



## Reduceret jordbearbejdning

### Brændstofforbrug og arbejdsindsats

Villy Nielsen, Henrik S. Mortensen og Karsten Sørensen, Forskningscenter Bygholm



Interessen for reduceret jordbearbejdning har været meget stor de senere år. Det skyldes formentlig ønsket om at reducere produktionsomkostningerne og arbejdsindsatsen, som er særlig stor i efteråret, hvor størstedelen af næste års kornhøst etableres.

Reduceret jordbearbejdning er imidlertid ikke noget nyt! Det har været praktiseret i de sidste 60 år på de sydlige prærier i Canada. Så lang tid har det ikke været i brug i Danmark, men i halvfjerdsene og firserne var der ligeledes stor interesse for reduceret jordbearbejdning og direkte såning.

Reduktion af energibehovet har i mange år haft politikernes bevågenhed med henblik på at mindske landets forbrug af fossile brændstoffer og reducere CO<sub>2</sub> udslippet. Her kan landbruget også yde en indsats, idet landbrugets forbrug af motordiesel er på ca. 238.000 tons, svarende til et CO<sub>2</sub> udslip på ca. 751.000 tons.

Udenlandsk litteratur påpeger, at både brændstof- og arbejdsforbruget kan reduceres med mellem 35 % og 70 % ved at reducere eller helt undlade jordbearbejdning. Tidligere danske undersøgelser viser de samme besparelsesmuligheder. Teknikken og metodikken i dag er imidlertid ændret fundamen-

talt, og maskinerne er meget større og tungere end tidligere.

De stubharver, der anvendes i dag til reduceret jordbearbejdning, er udviklet til bearbejdning i en lille arbejdsdybde, og de er udstyret med vingskær for fuld gennemskæring. De er som regel også udstyret med en eller anden type efterbehandlingsudstyr til findeling, udjævning eller sammentrykning af jorden. Såmaskinerne er specielt udviklede, så der kun kræves minimal jordbearbejdning forud for såning. Såmaskinerne er ofte store tunge maskiner, der bearbejder jorden samtidig med såningen. De fleste er udstyret med en stor såkasse, og enkelte er også monteret med gødningsudstyr.

Grundet den tekniske udvikling er de foreliggende data ikke tilstrækkelige og der blev derfor i efteråret 2001 påbegyndt et projekt, delvist finansieret af Energistyrelsen, med det formål at undersøge mulighederne for energibesparelser ved afgrødeetablering med anvendelse af den nyeste teknologi.

#### Materialer og metoder

Til indsamling af data vedr. brændstof- og arbejdsforbrug blev der monteret brændstofmålere hos forsøgsværterne. Foruden måling af brændstof- og arbejdsforbruget noterede traktorføreren eksempelvis også areal, jordtype, arbejdsdybde, kørehastighed, rpm, forudgående jordbearbejdning, vejforhold m.m.



*Såning med Kulti-Seeder i harvet stubmark.*

Fra tidligere undersøgelser indgår resultater vedrørende traditionel afgrødeetablering, herunder rotorharve- og kompaktharvesæt.

I undersøgelserne er indgået følgende maskintyper:

- Skiveskærssåmaskine
- Tandskærssåmaskine
- Stubharve med vingskær
- Spaderulleharve
- Tallerkenharve
- Halmstrigle

### Stubbearbejdning

I undersøgelsen er indgået forskellige typer stubharver, tallerkenharver og spaderulleharver. Der er gennemført 50 registreringer omfattende 782 ha hos forsøgsværter, hvor der har været påmonteret en brændstofmåler. Det vejede gennemsnitlige brændstofforbrug er beregnet til 5,4 l/ha, men som det fremgår af tabel 1 varierer det fra 4,2 l/ha til 7,7 l/ha.

Der er ikke væsentlig forskel i brændstofforbruget, uanset om der er tale om sandjord eller lerjord. Derimod er brændstofforbruget signifikant højere ved en arbejdsdybde på 6-8 cm end på 3-5 cm. Brændstofforbruget er noget lavere ved harvning med Kongskilde Vibro Concept/Flex end med de øvrige. Det skyldes formentlig, at mållinjerne er gennemført på meget let og flad jord. Intet indikerer, at denne stubharve skulle have et lavere brændstofforbrug end de øvrige.

Tabel 1. Uddrag af resultater vedrørende stubharvning

Maskintype	Arbejds- bredde	Arbejds- dybde	Jord- type	Traktor- størrelse	Kørehæ- stighed	Kapacitet (brutto)	Brænd- stoffor- brug	Udtaget effekt	Motor- belast- ning
	m	cm		kW	km/time	ha/time	liter/ha	kW	%
<i>Alle målinger</i>									
Stubharve m. vingskær, alle typer	6,0	6,6	alle	138	12	5,4	6,2	106	77
<i>Sandjord - lerjord</i>									
Stubharve m. vingskær	5,5	7,2	sand	131	12	5,1	6,1	96	74
Stubharve m. vingskær	6,7	5,8	ler	152	12	5,9	6,5	124	81
<i>Arbejdsdybde</i>									
Stubharve m. vingskær, 3-5 cm arb.dybde	6,3	3,8	alle	146	13	5,7	5,5	104	71
Stubharve m. vingskær, 6-8 cm arb.dybde	5,4	7,3	alle	129	12	4,5	7,7	112	87
<i>Fabrikater</i>									
Horsch Terrano FG8 Flachgrubber	7,6	6,0	alle	167	13	6,8	5,9	137	82
Köckerling SGF Quadro 480	4,8	6,0	sand	122	13	4,3	6,0	86	71
Kongskilde Vibro Concept/Flex	6,8	4,8	sand	141	12	6,1	4,2	81	58

De forskellige harver kan ikke direkte sammenlignes fordi de er af forskellig bredde, og der er ikke korrigeret for de forskelligheder, hvorunder forsøgene er gennemført, dvs. faktorer som markform og markstørrelse mm.

Arbejdsdybden er væsentlig mindre og kørehastigheden er væsentlig højere end ved traditionel stubharvning. Trækraftbehovet har i forsøgene varieret fra 81 kW til 124 kW. Motorbelastningen er i de fleste tilfælde ret høj og nærmer sig i nogle tilfælde det maksimale, traktoren kan yde.

Den første stubbearbejdning bør foretages umiddelbart efter høst for at få sat gang i omsætningen af stub, halmrester og spildfrø. Hvorvidt det er nødvendigt med yderligere bearbejdning afgøres nogle dage før såning. Der sprøjtes som regel med glyphosat nogle dage før såning, uanset om der sås i efteråret eller i foråret.

I undersøgelsen er også indgået tallerkenharve, spaderulleharve og halmstrigle. Brændstofforbruget vedrørende tallerkenharve og spaderulleharve er ikke væsentlig forskellig fra stubharver, men kapaciteten er lidt større på grund af en større kørehastighed. Halmstriglen har en meget stor kapacitet, idet kørehastigheden er høj, mens

arbejdsdybden er lille, kun 1,4 cm. Brændstofforbruget er i gennemsnit målt til 1,4 l/ha. Halmstriglen anvendes umiddelbart efter høst for at starte omsætningen af stub, halmrester og spildfrø. Den er bedst egnet på sandjord.

### Såning

Der er i alt gennemført 180 registreringer omfattende 2274 ha hos forsøgsværter, hvor der har været påmonteret en brændstoffmåler.

Det vejede gennemsnit for alle disse målinger er 7,7 liter/ha,

men som det fremgår af tabel 2 varierer dette fra 4,1 l/ha til 9,4 l/ha. Brændstofforbruget er absolut lavest ved såning med Kulti-Seeder med tandskær, mens det højeste brændstofforbrug er målt med Väderstad på pløjet svær lerjord. Der er også gennemført målinger ved såning med Kulti-Seeder, hvor der har været monteret en frontpakker med fuld arbejdsbredde på traktoren. Dette har betydet, at brændstofforbruget steg til 8,8 liter/ha, og samtidig faldt kapaciteten fra 2,4 ha/time til 1,9 ha/time.



*Påfyldning af såsæd.*



Tabel 2. Uddrag af resultater vedrørende såning med 4 meter såmaskiner (Horsch CO6 er dog på 6 meters arbejdsbredde).

Maskintype	Jordtype	Forbehandling	Traktor størrelse kW	Kørehastighed km/time	Arbejdsdybde cm	Kapacitet (brutto) ha/time	Brændstofforbrug liter/ha	Udtaget effekt kW	Motorbelastning %
<i>Väderstad Rapid 400 såmaskine</i>									
Skiveskærssåmaskine	alle	alle	200	12	4,0	2,9	8,3	77	38
Skiveskærssåmaskine	alle	direkte	243	15	3,7	3,2	6,8	68	28
Skiveskærssåmaskine	alle	pløjet	182	11	3,9	2,8	8,6	78	43
Skiveskærssåmaskine	ler	harvet	219	13	3,5	3,1	7,9	80	37
Skiveskærssåmaskine	sand	pløjet	226	14	4,0	2,9	7,8	76	33
Skiveskærssåmaskine	sv.ler	harvet	231	13	4,4	2,9	7,6	74	32
Skiveskærssåmaskine	sv.ler	pløjet	147	10	3,7	2,6	9,4	75	51
<i>Doublet Record Multi-Seeder såmaskine</i>									
Skiveskærssåmaskine	ler	alle	85	9	4,3	2,5	5,6	45	53
Skiveskærssåmaskine	ler	harvet	90	10	4,1	2,9	5,7	52	58
Tandskærssåmaskine	ler	pløjet	92	11	6,0	2,4	4,1	33	36
Skiveskærssåmaskine	sand	alle	98	12	3,3	3,6	5,6	65	66
<i>Horsch CO4 og CO6 såmaskine</i>									
Tandskærssåmaskine	alle	alle	154	13	4,4	1,8	7,6	88	57
Tandskærssåmask. 6 m	ler	harvet	206	12	4,0	6,2	8,2	148	72
Tandskærssåmaskine	sand	alle	150	14	4,2	3,7	6,6	80	53
Tandskærssåmaskine	sv.ler	alle	162	12	4,6	3,8	7,4	82	51
<i>Köckerling AT400 såmaskine</i>									
Tandskærssåmaskine	alle	harvet	138	12	4,5	3,3	8,7	93	67
Tandskærssåmaskine	sand	harvet	128	12	4,9	3,2	8,8	92	72
Tandskærssåmaskine	ler	harvet	149	12	4,9	3,8	7,8	97	65
Tandskærssåmaskine	sv.ler	harvet	149	13	4,7	3,5	8,5	99	67

Der er generelt ikke fundet signifikante forskelle på grund af jordtype eller forudgående jordbearbejdning, og heller ikke i brændstofforbruget mellem Väderstad, Horsch og Köckerling såmaskiner. Der er dog enkelte specifikke undersøgelser, hvor der er signifikant forskel, det gælder således såning med Väderstad såmaskine, hvor

brændstofforbruget er større på svær lerjord end på sandjord, hvis jorden kun er harvet forud for såning. Med Horsch såmaskinen er der signifikant forskel i brændstofforbruget mellem sandjord og lerjord, men ikke i relation til svær lerjord. Kapaciteten er bruttokapaciteten målt i praksis, det vil sige, at der ikke er korrigeret for

markstørrelse, markform, effektivitet m.m. Kørehastigheden varierer meget, men det tyder på, at kørehastigheden er lidt lavere ved såning med Kulti-Seeder end med de øvrige. Det afhænger dog meget af traktorstørrelse og det nødvendige effektbehov. Sådybden har været på 4-5 cm.

Tabel 3. Forskellige maskinkombinationer til reduceret jordbearbejdning

1	Alm. såmaskine, traktor 90 kW, 2 x alm. stubharve, alm. plov, 2 x såbedsharve, tromle
2	Rotorharvesæt, traktor 100 kW, 2 x alm. stubharve, vendeplow m. jordpakker
3	Rotorharvesæt, traktor 100 kW, vendeplow m. jordpakker, sprøjte før såning
4	Kompakt harvesæt, traktor 85 kW, 2 x alm. stubharve, vendeplow, såbedsharve, tromle
5	Kompakt harvesæt, traktor 85 kW, vendeplow, frontpakker på traktor, sprøjte før såning
6	Tandskær, Kulti-Seeder, traktor 95 kW, vendeplow, tromle, sprøjte før såning
7	Tandskær, Kulti-Seeder, traktor 95 kW, vendeplow, frontpakker på traktor, sprøjte før såning
8	Skiveskær, Kulti-Seeder, traktor 95 kW, vendeplow m. jordpakker, sprøjte før såning
9	Skiveskær, Kulti-Seeder, traktor 95 kW, 2 x alm. stubharve, sprøjte før såning
10	Duetskær, Horsch CO4, traktor 150 kW, 1 x stubharve m. vingeskær, sprøjte før såning
11	Duetskær, Horsch CO4, traktor 150 kW, 2 x stubharve m. vingeskær, sprøjte før såning
12	Duetskær Horsch CO6, traktor 200 kW, 1 x stubharve m. vingeskær, sprøjte før såning
13	Vingeskær, Köckerling AT400, traktor 140 kW, 1 x stubharve m. vingeskær, sprøjte før såning
14	Vingeskær, Köckerling AT400, traktor 140 kW + 1 x stubharve m. vingeskær + 1 x dyb stubharvning i 15-16 cm, sprøjte før såning
15	Skiveskær, Väderstad Rapid 400, traktor 185 kW, vendeplow m. jordpakker, sprøjte før såning
16	Skiveskær, Väderstad Rapid 400, traktor 185 kW, 2 x alm. stubharve
17	Skiveskær, Väderstad Rapid 400, traktor 185 kW, 1 x alm. stubharve m. vingeskær, sprøjte før såning
18	Skiveskær, Väderstad Rapid 400, traktor 185 kW, sprøjte før såning

Alle 18 metoder indeholder sprøjtning mod ukrudt efter såning, og mod svampe og skadedyr senere.

Alle såmaskinerne har en nominal arbejdsbredde på 4 m undtagen Horsch CO6, der er 6 m. Alle harvetype har en nominal arbejdsbredde på 6 m undtagen stubharven Köckerling SG 9/2, som er 4 m og den alm. såbedsharve, som er 8.7 m. Alle plove er 6-furede med en skærebredde på 14" undtagen vendepløven med jordpakker som er 16". Tromlens arbejdsbredde er 6 m. Frontpakkeren på traktoren er 4 m. Til alle sprøjtninger anvendes en sprøjte på 24 m.

Det er store traktorer, der anvendes, dog noget mindre ved såning med Kulti-Seeder. Det er imidlertid overraskende, at motorbelastningen er meget lav, hvilket alt andet lige indikerer et for stort brændstofforbrug. Det kan der dog delvis kompenseres for ved at køre i et højt gear og med lave motoromdrejninger. Den optimale løsning er imidlertid, at traktorstørrelsen passer til det pågældende arbejde.

I de gennemførte undersøgelser har de fleste pløjet forud for såning med Kulti-Seeder og Väderstad, hvorimod stort set ingen har pløjet forud for såning med Horsch og Köcker-

ling. Om det er en generel tendens kræver en nærmere undersøgelse.

#### Afgrødeetablering

Det samlede brændstofforbrug og arbejdsbehov ved afgrødeetablering afhænger af, hvilke metoder og teknik der anvendes. I dag er et rotorharvesæt eller et kompaktharvesæt meget almindelige såsystemer. Der harves og pløjes forud for såningen, dog ses oftere og oftere, at stubharvning udelades og i stedet sprøjtes med glyphosat. Tidligere blev den pløjede jord harvet en eller to gange med en såbedsharve, marken blev til-sået med en alm. radsåmaskine og sluttelig tromlet.

Denne metode anvendes stadigvæk af især mindre landbrug.

Ved reduceret jordbearbejdning anvendes helt andre typer maskiner. Det er karakteristisk for disse maskiner, at kørestigheden er høj og arbejdsdybden lille. Stubharverne er generelt udstyret med vingeskær for fuld gennemskæring og såmaskinerne bearbejder og tilsår jorden i en arbejdsgang.

Der kan opstilles mange forskellige metoder til afgrødeetablering, og der kan opstilles mange forudsætninger for sådanne metoder. I Tabel 3 er vist 18 forskellige, hvor rotorharvesættet (metode 3) er referencemetode-

den. Markstørrelsen er sat til 10 ha og marken er dobbelt så lang som bred. Transportafstanden hjem til lager, hvor såsæden ligger, er 1000 meter. Såmaskinerne har en arbejdsbredde på 4 meter, stubharverne 6 meter og sprøjten 24 meter. Arbejdsbehovet og kapaciteten er beregnet i EDB-programmet "DRIFT" på baggrund af de indsamlede data, dvs. der er korrigeret for faktorer som markform, markstørrelse, vendinger, stop, tilsyn, ifyldning m.m., således at resultaterne kan sammenlignes direkte.

Der sprøjtes 2-3 gange, hvoraf 1 gang, alt efter behov, er med glyphosat mod ukrudt nogle dage før såning. De to andre sprøjtninger er efter fremspiring af kornet mod ukrudt, skadedyr og svampe. I nogle af metoderne sprøjtes ikke med glyphosat, men i stedet stubharves 2 gange. Det medfører en reduktion i anvendelse af kemikalier, men det medfører samtidig en forøgelse af brændstofforbruget. Brændstofforbruget, der er vist i figur 1, kan groft inddeles i 3 grupper:

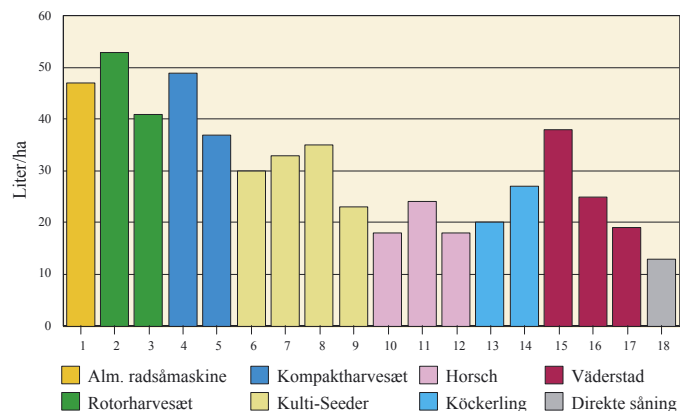
- Traditionel jordbearbejdning 40 - 50 liter/ha
- Reduceret jordbearbejdning 18 - 35 liter/ha
- Direkte såning (ingen jordbearbejdning) 12 - 14 liter/ha

Den meget store variation i brændstofforbruget skyldes, at

der pløjes i nogle af metoderne. Den største brændstofbesparelse opnås ved "direkte såning", altså uden jordbearbejdning overhovedet. Metoden anvendes stort set ikke i praksis, fordi såmaskinerne ikke er tilpasset denne metode, eller måske fordi den biologiske aktivitet i jorden ikke aktiveres tilstrækkeligt, hvis der ikke stubharves. Under alle omstændigheder er brændstofbesparelserne store, hvis der ikke pløjes, mens det er begrænset, hvad der kan spares, hvis der pløjes.

I figur 1 er metoderne delt op i grupper, hvoraf det fremgår, at der ikke er megen forskel i brændstofforbruget imellem Horsch, Köckerling og Väderstad bortset fra metode 15, hvor der pløjes. Der er dog en tendens til, at Horsch har det laveste brændstofforbrug, men forskellene mellem de tre maskinfabrikater er ikke signifikant.

Figur 1. Brændstofforbrug ved traditionel og reduceret jordbearbejdning samt ved direkte såning



Det laveste brændstofforbrug er opnået ved direkte såning, men metoden anvendes som nævnt ikke meget i praksis. Kulti-Seeder metoderne ser ud til at have et større brændstofforbrug end de øvrige, men det skyldes, at der pløjes ved de tre første metoder.

Arbejdsbehovet, der fremgår af figur 2, er på 2,0 timer/ha med rotorharvesættet, som er referencemetoden (metode 3). Dette kan reduceres til mellem 1,1 og 1,7 timer/ha ved reduceret jordbearbejdning og til 0,9 timer/ha ved direkte såning. Det vil sige en besparelse på 15 til 45 %. Ved direkte såning kan der imidlertid spares ca. 55 %. Arbejdsbehovet er størst ved metode 1, hvor der sås på gammeldags maner, men ved denne metode kræves der ikke så stor trækraft, idet maskinerne er relativt lettere.

Grøn Viden indeholder informationer fra Danmarks JordbrugsForskning.

Grøn Viden udkommer i en mark-, en husdyr- og en havebrugsserie, der alle henvender sig til konsulenter og interesserede jordbrugere.

Abonnement tegnes hos  
Danmarks JordbrugsForskning  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf. 89 99 10 10 / www.agrsci.dk

Prisen for 2004:  
Markbrugsserien kr. 272,50, Husdyrbrugsserien  
kr. 225,00, Havebrugsserien kr. 187,50  
Priserne er incl. moms

Adresseændringer meddeles særskilt til postvæsenet.

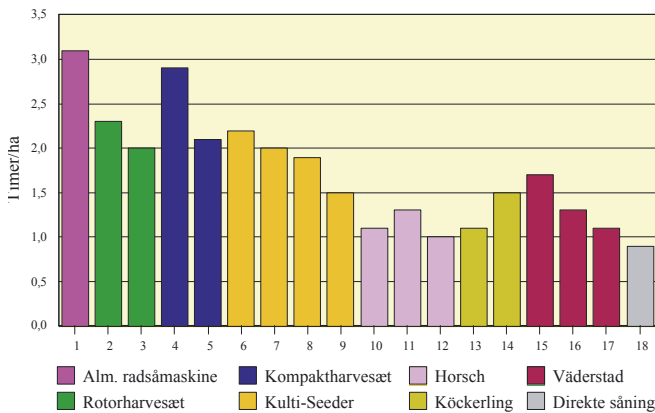
Michael Laustsen (ansv. red.)

Layout og tryk: DigiSource Danmark A/S

ISSN 1397-985x

Se desuden Grøn Viden Markbrug nr. 293. Reduceret jordbearbejdning - Metoder og økonomi.

Figur 2. Arbejdsbehov ved afgrodeetablering for traditionel og reduceret jordbearbejdning samt ved direkte såning



Det ser ud til, at arbejdsbehovet er større ved Kulti-Seeder metoden end ved Horsch, Köckerling og Väderstad metoderne. Det skyldes, at der pløjes ved metoderne 6, 7, 8 og 15. Hvis der ses bort fra disse metoder, mindskes forskellene mellem metoderne ved reduceret jordbearbejdning betydeligt. Arbejdsbehovet er dog mindst ved direkte såning, se metode 18.

Kapaciteten er som følge af det lille arbejdsbehov meget stort, og de fleste metoder er enmandsbetjente. Ved såning med rotorharvesættet eller kompaktharvesættet, hvor ploven helst skal køre lige foran såmaskinen, er der

imidlertid behov for ekstra mandskab og traktorer til at pløje.

### CO<sub>2</sub> udslip

Brændstofforbruget er på 40-50 liter/ha for traditionel jordbearbejdning, såning og sprøjtning afhængig af metodevalg. Landbrugsarealet er på 2.659.000 ha, hvoraf ca. 2.178.000 jordbearbejdes og tilsås årligt. Dette svarer til, at forbruget af diesel til traditionel jordbearbejdning, såning og sprøjtning udgør ca.

82.500 tons årligt, varierende fra ca. 73.000 til ca. 91.500 tons/år. Det tilsvarende CO<sub>2</sub> udslip er på mellem 230.000 og 289.000 tons/år.

Disse beregninger er baseret på et rationelt drevet landbrug med ret store maskiner. I virkeligheden er forbruget nok noget større.

Ved reduceret jordbearbejdning kan brændstofforbruget reduceres med ca. 50 % varierende fra 33-64 % afhængig af metode og teknik. CO<sub>2</sub> udledningen kan reduceres tilsvarende.

Ved direkte såning kan brændstofforbruget reduceres med ca. 70 %, og CO<sub>2</sub> udledningen kan ligeledes reduceres med ca. 70 %.

Der er således store besparelsesmuligheder, men i hvilken udstrækning, det vil blive udnyttet i landbruget, er meget vanskeligt at forudsige. Interessen for reduceret jordbearbejdning er stor i øjeblikket, vel især for at reducere produktionsomkostningerne, men hvis der også er muligheder for at tilgodese miljøet, er det en positiv effekt af den teknologiske udvikling.