



Maskiner og planteavl | nr. 82 | 2007

FarmTest

Biobrændselsfyrr med integreret oliepresser



Biobrændselsfyr med integreret oliepresser

Fyring med rapskage

Af Jørgen Pedersen, Jordbrugsteknologi, AgroTech A/S

Titel: Biobrændselsfyur med integreret oliepresser
Forfatter: Konsulent Jørgen Pedersen, Jordbrugsteknologi, AgroTech A/S
Review: Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen, Jordbrugsteknologi, AgroTech A/S
Layout: Lone E. Haargaard, AgroTech A/S
Illustrationer: Jørgen Pedersen, Jordbrugsteknologi, AgroTech A/S
Tryk: Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret
Udgave: 1. udgave 2007
Oplag: 20 stk.
Udgiver: Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret
Udkærsvej 15, Skejby
8200 Århus N
Telefon 87 40 50 00 | Fax 87 40 50 10
E-mail: farmtest@landscentret.dk
www.farmtest.dk
iSSN: 1601-6777

Forord

To forhold har været fremmende for udbredelsen af fyring med rapskage:

1. En relativ lav markedspris på raps og en høj pris på fossile brændsler har øget interessen for at lave rapsolie og rapskage til erstatning for fyringsolie eller bio-brændsler
2. Den øgede anvendelse af rapsolie som motorbrændstof har genereret et overskud af rapskage

Producenter af såvel oliepressere som stokerfyr har været kvikke til at opfange disse signaler og har hurtigt fulgt trop med produktion og salg af udstyr, der har gjort det muligt på gårdniveau at producere rapskage og udnytte brændværdien i et stokerfyr. Udbuddet af billige oliepressere er stort, og der findes stokerfyr med integreret oliepresser.

Omsætningen af rapskage/rapspiller til fyringsformål er efter alt at dømme stigende. Dog kan en markant prisstigning på rapsfrø ændre denne udvikling.

Den indhøstede viden er tilvejebragt ved måling på fyr hos to landmænd samt ved indsigt i deres omkostninger til etablering af fyringsanlæg og brændsel.

Undersøgelsen samt denne rapport er udarbejdet af cand.agro. og ingeniør Jørgen Pedersen, AgroTech, Skejby.

Dansk Landbrug takker de landmænd og fabrikanter, som velvilligt har deltaget i undersøgelsen. Kun med deres hjælp, indsigt og engagement har det været muligt at opnå brugbare resultater.

FarmTest er orienterende undersøgelser af ny teknologi og nye metoder til dansk landbrug. Undersøgelserne foregår under praktiske forhold. De bliver udført i tæt samarbejde mellem Dansk Landbrugsrådgivning, leverandører af ny teknologi, forsknings- og forsøgsinstitutioner, decentrale rådgivere og sidst, men ikke mindst, landmænd.

Denne FarmTest og mange andre kan læses på adressen www.farmtest.dk.

Afdelingsleder
Kjeld Vodder Nielsen
AgroTech, Jordbrugsteknologi
Skejby
Oktober 2007

Indhold

Forord	4
1. Sammendrag og konklusion	6
2. Baggrund	7
3. Formål og mål	8
3.1 Mål	8
4. Indledning	9
5. De testede fyr	10
5.1 20 kW fyret	10
5.2 125 kW fyret	11
6. Metode og målinger	15
7. Resultater	17
7.1 20 kW fyret	17
7.1.1 Elforbrug	17
7.2 125 kW fyret	19
7.2.1 Elforbrug	21
7.2.2 Aske	21
7.2.3 Slagger i asken	21
7.2.4 Rapsfrøene - og deres lagring	22
7.2.5 Undgå unødigt slid på oliefrøpresseren	22
8. Økonomiske betragtninger	23
8.1 20 kW fyret	24
8.2 125 kW fyret	25
8.3 Overskud til finansiering af 125 kW rapskagefyr	26
9. Diskussion	30
10. Konklusion og anbefaling	32
11. Kilder	33
Bilag	34

1. Sammendrag og konklusion

Der er foretaget målinger af brændselsforbrug, elforbrug samt virkningsgrad på to rapskagefyrede biobrændselsfyr med integreret rapsoliepresser. Desuden er oliepressernes olieproduktion målt. Fyrenes nominelle (dimensionerede) ydelse var henholdsvis 20 kW og 125 kW.

Rapskage kan anvendes som brændsel i stokerfyrede biobrændselsfyr. Det brænder godt, og energiindholdet er højt. Brændværdien afhænger af restolieindholdet efter presningen.

Fyret på 20 kW havde en virkningsgrad på ca. 84 %, hvorimod fyret på 125 kW varierede mellem 72-73 %. En visuel bedømmelse af asken sandsynliggjorde, at rapskagen var fuldstændig forbrændt.

I opstilling med en oliepresser, hvor rapskageproduktionen er styret af det øjeblikkelige varmebehov og brændselsforbrug i fyret, opnår man, at rapskagen ikke skal lagres.

Rapskagen fra oliepresserne på de to undersøgte fyr har form af en pille (som en træpille), men den er ret løs i strukturen.

Rapskage indeholder forholdsvis megen aske – op til 20 gange mere end træpiller og ca. 4-6 gange mere end korn. Undersøgelsen af det store fyr på 125 kW afslørede, at det var nødvendigt dagligt at skrabe aske bort fra ildstedet i fyret – selv om fyret var udstyret med vandrende askeriste i bunden af fyret.

Aske fra fyring med rapskage kan indeholde slagger. Disse kan volde problemer i sneglen til automatisk askeudtagning.

Der er sandsynligvis mere manuelt arbejde (til askeudtagning og rensning af hedefalder) ved fyring med rapskage end ved fyring med træpiller og korn.

Elforbruget til fyrene og deres oliepresser er lavt og udgør kun en forsvindende andel af de samlede fyringsomkostninger.

Olieudbyttet fra de to fyrs oliepressere svarede til ca. en fjerdedel af de anvendte rapsfrø vægt. Foreløbige resultater fra en FarmTest af oliepressere viser, at olieudbyttet under gode forhold kan være op til 35 % w/w (vægt pr. vægt).

Med udgangspunkt i prisforholdene efteråret 2007 er følgende gældende:

- Når rapskage anvendes til privat opvarmning er besparelsen omkring 20 % i forhold til fyringsolie, rapsolie eller korn
- Til erhvervsmæssigt opvarmningsformål er fyring med rapskage ikke billigere end fyring med fyringsolie
- Et fald i prisen på rapsfrø samtidig med en stigning i fyringsolieprisen kan gøre det fordelagtigt at anvende rapskage til erhvervsmæssig opvarmning
- Omkostningerne ved rapskagefyring ligger på niveau med eller over omkostningerne til opvarmning med træpiller.

2. Baggrund

I 2005 blev der gennemført en FarmTest af stokerfyrede biobrændselsfyre. FarmTesten fokuserede på fyring med korn og træpiller, og der blev målt virkningsgrad og effektniveau. I alt fem biobrændselsfyre indgik i FarmTesten. Resultaterne foreligger i rapporten "FarmTest af mindre, stokerfyrede biobrændselsfyre" – nr. 43, 2006.

Sideløbende med testen af de fem korn/træpillefyrede stokerfyre, blev der også lavet målinger på et rapskagefyret biobrændselsfyre. Fyret er et traditionelt stokerfyre, som er sammenkoblet med en oliepresser. Oliepresseren producerer brændslet, som er rapskage på pilleform. Brændslet føres direkte fra oliepresseren ned i stokersneglen, og det er således i princippet det aktuelle varmebehov, der styrer driften af oliepresseren.

Rapsolien løber fra oliepresseren ned i et lille kar, hvor slammet bundfælder; oliens ophold i karret er kortvarigt (få timer). En pumpe flytter olien via et filter over i lagertanke - typisk er det almindelige palletanke.

Ved at pumpe olien gennem filtre, kan urenheder større end 1 μ (my) fjernes.

Ved afslutningen af ovennævnte FarmTest blev det klart, at det rapskagefyrede biobrændselsfyre på væsentlige punkter adskiller sig fra de øvrige biobrændselsfyre. Det blev derfor besluttet at publicere resultaterne fra testen af det rapskagefyrede biobrændselsfyre i en selvstændig rapport.

I samråd med producenten af det rapskagefyrede biobrændselsfyre blev testen udvidet til at omfatte målinger på et relativt stort fyre – nominel effekt på 125 kW. Fyret arbejder efter samme princip som førstnævnte – med en tilkoblet oliepresser.

Resultaterne fra målingerne på de to rapskagefyrede biobrændselsfyre er præsenteret i denne rapport.

3. Formål og mål

Formålet med FarmTesten har været at tilvejebringe viden om fyring med rapskage.

3.1 Mål

FarmTesten har sigtet mod to mål:

1. At skaffe pålidelige tal for energiudnyttelsen ved fyring med rapskage – dette blandt andet som grundlag for beregning af fyringsøkonomi
2. At vurdere rapskagens egnethed som brændsel; med andre ord fordele og ulemper – og særlige problemområder

4. Indledning

Dansk Landbrug dyrker forholdsvis meget raps. I 2006 var det dyrkede areal 125.000 ha med et samlet udbytte på 435.000 tons rapsfrø (Statistikbanken.dk). Det dyrkede areal har været stigende de seneste år. En stor del af rapsen anvendes til produktion af biodiesel, som eksporteres, hvorimod en mindre andel går til konsum (rapsolie).

Der er flere forhold, som har fremmet interessen for at anvende rapsen på egen bedrift eller alternativt forarbejde den med henblik på salg af olie og/eller rapskage:

- Stigende priser på fyringsolie – og senest også træpiller
- Relativ lave salgspriser på raps
- Rapskage er et udmærket foder og tillige et godt brændsel
- Anvendelse af rapsolie som motorbrændstof, "fyringsolie" og foderstof
- Nyt og prisbilligt udstyr til oliepresning
- Stor udbredelse af stokerfyr, hvoraf nogle kan håndtere rapskage/-pille

Den store udbredelse af stokerfyr og prisudviklingen på olie har betydet en stigning i prisen på træpiller. Mange fyrer nu med korn eller en blanding af korn og træpiller. Rapsfrø er et godt brændsel – ikke mindst på grund af det store indhold af olie. Men de fleste stokerfyr kan ikke håndtere afbrænding af rapsfrø, primært fordi olien løber af frøene, inden de når ind i brændkammeret. Med rapskage går det derimod bedre. Her er olieindholdet mellem en fjerdedel og halvdelen af indholdet i rapsfrø. Almindelige stokerenheder kan fint håndtere indfyring med rapskage – især hårdt pressede piller. Dog kan der dannes slagter i asken.

Rapskage/-piller vurderes kun at udgøre en mindre del af det anvendte brændsel til husstands-stokerfyr i Danmark.

5. De testede fyr

Der er gennemført test af to fyr med integreret oliepresser:

- 20 kW KSM multistokerfyr med tilkøbet oliepresser af mærket Hybren, model H6
- 125 kW KSM multistokerfyr med tilkøbet oliepresser fra Täby, model 55.

Nominel effekt for begge biobrændselsfyr gælder ved fyring med træpiller.

Det anvendte brændsel har været rapskage/ -pille, som produceres af oliepresseren.

På begge fyr er motoren til oliepresseren frekvensreguleret. Fordelen ved dette er, at pressingen kan reguleres over et interval, hvorved indfyringen af rapskagen bliver mere jævn og kontinuert. Antagelig nedsætter det også belastningen og dermed sliddet på oliefrøpresseren.

Nedenfor er vist billeder af de to fyr optaget på opstillingsstederne, dvs. hos de to anlægsejere.

5.1 20 kW fyret

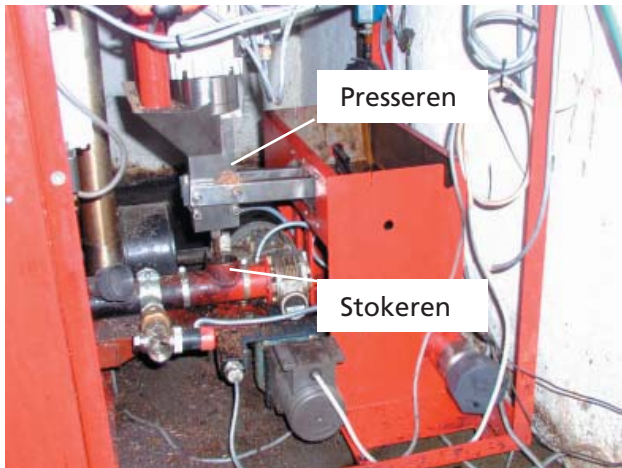
Fyret står i et mindre rum i et udhus på ejendommen. Rummet har tidligere tjent som fyrrum for et oliefyr. Brændselsmagasinet (silo) er placeret i et tilstødende rum, og en snegl (figur 5.1) transporterer rapsfrøene til fyret. Rapsfrøene løber gennem et almindelig pladesold (ses øverst i figur 5. 2), inden de kommer ned i fyrets eget brændselsmagasin. Pladesoldet frænsrer store urenheder som strå og skulpedele. Sand og jord går derimod igennem. På figur 5. 2 kan en el-varmeblæser (den gule "pistol") ses. Den anvendes til at tænde bålet med inde i fyret. Figur 5.3 viser den integrerede oliepresser med slamkar. Oliepresseren er af fabrikatet Hybren, model H6. På figur 5. 4 ses søjlefilteret, som olien presses igennem, inden den pumpes over i en lagertank.



Figur 5.1. 20 kW rapskagefyret biobrændselsfyr med integreret rapsoliepresser.



Figur 5.2. Det samme fyr set fra siden.



Figur 5.3. Her ses: Øverst rapsoliepresseren (undtagen elmotoren); derunder selve stokeren, der fører rapskage til fyret, som kan anes til venstre; og endelig slamkarret til højre.



Figur 5.4. Rapsolien trykkes igennem det røde søjlefilter. Olien ledes ind forneden og forlader filteret foroven. Til venstre for søjlefilteret er der et ekstra lille filter.



Figur 5.5. Brugt filterindsats (stofpose) fra filtermagen til det røde søjlefilter på figur 5.4. Bemærk, at slammet sidder udvendigt på posen - rapsolien presses udefra og ind gennem posen.

5.2 125 kW fyret

Fyret opvarmer svinestalde og står i en bygning et stykke fra staldene. I et tilstødende lokale står siloer (brændselsmagasin) og palletanke til rapsolien.



Figur 5.6. 125 kW biobrændselsfyr. Silo/brændselsmagasin ses i baggrunden.



Figur 5.7. Fyret er stoppet af hensyn til rensning og askeudtagning.

Rapsfrøene transporteres med snegl fra siloen ind i fyrrummet. Frøene passerer en rysterenser (figur 5.8 og 5.9) inden de falder ned i en mindre forsilo oven over fyret. Herfra falder de ned til oliepresseren. Det frarensede materiale føres uden om oliepresseren og falder direkte ned i stokeren og føres altså ind i fyret sammen med rapskagen (figur 5.10 og 5.11).



Figur 5.8. Rysterenser over forsilo til oliepresser.



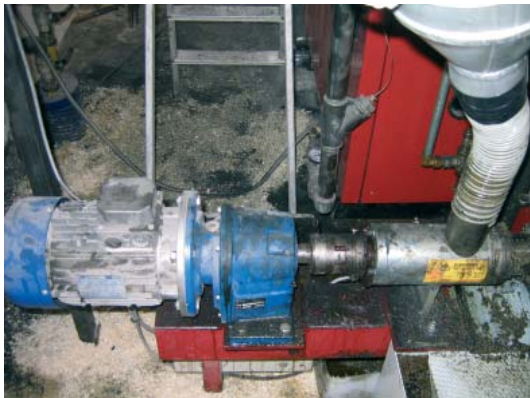
Figur 5.9. Det frarensede materiale ledes til tragtten og ned i OK-røret.



Figur 5.11. OK-røret leder det fransede materiale fra rysterenseren uden om oliepresseren og direkte ind i stokeren.

Figur 5.10. OK-røret set oppe fra rysterenseren.

Oliepresseren skubber rapskagen vandret ind i stokeren.



Figur 5.12. Oliepresseren til fyret.



Figur 5.13 Stokeren.

Asken fjernes med askesnegl og lagres (midlertidigt) i en gammel gødningsspreder i det tilstødende rum.



Figur 5.14. Askesnegl der flytter asken fra fyret (ses i baggrunden) op i midlertidig lagerbeholdning.



Figur 5.15 Den gamle gødningsspreder i baggrunden fungerer som midlertidig lagerbeholder for asken.

6. Metode og målinger

For hvert af de to fyr er der målt:

- Brændselsforbrug
- Varmeproduktion til det vandbårne varmesystem
- Elforbrug
- Olieproduktion

På baggrund af brændselsforbrug og varmeproduktion beregnes fyrets virkningsgrad, dvs. brændselsudnyttelsen. Virkningsgraden er defineret som den del af brændslets nedre brændværdi fyret overfører til det vandbårne varmesystem, som fyret er tilsluttet. Virkningsgraden kan ikke blive 100 %, da en mindre del af varmen går tabt med røggassen gennem skorstenen. Der er også et vist varmetab fra fyrets overflade og tilsluttede rør. I nogle tilfælde vil en del af denne varme kunne udnyttes (eksempelvis til rumvarme i fyrrummet), men den indgår altså ikke i definitionen på virkningsgrad.

Brændselsforbruget er målt med vægte:
Bordvægt ved 20 kW fyret – tolerance max. 30 gram
Brovægt ved 125 kW fyret – tolerance 10 kg

På 20 kW fyret fyldtes rapsfrøene i brændselsmagasinet ved hjælp af en snegl. En spand blev i testperioden stillet under tuden på sneglen, og frøene blev afvejet spandevise og efterfølgende hældt i magasinet.

Til 125 kW fyret blev der afvejet en vis mængde rapsfrø (max. 12 tons) ad gangen inden tilførsel til lagersilo. Herfra flyttedes frøene med snegl over til en forsilo, hvorfra de løb ned til oliepresseren.

Varmeproduktionen er målt med varmemålere fra Kamstrup metro:

$Q_n = 1,5 \text{ m}^3$ pr. time på 20 kW fyret
 $Q_n = 6,0 \text{ m}^3$ pr. time på 125 kW fyret

Varmemålerens flowenhed var placeret i returløbsrøret til rapskagefyret.

Elforbruget er målt med lejede elmålere fra lokale elektrikerfirmaer.

Olieproduktionen fra oliepresserne er vejet. En mindre del af den frapressede olie bundfælder i slamkaret under oliepresseren. Slammet er undervejs opgjort (vejet/anslået) nogle gange og indgår i resultaterne for den samlede olieproduktion.

Testperioden er for hver af de to fyr opdelt i to delperioder. For hver delperiode er følgende opgjort/beregnet:

- Brændselsforbrug
- Fyrets ydelse
- Fyrets virkningsgrad



Figur 6.1. Kamstrup varmemåler, type 66C, nominelt flow på 6 m^3 pr. time. Selve flowmålerdelen måler $260 \text{ mm} \times 5/4''$.

- Olieproduktion
- Olieudbytte

Hertil kommer elforbruget, som ligeledes er opgjort pr. delperiode og beregnet som et gennemsnitligt forbrug pr. døgn.

Aflæsning af varmemåleren er ved testen af 20 kW fyret foretaget hyppigt, ca. hver eller hver anden dag, hvorimod det ved testen af 125 kW fyret blot er gjort, når en kendt mængde brændsel er brugt op.

De hyppige måleraflæsninger på 20 kW fyret har gjort det muligt at afbilde døgnvariationen (næsten) af ydelsen. På 125 kW fyret har det derimod kun været muligt at lave en beregning af den gennemsnitlige døgnydelse for en hel delperiode ad gangen.

Virkningsgraden er beregnet for delperioder:

1. to delperioder for 20 kW fyret
2. to delperioder for 125 kW fyret

Det er ikke muligt at beregne virkningsgraden pr. døgn, da brændselsforbruget pr. døgn ikke er målt. Brændslet er vejet ved påfyldning, og tidsrummet fra fuldt til tomt brændselsmagasin er registreret.

7. Resultater

7.1 20 kW fyret

Fyret er testet i efteråret 2005 med start den 26. november og afslutning den 10. december. Der har undervejs været nogle stop-dage, særligt i starten af perioden. For disse stop-dage er der ikke beregnet en effektafgivelse fra fyret – se "hullerne" i diagrammet på figur 7. 1 nedenfor.

Stop-dagene indgår ikke i grundlaget for den beregnede gennemsnitlige ydelse, se tabel 7.1.

Der er beregnet én værdi for fyrets virkningsgrad gældende for hele testperioden uanset stopdagene.

I tabel 7.1 er hovedresultaterne samlet.

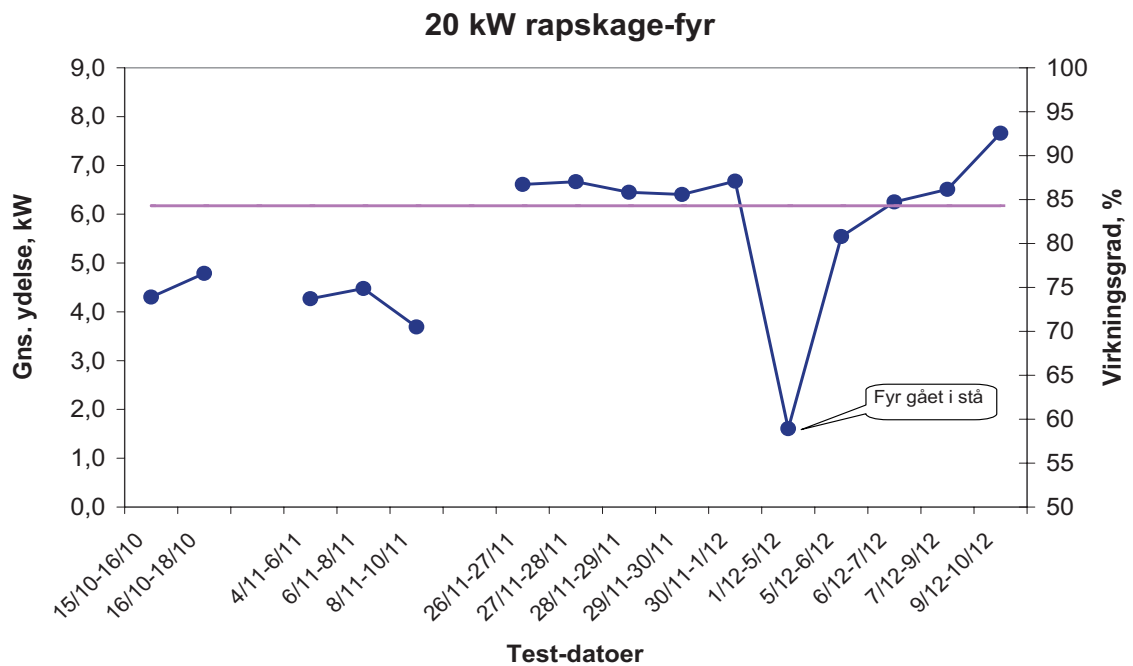
Tabel 7.1. Resultater fra test af et 20 kW rapskagefyret biobrændselsfy.olieproduktionen vedrører den integrerede oliepressers produktion af rapsolie. Olieudbyttet er olieproduktionen i forhold til den anvendte mængde rapsfrø.

Testperiode	Anvendt rapsfrø	Gns. ydelse	Virkningsgrad	Olieproduktion	Olieudbytte
2006	kg	kW	%	kg	vægt %
16. okt.–10. dec.	963	5,4	84,3	253	26,3

Udbyttet af rapsolie fra oliepresseren repræsenterede ca. ¼ af rapsfrøenes vægt. De anvendte frø er ikke analyseret for olieindhold, men rapsfrø indeholder typisk 43-50 % olie af tørstoffet (Oversigt over Landsforsøg, 2006).

På figur 7.1 ses, at det højeste effektniveau ligger i sidste del af testperioden, hvor der har været færrest driftsstop.

Virkningsgraden på ca. 84 % blev præsteret ved en effektafgivelse, der kun er på ca. en tredjedel af nominel effekt. Teknologisk Institut oplyser, at virkningsgraden normalt kun varierer relativt lidt med effektniveauet, men at der ofte ses et markant fald, når effekten ligger under ca. 30 % af nominel effekt.



Figur 7.1. Gennemsnitlig ydelse (kW) ved fyring med rapskage (blå punkter) jvf. lodret akse til venstre. I følge fabrikanten er den nominelle ydelse 20 kW ved fyring med træpiller. Virkningsgraden er angivet med røde streger jvf. lodret akse til højre. Perioder er angivet ved datoer.

7.1.1 Elforbrug

Elforbruget er opgjort to gange undervejs i testperioden, se tabel 7.2.

Tabel 7.2. Elforbrug til drift af 20 kW rapskagefyret biobrændselsfyr inkl. oliepresser.

Delperioder	Gennemsnitlig elforbrug pr. døgn
	kWh
16. okt. – 10. nov.	5,1
26. nov. – 10. dec.	6,7

Oliepresseren har en mærkeeffekt på elmotoren på 0,35 kW. Motorens elforbrug kan således max. blive 8,4 kWh pr. døgn. Fyret bruger også el-energi til stokersnegl til rapskage (sneglen til påfyldning af rapsfrø indgik ikke i elmålingen), bevægelige aske-riste, rapsoliepumpe, luftblæser, styring samt i mindre omfang elvarmeblæser til tænding.

Det noget højere elforbrug i anden delperiode (26. nov. - 10. dec.) skyldes et relativt stort varmebehov, se figur 7.1, hvorved de elforbrugende komponenter har brugt mere energi end ellers.

Der er udtaget prøver af rapsfrøene og rapskagen. Prøverne er analyseret for vand- og askeindhold. Analyserne er udført af Force Technology A/S, se tabel 7.3.

Tabel 7.3. Analysetal på prøver af rapsfrø og rapskage udtaget fra rapskagefyret. For sammenlignings skyld er typiske værdier for træpiller og korn vist.

	Energiindhold	Vandindhold	Askeindhold
	MJ/kg	%	% af tørstof
Rapskage	20,41	13,3	6,0
Rapsfrø	23,48	11,2	4,8
Træpiller	17,3	8	0,3 – 0,5
Korn	14,0	15	1,5 – 2,0

At vandprocenten er højere i rapskagen end i rapsfrøene er en følge af, at den frappede olie indeholder mindre vand (procentuelt) end rapsfrøene.

Restolieindholdet i rapskagen er forholdsvist stort. Dette har betydning for brændværdien. I sammenligning med træpiller er brændværdien ca. 3 MJ/kg højere (eller ca. 18 %) trods det høje askeindhold, der er op til 20 gange højere end i træpillerne!

7.2 125 kW fyret

Testperioden, som gik fra 20. november 2006 til 8. marts 2007, er opdelt i to delperioder:

- 20. november til 12. januar
- 15. januar til 8. marts

Der er beregnet to værdier for fyrets ydelse og virkningsgrad. Én der dækker perioden 20. november frem til 12. januar, og én for sidste del af testperioden.

I tabel 7.4 er hovedresultaterne samlet. Første delperiode er ca. 56 dage, anden er ca. 52 dage.

Tabel 7.4. Resultater fra test af et 125 kW rapskagefyret biobrændselsfyret. Olieproduktionen vedrører oliepresserens produktion af rapsolie. Olieudbyttet er olieproduktionen i forhold til den anvendte mængde rapsfrø.

Delperioder	Brændselsforbrug	Gns. ydelse	Virkningsgrad	Olieproduktion	Olieudbytte
	kg rapsfrø	kW	%	kg	vægt %
20. nov.-12. jan.	15.860	38,8	73,2	3992	25,1
15. jan-8. mar.	18.200	45,9	72,3	4223	23,2

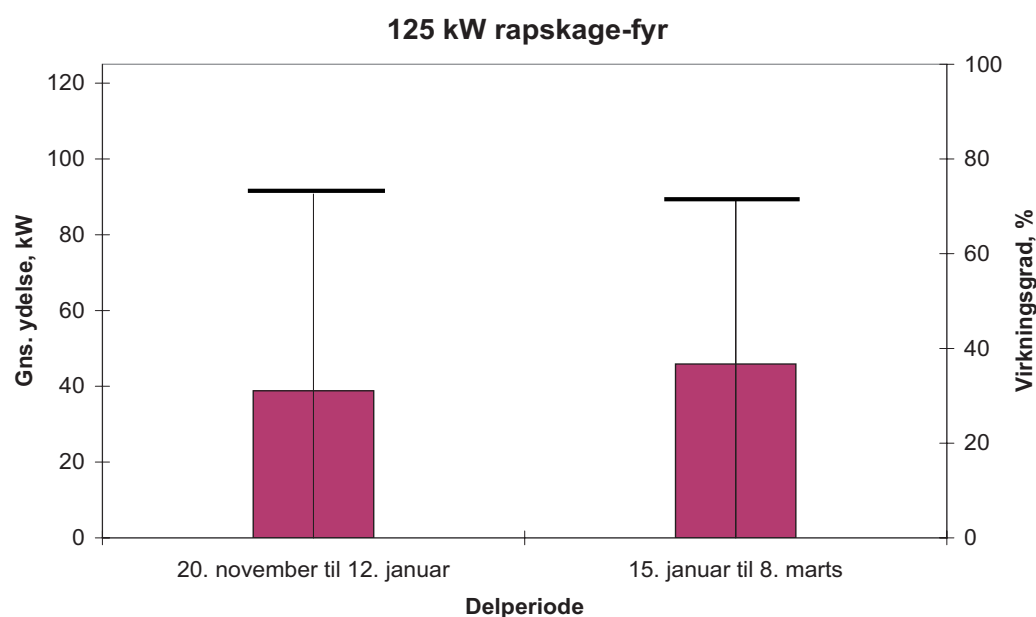
Et oliefyr er tilsluttet kredsen i det vandbårne varmesystem. Forbruget af fyringsolie har i hele testperioden (108 dage) blot været 269 liter. Varmemålerens registrering af varmeproduktion er korrigeret for oliefyrets varmebidrag. Der er regnet med, at oliefyret har en virkningsgrad på 85 %.

Hvor stort er så brændselsforbruget pr. dag? Det kan ses i tabel 7.5, hvor også det teoretiske, gennemsnitlige forbrug af fyringsolie er angivet.

Tabel 7.5. Gennemsnitligt brændselsforbrug pr. døgn. Det skal bemærkes, at oliefyret kun kører, når rapskagefyret serviceres, eller hvis der indtræder et længerevarende driftsstop. Der er altså i praksis ikke løbende et forbrug af fyringsolie hver dag.

Gennemsnitlig brændselsforbrug	Rapsfrø	Fyringsolie	Periodeforbrug af fyringsolie
pr. dag	kg	liter	liter
20. november til 12. januar	284	1,3	72
15. januar til 8. marts	350	3,8	197

Gennemsnitlig ydelse (effekt, kW) og virkningsgrad er afbilledet i figur 7.2.



Figur 7.2. De to røde søjler viser den gennemsnitlige effekt fyret har leveret, jvf. den lodrette akse til venstre. De blå streger over søjlerne angiver fyrets virkningsgrad, jvf. den lodrette akse til højre. Ifølge fabrikanten er den nominelle ydelse 125 kW ved fyring med træpiller.

Det er bemærkelsesværdigt, at der sker et mindre fald i virkningsgraden, når ydelsen øges. Fra første til anden delperiode er ydelsen i gennemsnit øget med godt 7 kW, svarende til ca. 18 %, hvorimod virkningsgraden er faldet med ca. 1 procentpoint. Ændringen i ydelse svarer til ca. 5,7 % af den nominelle ydelse på 125 kW.

Som nævnt er virkningsgraden forholdsvis ufølsom over for ændring i ydelse, når ydelsesniveauet er over ca. 30 % af fyrets nominelle effekt. En gennemsnitlig ydelse på 38,8 kW (perioden 20. november til 12. januar) svarer til ca. 31 % af den nominelle ydelse på 125 kW.

Desværre er der ikke udtaget prøve af rapsfrøene til analyse af vand- og olieindhold, men forsøgsværten oplyser, at en måling af vandindholdet i frøene viste 7 %.

Undervejs i testforløbet er der fyldt rapsfrø (flere tons ad gangen) i brændselsmagasinet flere gange.

7.2.1 Elforbrug

Tabel 7.6. Elforbrug til drift af 125 kW rapsfyret biobrændselsfyre inkl. oliepresser.

Delperioder	Gennemsnitlig elforbrug pr. døgn
	kWh
20. nov. - 12. jan.	18,6
15. jan. - 8. mar.	21,5

Oliepresseren har en mærkeeffekt på elmotoren på 1,5 kW. Motorens elforbrug kan således max. blive 36 kWh pr. døgn. Fyret bruger også el-energi til stokersnegl til rapskage, bevægelige askeriste, askesnegl, rapsoliepumpe, luftblæser, styring samt i mindre omfang el-varmeblæser til tænding.

7.2.2 Aske

En visuel bedømmelse af asken viste, at brændslet blev brændt tilfredsstillende, der var ingen synligt uforbrændte dele i asken.



Figur 7.3. Aske fra det rapskagefyrede 20 kW bio-brændselsfyre. Asken er grå og pulveragtig, hvilket vidner om en god og tilfredsstillende forbrænding.

Asken kan dog på anden led udgøre et problem: Den fylder meget. Som vist i tabel 7.3, viste en brændselsanalyse af rapskagen fra 20 kW fyret et askeindhold på 6 %.

Ejeren af 125 kW fyret har udtalt, at det dagligt er nødvendigt manuelt at skrabe aske væk fra luftdyserne inde ved selve ildstedet i fyret. Ellers bygger asken op og hindrer luftens tilgang til bålet. Tilsyneladende er de bevægelige askeriste ikke helt effektive nok, eller også har asken fra rapskage andre egenskaber end asken fra træpiller og korn – fyret er oprindeligt konstrueret til disse brændsler. Med et brændselsforbrug på 210-270 kg rapskage produceres der ca. 13-16 kg aske dagligt.

7.2.3 Slagger i asken

Asken fra det store 125 kW fyr indeholdt slagger – i større eller mindre klumper. Ifølge ejeren af fyret giver det af og til problemer i askesneglen. Mindst to gange har fastkilede slagger i askesneglen været årsag til ødelagt motor på sneglen.

Asken fra 20 kW fyret indeholdt kun meget lidt slagge.

7.2.4 Rapsfrøene - og deres lagring

Af hensyn til sikker lagring er det væsentligt, at rapsfrøene ikke har et vandindhold større end ca. 9 %. Ellers skal de kunne beluftes.

Vandindholdet har tilsyneladende også betydning for, hvor meget olie der kan presses af frøene. Såvel fabrikanter af oliepressere som brugere siger, at jo højere vandindholdet er, desto mindre olie kan der presses af frøene. Mange mener, at et vandindhold på 7-8 % er optimalt, når der også skal tages hensyn til at begrænse omkostningerne til tørring.

7.2.5 Undgå unødigt slid på oliefrøpresseren

Rapsfrøene bør altid renses inden de presses. Især sand og jord slider stærkt på oliepresserens dele og forkorter dens levetid. Raps, der er tærsket fra skår indeholder ofte mere sand/jord end raps, der er høstet direkte på roden.

At rense rapsfrøene gennem et simpelt sold inden de løber i brændselsmagasinet fjerner kun plantedele. Sand-/jordpartikler løber derimod med rapsfrøene ned i magasinet. Derfor bør man indsætte en egentlig resemaskine. Der skelnes mellem tromlerenseranlæg og soldrenseranlæg, men det afgørende er, at sand-/jordpartiklerne renses effektivt fra, og det kan begge typer gøre.



Figur 7.4 Eksempel på mindre tromlerenseranlæg.

8. Økonomiske betragtninger

Figur 8.1 og 8.2 viser de samlede totalomkostninger ved fyring med forskellige brændsler; de anvendte brændselspriser er for efteråret 2007. Udgangspunktet er fyr på henholdsvis 20 kW og 125 kW nominal effekt. I beregningerne er der taget hensyn til, at der anvendes forskellige slags fyr til de forskellige typer af brændsler. Dette har betydning for investerings-, vedligeholdelses- og arbejdsomkostningerne. Detaljerne i beregningerne kan studeres i bilaget.

Omkostningerne ved fyring med rapskage er sammenlignet med:

- Fyringsolie
- Rapsolie
- Korn
- Træpiller
- Halm
- Brænde

Der er taget udgangspunkt i det anslåede årsforbrug af raps (rapskage) til fyring på de to forsøgsejendomme. Mængderne af rapskage er omregnet til energi og dernæst til ækvivalente mængder af de brændsler, som der gøres sammenligning til, jvf. ovenfor.

Beregningerne er foretaget med et excel-regneark, som er tilgængeligt på www.landbrugsindfo.dk - LandbrugsInfo > Tværfaglige emner > Energi > Biobrændsel > Sæt pris på fyr...

Regnearket er frit tilgængeligt.

Prisen på rapskage kræver dog lige en forklaring.

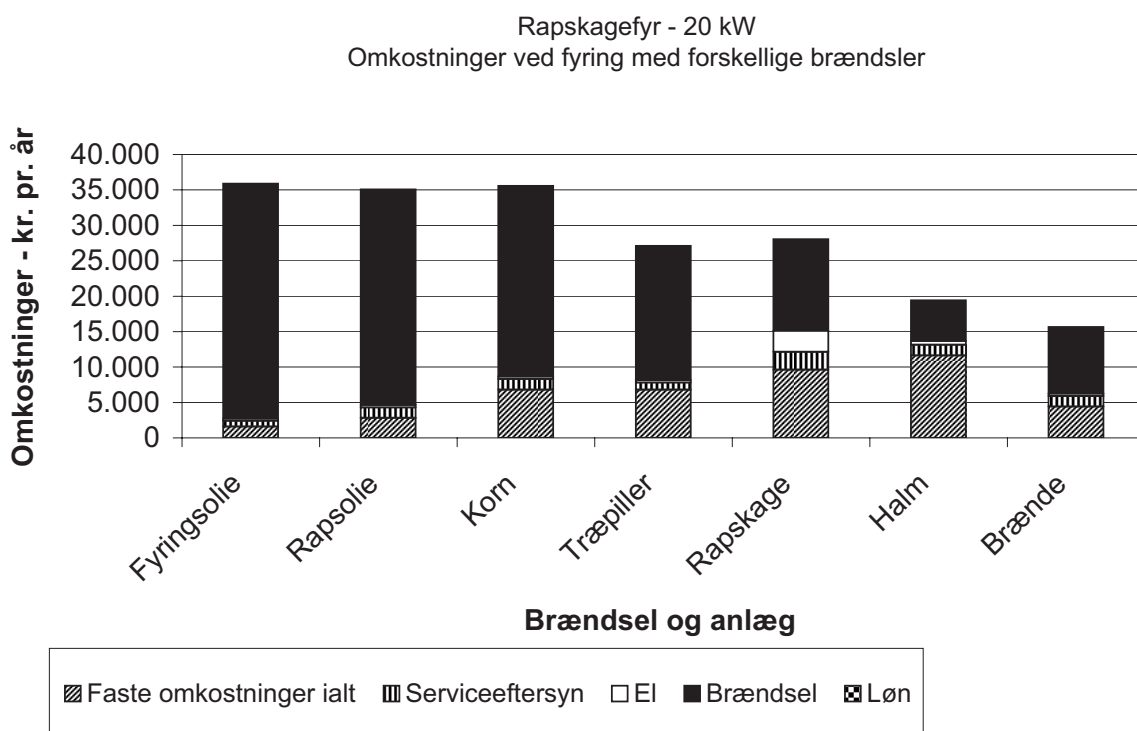
20 kW fyret

Der er regnet med en købspris på 3,13 kr. pr. kg rapsfrø inkl. moms, hvilket nogenlunde svarer til prisniveauet i efteråret 2007. Endvidere antages det, at rapsolien på ejendommen med det 20 kW store rapskagefyr repræsenterer en værdi på 7,50 kr. pr. liter. Med et olieudbytte på 25 % (vægt %) giver dette ejendommen en intern pris på rapskagen på ca. 1,46 kr. pr. kg. Prisen er for nemheds skyld afrundet til 1,50 kr. pr. kg rapskage.

125 kW fyret

På svineejendommen med 125 kW fyret er det egenavlede rapsfrø, der er blevet anvendt i rapskagefyret. Landmandens salgspris vil i efteråret 2007 have været omkring 2,20 kr. pr. kg rapsfrø (eksl. moms). Rapsolien blandes i svinefoderet og erstatter foderfedt, som ellers skulle have været købt hjem. I svinefoderet repræsenterer rapsolien en værdi på 4,00 kr. pr. kg. Med et olieudbytte på 25 % w/w giver det en intern pris på ejendommen på 1,48 kr. pr. kg rapskage – her afrundet til 1,50 kr. kg.

8.1 20 kW fyret

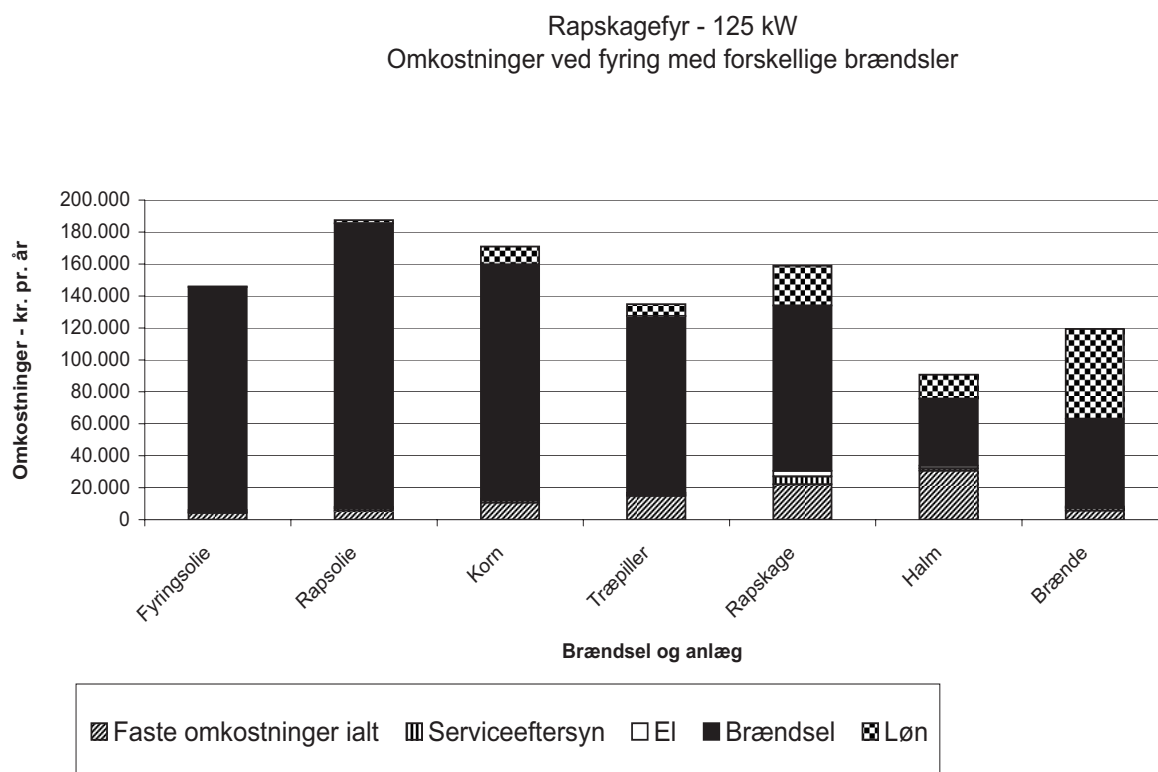


Figur 8.1. 20 kW rapskagefyret: Sammenligning af årlige omkostninger ved fyring med syv forskellige brændsler. Bemærk, at "Løn" er sat til 0 kr., da ejeren formodes selv at udføre arbejdet med fyring, tilsyn og rensning. Datagrundlaget for figuren kan ses i bilaget.

Som det ses af figur 8.1, giver fyring med rapskage i det 20 kW store rapskagefyret med integreret oliepresser en årlig besparelse på omkring 7000 kr. i forhold til at fyre med fyringsolie, rapsolie eller korn. Til gengæld er det en lille smule dyrere end at fyre med træpiller.

Halm og brænde giver de laveste varmeudgifter, men til gengæld er en væsentlig arbejdsindsats påkrævet. I forhold til rapskagefyring er besparelsen med halm og brænde henholdsvis ca. 8000 og 12.000 kr. pr. år.

8.2 125 kW fyret



Figur 8.2. 125 kW rapskagefyret: Sammenligning af årlige omkostninger ved fyring med syv forskellige brændsler. Datagrundlaget for figuren kan ses i bilaget.

Det 125 kW store rapskagefyret med integreret oliepresser kan ikke konkurrere med et almindeligt oliefyret. De samlede fyringsomkostninger ved at fyre med fyringsolie er på årsbasis næsten 12.000 kr. mindre sammenlignet med rapskagefyret.

I forhold til træpiller er forskellen endnu større. Som figuren viser, er omkostningen ved at fyre med rapskage - under de givne omstændigheder - næsten 25.000 kr. større om året i forhold til fyring med træpiller.

Til gengæld er der en gevinst i forhold til fyring med korn, nemlig ca. 10.000 kr. årligt.

Billigste opvarmning fås med halm. Fyring med brænde er næppe realistisk på en ejendom med smågriseproduktion med et varmebehov på tæt ved 200 rummeter træ om året.

Det er måske overraskende, at fyringsolie klarer sig så godt som vist på figuren. Begrundelsen for at skifte fra fyringsolie til et andet brændsel er hyppigst den høje pris på fyringsolie. Men her skal man huske på, at når varmen anvendes i landbrugsdriften i erhvervs-mæssigt øjemed, så refunderes moms og energiafgift. Så reelt bliver prisen på fyringsolie omkring 4,40 kr./liter (efterår 2007). Og ved denne pris kan korn og rapskage have vanskeligt ved at konkurrere.

Hvad angår det manuelle arbejde til rensning af fyr mv. tyder undersøgelsen på, at rapskage er mere tidskrævende end træpiller og korn. Da arbejdet på ejendommen udføres af ansat personale, er det nødvendigt at indregne arbejds lønnen.

De fundne virkningsgrader på rapskagefyret på ca. 72-73 % er lidt lavere, end hvad man kunne forvente med et tilsvarende træpille/-kornfyre. Det er klart, at regnestykkerne ville ændre sig, såfremt man anvendte samme virkningsgrad for alle brændslerne, jvf. bilaget. En ensartet virkningsgrad ville gøre variationen i fyringsomkostninger på tværs af brændslerne mindre.

125 kW fyret står som sagt på en svineejendom, hvor det opvarmer stalde. Det er ejendommens egen rapsproduktion, der går til fyringsformålet. Ejerens beslutning om at investere i et rapskagefyre var oprindeligt motiveret af et ønske om at øge værdien af rapsfrøene.

På baggrund af de beregninger, som ligger til grund for de to figurer 8.1 og 8.2, er der i tabel 8.1 herunder beregnet en fyringsomkostning pr. MJ nyttiggjort varme ved fyring med rapskage og fyringsolie.

Energiforbruget på ejendommen med 125 kW fyret går til erhvervsformål, hvilket betyder at prisen på fyringsolie ikke omfatter moms og energiafgift. Følgende brændselspriser er anvendt:

Rapskage

- 1,50 kr. pr. kg (intern pris) til 20 kW fyret
- 1,50 kr. pr. kg (intern pris) til 125 kW fyret

Fyringsolie

- 7,80 kr. pr. liter til privat formål
- 4,38 kr. pr. liter til erhvervsmæssigt formål

(De anvendte tal for samlede omkostninger og brændselsmængder kan ses i bilaget.)

Tabel 8.1. Fyringsomkostninger opgjort pr. MJ. Til sammenligning er det vist, hvad det koster at opvarme med fyringsolie på de pågældende ejendomme.

Fyrstørrelse	20 kW	125 kW
Fyringsomkostninger	øre pr. MJ	
Rapskage	21,0	16,3
Fyringsolie	26,8	15,0

Ved det lille rapskagefyre (20 kW) er der i forhold til et oliefyre en besparelse på næsten 6 øre pr. MJ varme, svarende til 1,82 kr. pr liter fyringsolie der erstattes med rapskage.

Det store rapskagefyre (125 kW) giver tilsvarende en besparelse på ca. 0,41 kr. pr. liter fyringsolie der erstattes med rapskage.

8.3 Overskud til finansiering af 125 kW rapskagefyre

Nedenfor er der regnet på hvor stor den direkte besparelse på brændselsudgifterne bliver ved at erstatte fyringsolie med rapskage. Beregningerne er lavet for et sæt af priser på såvel fyringsolie som rapsfrø. Besparelsen kan så sammenholdes med de ekstra-omkostninger, der er ved at anvende et rapskagefyre i stedet for et oliefyre – det er med andre ord besparelsen, der skal betale den ekstra investering og det merarbejde, der er ved at fyre med rapskage.

Den manglende indtægt fra salg af rapsfrøene udgør en omkostning ved fyring med rapsfrø. Desuden er der en omkostning ved at presse olie af frøene.

Til gengæld skal der ikke købes fyringsolie. Og den udvundne rapsolie indgår i foderproduktionen på ejendommen og erstatter fedtstof, som ellers skulle have været købt hjem og blandet i foderet til svinene.

Det er overskuddet – altså besparelser minus omkostninger – der skal finansiere rapskagefyret.

Først er der en række antagelser, som danner grundlag for de to figurer 8.3 og 8.4:

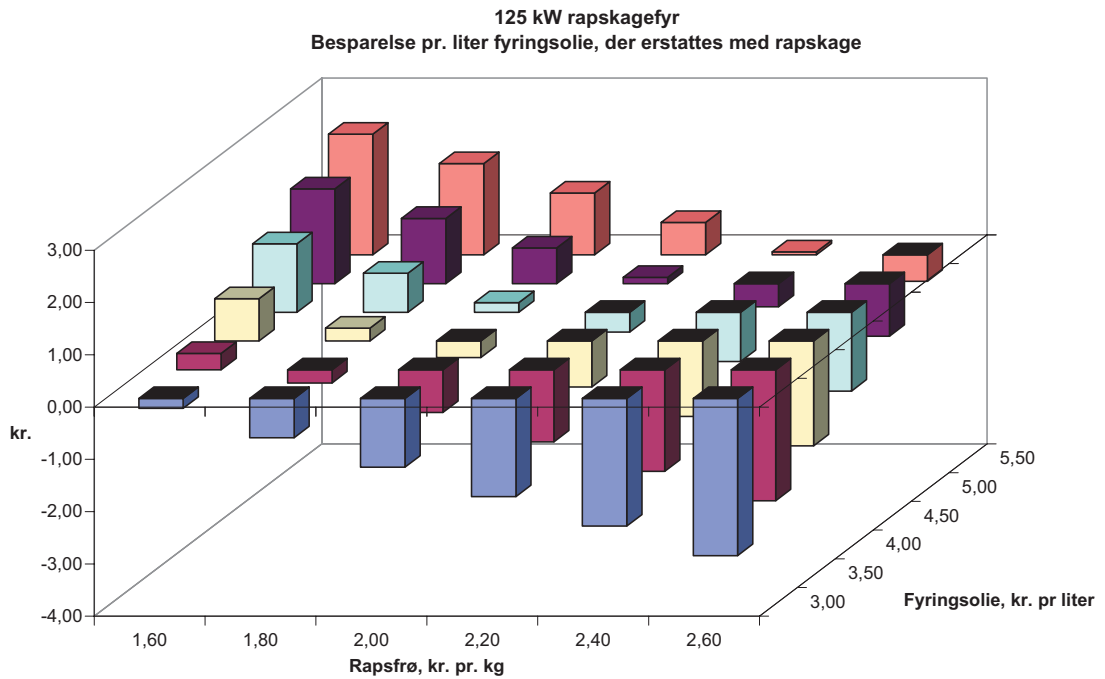
- Virkningsgraden på oliefyret er forudsat at være 85 %
- Virkningsgraden på rapskagefyret er 73 % (hvilket bygger på målingerne i denne undersøgelse)
- Olieudbytte ved presning er 25 % w/w (bygger ligeledes på målingerne her)
- 2,11 kg rapskage erstatter en liter fyringsolie (set i relation til de angivne virkningsgrader)
- 2,82 kg rapsfrø giver 2,11 kg rapskage og 0,71 kg rapsolie (0,77 liter)
- Det koster 1,50 kr. at lave en liter rapsolie (Oliepresser | Bioenergi – kort fortalt)
- Rapsolien anvendes til foder og erstatter fedtstof, der ellers skulle have været købt hjem
- Prisen på fedt til foder koster 4,00 kr. pr. kg (rapsolien erstatter dette fedtstof) (Kilde: Else Vils, 2007)
- Prisen på fyringsolie varierer fra 3,00 – 5,50 kr. pr. liter med spring på 0,50 kr. pr. liter
- Salgsprisen på rapsfrø varierer fra 1,60 – 2,60 kr. pr. kg med spring på 0,20 kr. pr. kg.

I de to figurer nedenfor er overskuddet – eller rettere den direkte besparelse på brændselsudgiften - angivet som:

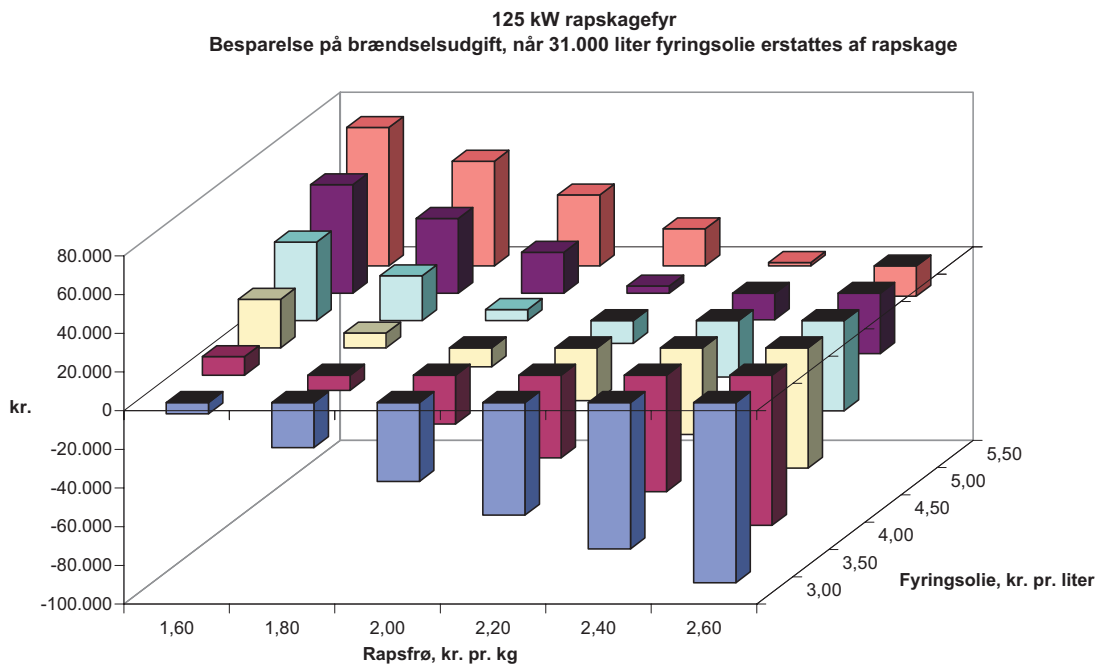
1. kr. pr. liter fyringsolie, der erstattes med rapskage
2. det samlede overskud, dvs. når der ganges op med det samlede olieforbrug der erstattes med rapskage

Det samlede overskud er baseret på et årligt forbrug af fyringsolie på 31.000 liter på ejendommen.

Bemærk, at regnestykket (og figurerne 8.3 og 8.4) anvender salgsprisen på rapsfrø og ikke rapskage.



Figur 8.3. Det er den lodrette akse til venstre, som angiver overskuddet pr. liter fyringsolie, der erstattes med rapskage. Overskuddet vedrører alene forskellen i brændselsomkostningen de to brændsler imellem og inkluderer ikke de fasteløvrige (drifts-)omkostninger ved de to respektive fyringsanlæg. NB. Søjler med sort topflade repræsenterer underskud.



Figur 8.4 Her er overskuddet fra figur 8.3 ovenfor beregnet som en årlig besparelse på brændselsudgiften på ejendommen med 125 kW rapskagefyrret. Det er forudsat, at rapskagefyrret erstatter 31.000 liter fyringsolie. NB. Søjler med sort topflade repræsenterer underskud.

Her er lavet et eksempeluddrag af tallene i figurene for at vise, hvordan de skal læses:

- Rapsprisen vælges til 1,80 kr. pr. kg
- Prisen på fyringsolie sættes til 4,50 kr. liter

Overskuddet bliver på baggrund heraf:

- 0,75 kr. pr. liter fyringsolie, der erstattes med rapskage
- 23.000 kr. om året, når 31.000 liter fyringsolie erstattes med rapskage

Af bilaget ses det, at de faste omkostninger ved 125 kW rapskagefyret er ca. 22.000 kr. I denne situation kan besparelsen altså finansiere de faste omkostninger, men heller ikke meget mere.

9. Diskussion

De fundne resultater skal vurderes i lyset af, at de er fremkommet ved måling på blot to fyr – ét på 20 kW og ét på 125 kW. Fyrene er undersøgt under forskellige driftsforhold og opstillet på private ejendomme. Det ene sted leverede det pågældende fyr varme til et beboelseshus; det andet sted leverede det varme til svinestalde.

Fyrene er oprindeligt konstrueret til træpiller og korn. Undersøgelsen viste, at det store 125 kW fyr havde vanskeligt ved at håndtere den relativt store askemængde, som rapskage giver. Faktisk er askeindholdet op til 20 gange større end i træpiller og 4-5 gange større end i korn. Der var dagligt manuelt arbejde med at skrabe aske bort fra ildstedet inde i fyret.

Endvidere var de vandrende riste og askesneglen på fyret ikke i stand til at fjerne asken tilfredsstillende og dermed sikre jævn og stabil drift uden behov for dagligt tilsyn. Der er efter alt at dømme behov for konstruktive tilpasninger i 125 kW fyret, hvis det skal fungere lige så tilfredsstillende med rapskage som med træpiller/korn.

I asken fra 125 kW fyret var der slagger. Disse var årsag til, at askesneglen ikke arbejdede tilfredsstillende samt at 2-3 elmotorer på sneglen er havareret i den periode fyret har været i drift på ejendommen, dvs. ca. 1½ år. Slagger opstår fordi aske smelter og cintrer sammen til faste klumper. Slaggedannelse er et velkendt fænomen ved afbrænding af korn i stokerfyr. Ofte kan dannelsen af slagger minimeres ved at iblande brændslet lidt foderkridt (1-2%). Det er ikke til at sige, om det samme vil kunne hjælpe over for aske fra rapskage.

Asken fra 20 kW fyret indeholdt stort set ikke slagger. Det manuelle arbejde var her begrænset til askeudtagning og rensning af kedelflader 1-2 gange om ugen.

Begge fyr præsterede tilsyneladende at afbrænde rapskagen fuldstændigt. I hvert var der ikke synlige spor af uforbrændte rester i asken.

20 kW fyret præsterede en forholdsvis høj virkningsgrad på 84 %. I sammenligning kan det nævnes, at de biobrændselsfyr, som blev testet med træpiller og korn, jvf. FarmTesten af mindre, stokerfyrede biobrændselsfyr, udviste en variation i virkningsgrad på 66,4-87,0 % med træpiller og 64,0-80,7 % med korn.

En virkningsgrad på ca. 72-73 % på 125 kW fyret må siges at være tilfredsstillende set i lyset af, at fyrets gennemsnitlige ydelse lå på 31-37 % af dets nominelle ydeevne (ved fyring med træpiller).

Som nævnt tidligere angiver Teknologisk Institut, at virkningsgraden i reglen aftager stærkt, når ydelsen kommer under 30 %.

Det meget lave forbrug af fyringsolie på ejendommen med 125 kW fyret viser, at oliefyret sandsynligvis kun har været i drift, når rapskagefyret er blevet serviceret. Et mindre og dermed billigere rapskagefyr i kombination med en markant større brug/drift af oliefyret, hvor det reelt fungerede som supplerende varmekilde i daglige spidslastsituationer, kunne måske give en mere fordelagtig fyringsøkonomi.

De økonomiske beregninger af fyringsomkostningerne til de to fyr falder lidt forskelligt ud.

Rapskagefyret på 20 kW giver ejeren en besparelse på omkring 7000 kr. om året i forhold til fyring med fyringsolie, rapsolie og korn. I forhold til træpiller er der ingen besparelse, snarere tværtimod.

Forholdet mellem de totale varmeomkostninger for de forskellige brændsler er naturligvis afhængig af selve brændselspriserne. Det skal bemærkes – som det ses af søjlerne på figur 8.1 - at brændselsandelen (den sorte del af søjlerne) kun udgør en vis andel af de samlede omkostninger, hvorfor en mindre ændring i det indbyrdes prisforhold brændslerne imellem ikke vil ændre meget på det viste billede.

Til erhvervsmæssig anvendelse af varmen betyder det aktuelt meget høje prisniveau på rapsfrø (efteråret 2007), at fyringsolie givere lidt lavere fyringsomkostninger end rapskage. I forhold til korn er det intet at spare, tværtimod. Til gengæld er opvarmning med træpiller markant billigere end rapskage.

En høj oliepris kombineret med en lav pris på rapsfrø gør det fordelagtigt med et rapskagefyret.

Hvis prisen på fyringsolie derimod er lav samtidig med at prisen på rapsfrø er høj, er det bedst at sælge frøene og bruge pengene fra frøsalget til køb af fyringsolie eller træpiller. Da driftsbetingelserne er forskellige fra ejendom til ejendom, kan der ikke gives et fast mål for, hvornår den ene situation er bedre end den anden. En vurdering og efterfølgende beslutning bør altid baseres på detaljerede beregninger i stil med dem, der er lavet her.

Rapsolie kan blandes i svinefoderet og dermed spare indkøb af fedt. Dog skal man være meget opmærksom, at der er ret snævre grænser for, hvor meget rapsolie, det kan gå at blande i svinefoder. Dette forhold bør man drøfte med sin svineavlskonsulent!

Fyring med halm eller brænde vil for begge fyrs vedkommende kunne give en væsentlig besparelse i forhold til fyring med rapskage. Til gengæld skal man være opmærksom på, at fyring med halm og brænde indebærer en del (dagligt) arbejde.

Rapsfrø bør renses inden presning. Et enkelt sold over oliepresseren tager plantedele og måske også andre frøarter, men det er ikke egnet til at fjerne sand- og jordpartikler, der som nævnt kan slide skruen i oliepresseren op på kort tid. Et regulært frørens anlæg (ryste- eller tromlerenser) behøver ikke at være særligt stort eller dyrt, da kapaciteten i forhold til oliepresserens kapacitet i reglen er markant større, selv for et lille anlæg.

10. Konklusion og anbefaling

- Virkningsgraden på to rapskagefyr – 20 og 125 kW – med integreret oliepresser var tilfredsstillende og ligger på niveau med målte virkningsgrader på korn- og træpillefyrede biobrændselsfyr
- Varmeydelsen lå gennemgående på ret lave niveauer – i gennemsnit på ca. 35-50 % af nominel ydelse
- Fyret bør ikke være større, end at varmeydelsen i hovedparten af fyringssæsonen ikke kommer under ca. 30 % af fuld ydelse
- Askens fysiske tilstand viste (visuelt bedømt), at rapskagen blev fuldstændig forbrændt i begge fyr
- Asken fra 125 kW fyret indeholdt en del slagger
- Sneglen til automatisk askeudtagning på 125 kW fyret havde vanskeligt ved at håndtere store klumper af slagger
- Olieudbyttet fra oliepresserne på de to fyr svarede til en fjerdedel af vægten af de anvendte rapsfrø
- Fyrenes elforbrug var lavt og udgør ingen nævneværdig andel af de samlede omkostninger
- 20 kW fyret brugte 5-6 kWh pr. døgn; 125 kW fyret brugte 19-21 kWh pr. døgn.
- Omkostningen ved fyring med rapskage var:
 - 21,0 øre/MJ ved 20 kW fyret
 - 16 øre/MJ ved 125 kW fyret
- Til sammenligning er omkostningen ved at fyre med fyringsolie henholdsvis 27 øre/MJ på ejendommen med 20 kW fyret og 15 øre/MJ på ejendommen med 125 kW fyret
- Det er vigtigt at inddrage såvel prisen på fyringsolie som rapsfrø i kalkulationer af, om det kan betale sig at fyre med rapskage
- Som udgangspunkt kan det være fordelagtigt at fyre med rapskage fra hjemmeavlede rapsfrø, når prisen på fyringsolie er høj samtidig med at prisen på rapsfrø er lav.
- Hvis fyringsolien til gengæld er billig og prisen på rapsfrø høj, er det ikke fordelagtigt at fyre med rapskage
- Rapsfrøene bør renses inden de hældes i oliepresseren
- Der bør anvendes et egentligt frørensaneanlæg, der kan frarens jord og sand.
- Man bør sikre sig, at rapsfrøene er lagerfaste til en hel fyringssæson
- Vandindholdet i rapsfrø må ikke være over 9 % - helst 1-2 procentpoint lavere af hensyn til at fremme udbyttet af rapsolie ved presning
- Frøene skal være kølet ned til under 10 grader celsius; alternativt skal der være beluftningsmulighed i lagersiloen
- Tilse fyret dagligt – der er faktisk en del manuelt arbejde
- Hyppig rengøring/børstning af hedeplader og konvektionsrør i fyret kan være med til at opretholde en relativ høj virkningsgrad
- Hvis fyret er egnet til andre brændsler, eksempelvis korn eller træpiller, bør fyret inkl. magasin, snegle mv. opstilles således, at det er let at skifte til et andet brændsel.

11. Kilder

Oversigt over Landsforsøg 2006. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret Planteproduktion, red. direktør Carl Åge Pedersen, 421 sider.

“Mindre, stokerfyrede biobrændselsfyre”, FarmTest. Maskiner og Planteavl, nr. 43, 2006. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret Byggeri & Teknik, 52 sider.

Personlig meddelelse: Else Vils, Specialkonsulent i svineproduktion og foder- og miljørådgivning. Dansk Landbrugsrådgivning Landscentret Svin. 2007.

www.statistikbanken.dk

Oliepresser | BIOENERGI – kort fortalt. 7 sider. 2007. Forfatter Jørgen Pedersen, AgroTech, Skejby.

www.ksm-karby.dk

www.hybren.dk

www.oilpress.com

Bilag 1 Økonomiberegninger for 20 kW rapskagefyr

	Fyringsolie	Rapsolie	Korn	Træpiller	Rapskage	Halm	Brænde
	liter	liter	kg	kg	kg	kg	rm
Forudsætninger pr.:							
Brændselsforbrug, enheder pr. år	4.250	4.680	14.357	10.108	8.621	14.375	25
Brændværdi, MJ pr. enhed	37,0	33,6	14,0	17,4	20,4	14,0	8000
Arsvirkningsgrad, %	85	85	70	80	80	70	70
Øget tab i rør fra ny placering af fyr, %	0	0	5	5	5	5	5
Arbejdsindsats, timer	3	25	75	50	100	100	138
Elforbrug, kWh/år	200	200	200	200	1800	334	200
Brændselspris - privat, kr. pr. enhed	7,80	6,50	1,88	1,88	1,50	0,40	375
Driftsomkostninger:	kr/l	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år
Privatforbrug (inkl. moms og energifgift)	33,150	30,420	26,919	18,953	12,932	5,743	9,422
Erhverv (uden moms og energifgift)	0	0	0	0	0	0	0
Rumopvarmning til ansatte (uden moms inkl. energifgift)	0	0	0	0	0	0	0
Brændsel	33,150	30,420	26,919	18,953	12,932	5,743	9,422
Løn	0	0	0	0	0	0	0
El	331	331	331	330	3.000	551	331
Serviceeftersyn	800	1.500	1.500	1.000	2.500	1.500	1.500
Driftsomkostninger i alt	34,281	32,251	28,750	20,283	18,432	7,794	11,253
Faste omkostninger:							
Fyringsanlæg	15.000	30.000	50.000	50.000	85.000	120.000	20.000
Fyrrum, lager samt skorsten	0	0	20.000	20.000	20.000	0	20.000
Installation	5.000	5.000	15.000	15.000	15.000	25.000	15.000
Samlet anskaffelsespris	20.000	35.000	85.000	85.000	120.000	145.000	55.000
Faste omkostninger i alt	1.605	2.808	6.821	6.821	9.629	11.635	4.413
Samlede omkostninger, kr./år	35,886	35,060	35,571	27,103	28,061	19,429	15,666
Rente, %	5	5	5	5	5	5	5
Afskrivningsperiode, år	20	20	20	20	20	20	20
Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad, øre/MJ	26,8	26,2	26,6	20,3	21,0	14,5	11,8

Bilag 2 Økonomiberegninger for 125 kW rapskagefyr

	Fyringsolie	Rapsolie	Korn	Træpiller	Rapskage	Halm	Brænde
	liter	liter	kg	kg	kg	kg	rm
Forudsætninger pr.:							
Brændselsforbrug, enheder pr. år	31.000	34.137	97.739	73.726	68.920	104.721	183
Brændværdi, MJ pr. enhed	37,0	33,6	14,0	17,4	20,4	14,0	8000
Årsvirkningsgrad, %	85	85	75	80	73	70	70
Øget tab i rør fra ny placering af fyr, %	0	0	5	5	5	5	5
Arbejdsindsats, timer	3	25	75	50	100	100	375
Elforbrug, kWh/år	1462	1462	1462	1462	5500	2437	1462
Brændselspris - erhverv, kr. pr. enhed	4,38	5,20	1,50	1,50	1,50	0,40	300
Brændselspris - folkehold, kr. pr. enhed	6,24	5,20	1,50	1,50	1,50	0,40	300
Driftsomkostninger:							
Privatforbrug (inkl. moms og energilagift)	0	0	0	0	0	0	0
Erhverv (uden moms og energilagift)	127.107	166.060	137.150	103.454	96.710	39.186	51.431
Rumopvarmning til ansatte (uden moms inkl. energilagift)	12.480	11.452	9.459	7.135	6.670	2.702	3.547
Brændsel	139.587	177.512	146.609	110.589	103.380	41.888	54.978
Løn	450	2.000	11.250	7.500	25.000	15.000	56.234
El	951	951	951	951	3.500	1.584	951
Serviceeftersyn	800	1.500	1.500	1.000	5.000	1.500	1.500
Driftsomkostninger i alt	141.788	181.962	160.310	120.039	136.880	59.973	113.663
Faste omkostninger:							
Fyringsanlæg	27.500	42.500	150.000	150.000	260.000	257.500	36.667
Fyrrum, lager samt skorsten	20.000	20.000	20.000	20.000	15.000	100.000	20.000
Installation	5.000	5.000	15.000	15.000	0	25.000	15.000
Samlet anskaffelsespris	52.500	67.500	133.000	185.000	275.000	382.500	71.667
Faste omkostninger i alt	4.213	5.416	10.672	14.845	22.067	30.693	5.751
Samlede omkostninger, kr./år	146.000	187.379	170.982	134.884	158.947	90.665	119.413
Rente, %	5	5	5	5	5	5	5
Afskrivningsperiode, år	20	20	20	20	20	20	20
Samlet varmeomkostning, med hensyntagen til virkningsgrad, øre/MJ	15,0	19,2	17,5	13,8	16,3	9,3	12,3