

Termisk ydelse og effektivitet

Energidosen er afgørende for, hvor godt termisk ukrudtsbekæmpelse virker, mens redskabstypen afgør kapaciteten.

■ Af seniorrådgiver Palle Kristoffersen, Skov & Landskab

■ Forsker Søren Ugilt Larsen, Skov & Landskab

GRØNT
TEMA

En ny afprøvning af en række redskaber til termisk ukrudtsbekæmpelse bekræfter, at den anvendte energidosis er afgørende for at få en god virkning. Afprøvningen bekræfter de tidligere anbefalinger om at anvende 80 kg gas/ha (1000 kWh/ha). Valget af redskabstype har især stor betydning for, hvor stor kapacitet man ønsker.

De afprøvede redskaber, der er beskrevet i tabel 1, er baseret på flammer, hedluft, hedvand og damp, og drivmidlerne er enten gas eller dieselolie. Redskaberne varierer betydeligt i udformning, fra hånddrevne til traktormonterede og selvkørende. Arbejdsbredden på redskaberne varierer derfor fra 0,45 til 1,18 meter.

For at opnå 75% reduktion i plantedækket efter fem dage skal der bruges fra 1500 kWh/ha og opefter svarende til 120 kg gas/ha. Kun damp giver et resultat, der indikerer, at denne metode skulle være mere effektiv end de øvrige. Der er ingen tegn på, at man med nye redskabstyper kan opnå de behandlingshastigheder og benytte de lave doseringer, som leverandørerne i visse tilfælde har oplyst.

Afprøvningen har også vist, at hedvandsmetoden kræver ca. fire gange så høj energidosis som de øvrige metoder og redskaber for at opnå sammenlignelige effekter. Det har ikke været muligt at eftervise, om hedvandsmetoden med den høje energidosis også medfører en længerevarende effekt på vegetationen.

Testens baggrund

Pesticidfri ukrudtsbekæmpelse er efterhånden en naturlig del af driften på befæstede arealer, og ofte spiller termisk



*Figur 1. HOAF WeedStar 50*50 frontmonteret med flaskebatteri bag på traktoren. Brænderkasserne kan sideforskydes og behandle begge kanter på sti.*

ukrudtsbekæmpelse en central rolle. Siden aftalen om udfasning af pesticider på offentlige arealer fra 1998 har der været arbejdet meget med at udvikle og afprøve redskaber, og der dukker fortsat nye principper og modeller op på markedet.

Denne artikel beskriver resultaterne fra en afprøvning af ydelse og effektivitet for en række redskaber og maskiner fra den seneste generation af redskaber til termisk ukrudtsbekæmpelse. Afprøvningen er foretaget af Skov & Landskab i forbindelse med et projekt om ukrudtsbekæmpelse på vejanlæg der udføres for – og betales af – Vestsjællands Amt, Storstrøms Amt og Vejdirektoratet. Her er afprøvet et bredt spektrum af redskaber som led i en afprøvning af strategier. I den forbindelse blev relevante producenter og leverandører tilbudt at få afprøvet deres redskaber mod betaling.

Ydelseskontrol

Ydelsen er meget afgørende for redskabernes effektivitet. Derfor er det nødvendigt at kende det enkelte redskabs ydelse for at kunne fastsætte den korrekte behandlingshastighed. Ydelsen blev bestemt for hvert redskab ved kørsel i 15 minutter og med måling af energiforbruget.

For redskaber baseret på forbrænding af gas blev gasflaskerne vejlet før og efter kørslen. For de øvrige redskaber blev forbruget af dieselolie målt. Kontrollen blev udført to gange. Hvis variationen var større end 10%, blev målingen udført en eller to gange ekstra, og ydelsen blev da beregnet som gennemsnitligt forbrug pr. time. Ydelsen er omregnet til kWh/time for at sammenligne redskaber baseret på gas og dieselolie.

Som det fremgår af tabel 1, varierer den målte ydelse fra 22 til 240 kWh pr.

time (= 1,8-18,8 kg gas pr. time). Energiforbruget pr. time varierer altså mere end ti gange. Tages der højde for, at redskaberne har forskellige behandlingsbrede, varierer ydelsen stadig op til fire gange. F.eks. er ydelsen for ECOflame Select 500 49 KWh/time pr. meter arbejdsbredde. For Hoaf Weedstar 50*50 (figur 1) er den 203 KWh/time pr. meter arbejdsbredde.

For visse redskaber er der en vis uoverensstemmelse mellem de målte ydelser, og de ydelser producenten har oplyst. For ECOflame Select 500 var den målte ydelse 10% under dét som producenten oplyste. Men som det fremgår af spredningen (angivet i parentes i skemaet), så svinger ydelsen meget. Den er på 0,7 ud af en gennemsnitlig ydelse på 1,8 kg pr. time. Det betyder, at der er 0,7 kg pr. time mellem de målte yderpunkter.

Green-Flame 500 blev målt til en ydelse 25% over den opgivne maksimale ydelse, mens Zacho Turbo Weed Blaster UKB 650 lå mere end 50% over den opgivne ydelse. Alene sådanne afvigelser kan betyde meget for den resulterende effektivitet og kapacitet.

Effektivitet

De enkelte redskabers effektivitet blev prøvet i et såkaldt dosis-respons-forsøg i maj 2004. Med effektivitet (= respons) forstås her den skadevirkning, som redskabet yder på ukrudtet ved en given energidosering. For at få et godt indtryk af sammenhængen mellem energidosering og effektivitet udførtes der for hvert redskab en serie behandlinger med 7-9 energidoser. Da redskabernes ydelse generelt ikke kan reguleres, blev de forskellige doseringer opnået ved at variere fremdriftshastigheden.

Ud fra den målte ydelse og den nøjagtige behandlingstid blev den faktiske energidosering udregnet. Den varierede fra 0



Figur 2. Behandlingernes effektivitet er målt med reflektansmåler, der måler 'mængden' af grønt i en 40 cm cirkel. Billedet viser måling i en parcel behandlet med 103 kg gas/ha (1318 kWh/ha) én dag efter behandling.

KWh/ha (= ingen behandling) til mindst 1720 KWh/ha (= 135 kg gas/ha). Altså et meget vidt spænd.

For de traditionelle redskaber startede doseringerne ved 20 kg gas pr. ha. For Zacho Turbo Weed Blaster og ECOflame Select, startede doseringerne ved 5 kg gas per ha, idet det var et ønske at eftervise, om de lave doseringer, som producenter og leverandører anførte, kunne give den ønskede virkning på vegetationen. Modsat blev der for Waipuna brugt doseringer helt op til 6370 KWh/ha (= 639 l olie/ha). Denne metode skal anvendes i højere doseringer end de øvrige, fordi varmen overføres som opvarmet vand.

Måling af effektivitet

Afprøvningen blev udført på et tætklippet græsareal, hvor hver dosering for hvert redskab blev udbragt i en stribe af redskabets bredde og af 20 meters længde. Alle behandlinger blev udført 5. maj 2004 i tørt vejr og med en jordtemperatur på ca. 14°C. Efter 1, 5, 12 og 19 dage fra behandlingsdagen blev der udført reflektansmåling (figur 2) på 10 punkter i hver forsøgsstribe (figur 3).

Reflektansmåling er en metode, der ud fra planternes farve giver et udtryk for planternes fotosynteseaktivitet. Fotosynteseaktiviteten kan bruges som et indirekte udtryk for ukrudtsbehandlingen

TABEL 1. BREDDE OG YDELSE

Oversigt over behandlingsbredde og ydelse for de afprøvede redskaber.

Tal i parentes angiver spredningen for de 2, 3 eller 4 gentagne bestemmelser af ydelsen.

	Princip	Type	Behandlingsbredde, meter	Opgivet ydelse kg. ell. l/time	Målt ydelse		Ydelse pr. meter arbejdsbredde hWh/time
					kg/time ell. l/time	kWh/time	
COflame Select 500 1)	Gasbrænder	Kærre	0,45	2 kg	1,8 (0,7)	22	49
HOAF Weedmaster 50	Gasbrænder	Kærre	0,5		5,1 (0,5)	65	130
DanSteam	Damp	Selvkørende	1,3		8,4 (0,1)***	83	64
Green-Flame 500 2)	Gasbrænder	Kærre	0,49	3,2-6 kg	7,5 (0,4)	96	196
Zacho Turbo Weed Blaster UKB 650	Hedluft	Kærre	0,65	4-8 kg **	12,6 (0,3)	161	248
HOAF Weedstar 50x50 3)	Gasbrænder	Traktormont.	1,18	11-22	18,8 (1,1)	240	203
Waipuna	Hedvand	Lanse	0,25*	8,0	7,8 (0,6)***	78	312

1) Indgik i afprøvningen, finansieret af Gartnergrossistens Parkmaskiner ApS.

2) Indgik i afprøvningen, finansieret af Green-Flame.

3) Indgik i afprøvningen, finansieret af Ibsen's Gasteknik.

* Waipunas arbejdsbredde er 25 cm ved brug af håndbåren lanse drevet af ét oliefy, svarende til den anførte ydelse.

** Beregnet ud fra oplysninger om anbefalet dosering og kapacitet.

*** Redskabet er baseret på dieselolie.

Tabel 1. Bredde og ydelse. Oversigt over behandlingsbredde og ydelse for de afprøvede redskaber. Tal i parentes angiver spredningen for de 2, 3 eller 4 gentagne bestemmelser af ydelsen.

skadevirkning. Stor fotosynteseaktivitet = lille skade. Lille fotosynteseaktivitet = stor skade.

Målingerne blev omregnet til en skala for relativt plantedække, hvor 100% svarede til reflektansen i parceller uden behandling, og 0% svarede til reflektansen på bar jord uden plantedække. Sammenhængen mellem dosering og effektivitet blev analyseret ved hjælp af en logistisk model (Streibig, Rudemo og Jensen, 1993), og der blev beregnet, hvilken effektiv dosis (ED) der skal til for at reducere plantedækket med 25% (ED25), 50% (ED50) og 75% (ED75).

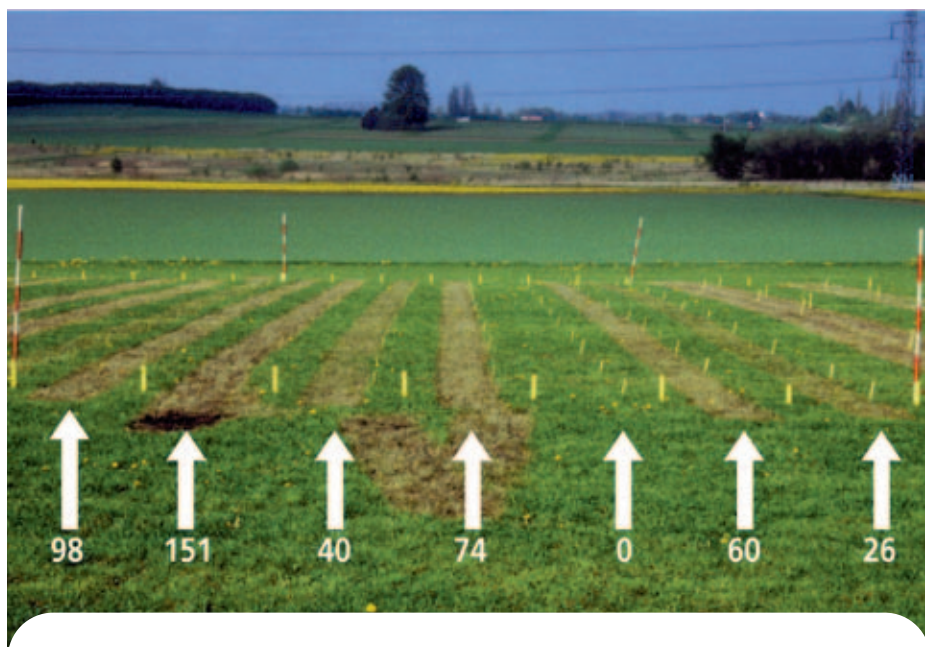
Der blev for hver kombination af redskab og dosering kun behandlet én forsøgsstribe. Derfor er det ikke muligt at lave statistisk sammenligning af de forskellige redskabers effektivitet, og sammenligninger skal tolkes varsomt. Da forsøgsarealet var ganske ensartet, og da der er benyttet relativt mange doseringer pr. redskab, giver resultaterne dog et rimeligt indtryk af redskabernes relative effektivitet. Det understøttes af at alle de målte reflektanser – og dermed plantedækket – er rangordnet svarende til doseringerne.

Langtidsvirkning

Termiske metoder skal anvendes gentagne gange på samme areal for at have en effektiv virkning på ukrudt. Derfor er det interessant at se på, hvor længe virkningen efter en behandling holder sig.

Reflektansmålinger af plantedækket på forskellige tidspunkter efter behandlingen er et udtryk for, hvordan de termiske behandlinger virker over tid. Figur 4 viser typiske kurver for sammenhængen mellem dosering og relativt plantedække efter henholdsvis 1, 5, 12 og 19 dage med ECOflame Select 500 som eksempel.

Generelt for de forskellige redskaber blev den største virkning målt fem dage efter behandlingen, selv om virkningen allerede var stor efter én dag. Virkningen



Figur 3. Virkningen af de forskellige doseringer efter én dag, udført med Green-Flame 500. Tallene angiver doseringen i kg gas/ha. De små pæle markerer alle de felter, hvor der er foretaget reflektansmålinger.

var aftaget efter 12 dage og yderligere aftaget efter 19 dage. F.eks. krævedes 400-450 kWh/ha til for at opnå 50% reduktion efter 1-5 dage, mens der krævedes 950 kWh/ha for at opnå samme reduktion efter 12 dage.

Efter 19 dage var selv ikke meget høje doseringer nok til at opnå 50% reduktion, og efter en måneds tid var der ikke længere en synlig virkning. Af figur 4 ses også, at den maksimale effekt opnås med doseringer op til 1000 kWh/ha. Herfra opnås ikke yderligere reduktion i plantedækket ved at øge doseringen.

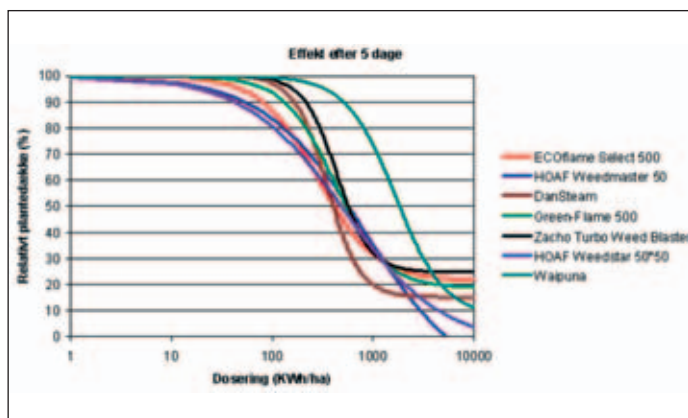
For alle testede redskaber er der opnået op til 75% bekæmpelseseffekt (25% plantedække tilbage) efter fem dage. Normalt ville man forvente en højere bekæmpelseseffekt, men det kan skyldes, at re-

flektansmålingen blev justeret til 0% på bar jord og ikke på jord dækket af vissent græs.

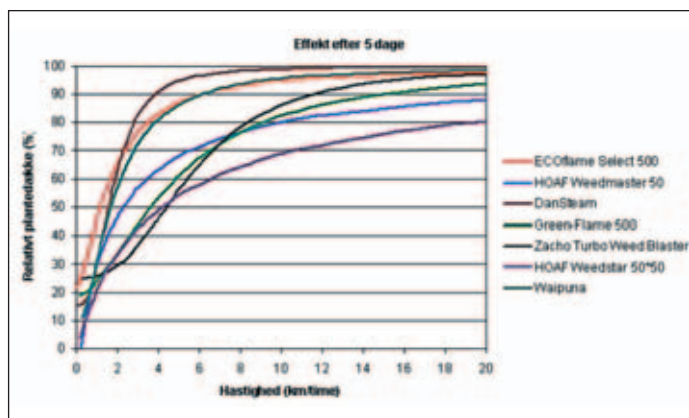
Resultaterne bekræfter, at der er brug for at gentage den termiske behandling med jævne mellemrum for at holde ukrudtet nede på et tilfredsstillende niveau. Og selvom en stor dosering reducerer ukrudtsmængden mere end en lille dosering, er der kun en begrænset langtidsvirkning af selv meget høje doseringer.

Effektivitet

Effektiviteten for de forskellige redskaber er illustreret i tabel 2. Som gennemsnit for alle redskaber (undtaget Waipuna) krævedes 223 kWh/ha for at få 25% reduktion i plantedækket, 494 kWh/ha for at få 50% reduktion og 2115 kWh/ha for at få 75%



Figur 4. Sammenhæng mellem benyttet energidosering og virkning på plantedækket på forskellige tidspunkter efter udførelse af termisk ukrudtsbekæmpelse med ECOflame Select 500. Resultaterne er baseret på dosis-responsforsøg udført på græs i maj 2004.



Figur 5. Sammenhæng mellem benyttet energidosis og virkning på plantedækket for en række redskaber fem dage efter behandling. Resultaterne er baseret på dosis-responsforsøg udført på græs i maj 2004.

reduktion. Det kræver således betydeligt mere energi at reducere plantedækket fra 50% til 75% end fra 0% til 50%.

På grund af varierende genvækst af vegetationen var der en større usikkerhed ved bestemmelse af ED75. Desuden var 75% reduktion for de fleste redskaber tæt ved at være den størst mulige reduktion med den brugte målemetode.

Sammenligner man ED50 for de forskellige redskaber, varierer denne værdi fra 401 til 566 kWh/ha (29%), Waipuna dog 1828 kWh/ha. Der synes altså at være betydelig forskel mellem redskabernes effektivitet målt som ED-værdier. Samlet set viser resultaterne dog at bekæmpelses-effektiviteten primært afhænger af doseringen og kun sekundært af det valgte redskab. Hvis redskabet skulle betyde mere for effektiviteten end doseringen, skulle forskellen mellem de gennemsnitlige ED-værdier være mindre end den indbygdes forskel mellem redskaberne.

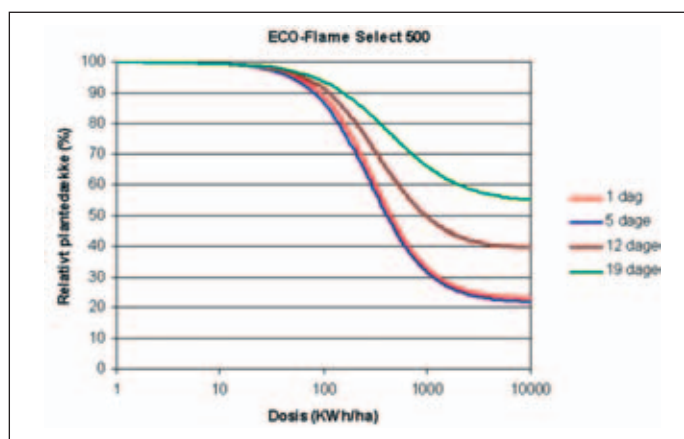
Waipuna afviger fra de øvrige redskaber for så vidt der skal anvendes op til fire gange så meget energi for at opnå sammenlignelige ED-værdier. Producenten anbefaler en dosering på 1300 kWh/ha, som klart overskrides i denne test.

Den høje dosering antages at skyldes den anderledes virkningsmåde Waipuna systemet har, og som mest af alt må karakteriseres som en kontaktmetode. Da der udledes 96°C varmt vand kræves, at vandet har en vis kontaktid med planterne. Den kan være vanskelig at opnå, hvis vandet blot udledes over vegetationen. Der skal derfor anvendes en metode, der sikrer, at vandet får afgivet en del af sin varmeenergi på vej mod jordoverfladen.

Hastighed og kapacitet

Da effektiviteten af ukrudtsbekæmpelsen er meget afhængig af den anvendte dose-

Figur 6. Sammenhæng mellem fremdriftshastighed og virkning på plantedækket for en række redskaber til termisk ukrudtsbekæmpelse fem dage efter behandling. Resultaterne er baseret på dosis-responsforsøg udført på græs i maj 2004.



ring, er det også relevant at se på de forskellige redskabers kapacitet til at levere en given dosering. Et redskabs kapacitet afhænger af arbejdsbredden og ydelsen.

Hvis man kombinerer disse værdier fra tabel 1 med redskabets effektivitet fra tabel 2, kan man beregne den maksimale fremdriftshastighed for at opnå 50% reduktion i plantedækket. Det ses af tabel 2 at denne hastighed varierer fra kun 1,2 km/t for ECOflame Select 500 til 4,4 km/t for Zacho Turbo Weed Blaster UKB 650.

Ligeledes kan man som udtryk for kapaciteten beregne, hvor stort et areal et redskab maksimalt kan behandle pr. time for at opnå 50% reduktion i plantedækket. Denne kapacitet varierer fra 535 m²/time for ECOflame Select 500 til 4960 m²/time for HOAF Weedstar 50*50.

Green-Flame 500 adskiller sig fra de øvrige traditionelle gasbrændere af kærretypen ved at have en høj kapacitet. Redskabet benytter to opretstående gasflasker og udtager herfra gassen i luftformig tilstand. Det betyder at dens konstruktion er billiggjort, og den vurderes på grund af

kapaciteten til at være et godt alternativ til kærrebrændere, der anvender flydende gas.

Effektiviteten af redskaberne kan ses i figur 5. Kurverne viser sammenhængen mellem dosering og effekt. De redskaber, hvis kurver ligger underst, har de bedste dosis-effekt forhold. F.eks. viser kurverne, at DanSteam ved en dosering på 1000 kWh/ha medfører 10% større reduktion end de øvrige redskaber. Tre af redskaberne når ved høje doseringer ned på 10% relativt plantedække og derunder. Det er et udtryk for måleusikkerhed. HOAF Weedmaster 50 når f.eks. ikke 100% effekt.

Redskabernes kapacitet og fremdriftshastighed fremgår af tabel 2. Fremdriftshastigheden kan man også se på figur 6. Kapaciteten er bestemt af redskabernes ydelse, der sammen med behandlingsbredden giver en anbefalet fremdriftshastighed ved en fastsat dosering. Da man i visse situationer skal behandle lange stræk som f.eks. kantsten eller flisefuger i fortove, er det også relevant at se på forskelle i fremdriftshastighederne, som man kan i figur 6. Jo længere ned mod højre kurverne ligger, jo bedre hastighed/effektforhold har redskabet.

TABEL 2. ENERGIDOSERING

Effektiv energidosering for at opnå en reduktion på 25%, 50% og 75% i plantedækket (ED25, ED50 og ED75) efter fem dage for forskellige redskaber. Tal i parentes angiver spredning for estimatet. Desuden er angivet maksimal fremdriftshastighed og maksimal areal pr. time for at opnå en reduktion i plantedækket på minimum 50% med de pågældende redskaber.

	ED25 kWh/ha	ED50 kWh/ha	ED75 kWh/ha	Fremdriftshastighed v. ED50 (km/t)	Areal pr. time v. ED50 (m ²)
ECOflame Select 500	172 (8)	411 (19)	2151 (661)	1,2	535
Hoaf Weedmaster 50	178 (23)	566 (29)	1506 (74)	2,3	1148
DanSteam	253 (16)	401 (21)	748 (54)	1,6	2070
Green-Flame 500	257 (18)	538 (18)	1717 (230)	3,6	1780
Zacho T. Weed B. UKB 650 ¹⁾	334 (14)	564 (25)	5017 (45158)	4,4	2860
HOAF Weedstar 50*50	144 (29)	484 (29)	1554 (94)	4,2	4960
Waipuna	954 (61)	1828 (85)	3783 (269)	1,7	427

1) Zacho Turbo Weed Blaster UKB 650.

Tabel 2. Energidosering. Effektiv energidosering for at opnå en reduktion på 25%, 50% og 75% i plantedækket (ED25, ED50 og ED75) efter fem dage for forskellige redskaber. Tal i parentes angiver spredning for estimatet. Desuden er angivet maksimal fremdriftshastighed og maksimal areal pr. time for at opnå en reduktion i plantedækket på minimum 50% med de pågældende redskaber.