meters højde. Det fremgår at der for begge typer randzone plantning er fundet detekterbare koncentrationer i fire meters højde. Generelt har majs som randzone plantning reduceret den luftbårne afdrift i forhold til bar jord. I princippet kan der foretages en beregning af den samlede mængde luftbårne afdrift ved at integrere arealet under de to kurver. Den ændrede profil understøtter den observation der blev gjort, at en del af afdriften blev løftet/tvunget op over den to meter høje majsafgrøde ved passagen, hvilket er årsag til at den højeste koncentration af luftbåren afdrift blev fundet i tre meters højde med majs som randzone plantning. Der er ikke gennemført systematiske studier af randzone beplantningens effekt på afdrift. Det formodes at effekten kan forbedres såfremt der etableres en mere åben randzone beplantning som tillader sprøjtetågen at passere igennem plantemassen og filtrerer denne for sprøjtetåge, samtidig med at vindhastigheden sænkes gennem passagen.

## Konklusion

Afdriftstesten viser at det er muligt at reducere afdriften til et meget lavt niveau ved at kombinere en række afdriftsreducerende teknikker. Kombinationen af dyser, klassificeret til 90 % afdriftsreduktion, Twin luftledsagelse samt reduceret bomhøjde har reduceret værdierne for sedimentationsafdrift i forhold til reference teknikken med mindst 98 % ved alle målesteder. Anvendelse af filterkulturen i form af majs, har reduceret afdriften signifikant i forhold til barjords referencen. Det formodes at der kan opnås en bedre effekt af filterkulturen såfremt der etableres en mere åben filterkultur.

## Finansiering

Afdriftstesten var finansieret af Kartoffelafgiftsfonden som en del af projektet: Mekaniske, termiske og kemiske metoder til nedvisning af kartofler.

Tak til Hans Henning Hansen, Lena Christensen, Charlotte Christensen, Lis Madsen, Viggo Søborg og Anja Lunn der deltog i feltforsøget samt Lena Christensen der har analyseret prøverne.