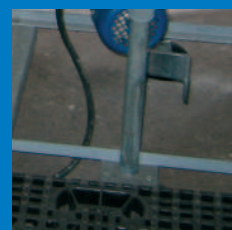
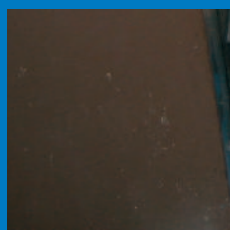




Maskiner og planteavl | nr. 102 | 2009

FarmTest

Stokerfyring med pilleflis i små pillefyr



Titel: Stokerfyring med pilleflis i små pillefyr
Forfatter: Konsulent Jørgen Pedersen, AgroTech
Review: Landskonsulent Jens Johnsen Høy, AgroTech
Layout: Gitte Bomholt, AgroTech
Tryk: Dansk Landbrugsrådgivning
Udgave: 1. udgave, april 2009
Oplag: 20 stk.
Udgiver: Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret
Udkærsvej 15, Skejby
8200 Århus N
Telefon 8740 5000 • Fax 8740 5010
E-mail farmtest@landscentret.dk
www.farmtest.dk
ISSN 1601-6777

Stokerfyring med pilleflis i små pillefyr

Af konsulent Jørgen Pedersen, AgroTech

Det Europæiske Fællesskab og Fødevareministeriet ved Direktoratet for Fødevare-Erhverv har deltaget i finansieringen af denne FarmTest.



INDHOLD

1.	RESUME.....	5
2.	BAGGRUND OG FORMÅL	6
	Indledning	6
	Formål.....	6
3.	FARMTESTENS GENNEMFØRELSE.....	7
	Materiale og metode	7
4.	RESULTATER	10
	Casebeskrivelser	10
	Case 1 – Parca Norrahammer fyr med Pell X pillestoker	11
	Case 2 – Salamanderfyr med Iwaho pillestoker.....	12
	Case 3 – Dor kedel med Scotte pillestoker	13
	Case 4 – Salamander kedel med Manna stoker	14
	Case 5 – Tasso B3 kedel med JA stoker	15
	Case 6 – Tasso US3 kedel med JM stoker.....	16
	Case 7 – MB Solo kedel med DanTrim stoker.....	17
	Fortesten	18
	Samlet vurdering af test af pilleflis på de syv anlæg	18
	Analyser	19
5.	ØKONOMIBEREGNINGER	22
6.	KONKLUSION OG ANBEFALINGER.....	25
7.	BILAG.....	27
	Bilag 1.....	27
	Bilag 2.....	27
	Bilag 3.....	28

1. RESUME

Der er i november-december 2008 gennemført en undersøgelse af fyring med såkaldt pilleflis i pillefyr på syv ejendomme. Pilleflis er træflis med en lille og relativt ensartet partikelstørrelse, noget i retning af træpiller. Hensigten med undersøgelsen har været at afdække, om stokeren på pillefyret kan håndtere pilleflis. Følgende resultater fra undersøgelsen skal her fremhæves:

- To typer af stokere er undersøgt – se billederne nedenfor:
 - Stoker med mere eller mindre vandret indmadning af brændslet.
 - Stoker med dropfald.
- Undersøgelsen viste:
 - At stokere med vandret indmadning kan håndtere pilleflis lige så godt som træpiller.
 - At stokere med dropfald ikke kan håndtere pilleflis.
- Ved at iblande pilleflisen fra 50-80 % træpiller kunne stokere med dropfald fungere næsten uden problemer, dog er der tendens til at pilleflis og træpiller afblander.
- Pilleflis danner bro i magasin uden omrører.
- Pilleflis har efter alt at dømme forbrændingsegenskaber på linje med træpiller.
- Pilleflis har i reglen et højere vandindhold end træpiller og som følge heraf typisk en lavere brændværdi.
- Pilleflis kan uproblematisk tændes med fyrets egen eltænding.
- For hvert kg træpiller der erstattes med pilleflis, vil der typisk kunne spares ca. 50 øre i direkte brændselsomkostninger.



Stoker med liggende snegl.



Stoker med dropfald.

2. BAGGRUND OG FORMÅL

Indledning

Træpiller er normalt dyrere end flis. Til gengæld er flisfyr markant dyrere end træpillefyr. Mange vælger derfor at investere i et træpillefyr eller at sætte en pillestoker på en ældre kedel eller på en ny, billig kedel, som stokeren forholdsvis nemt kan eftermonteres på. Et biobrændsels-pillefyr eller en pillestoker anses normalt ikke for egnet til almindelig flis. Almindelig flis kan eksempelvis ikke som træpiller "skæres" over af vindingerne på stokersneglen. Store flisstykker kiles derimod fast og stopper stokeren og dermed fyret.

Egentlige flisfyr er konstrueret til at kunne håndtere flis med et indhold af relativt store flisstykker, stikkere (relativt lange stykker af grene/ kviste) og klumper. Stokeren er robust, og dens dimensioner er store sammenlignet med stokeren i et biobrændselsfyr til træpiller eller andre typer af pillebrændsel.

På Agromek i januar 2008 præsenterede firmaet PC Stål ApS en ny type flishugger (benævnt pilleflishugger i firmaets egen terminologi). Den er udstyret med et sold, som alle flispartikler skal passere igennem for at kunne forlade flishuggeren. Formålet med soldet er at minimere indholdet af store flispartikler og stikkere i flisen. Maskestørrelsen i soldet bestemmer størrelsen af de største flispartikler i flisen. Flisen fra den pågældende flishugger er blevet sammenlignet med træpiller og benævnes ofte pilleflis.

Ordet pilleflis er ikke varemærkebeskyttet.

Ligheden med træpiller åbner op for muligheden for at erstatte træpiller med pilleflis i pillefyr, der normalt ikke kan håndtere flis, men kun pillebrændsel. Pilleflis besidder imidlertid nogle andre fysiske egenskaber end træpiller, som kan vanskeliggøre indfyring. Nogle pillefyr kan relativt enkelt ændres fra pillebrændsel til flis, andre kan derimod ikke omstilles.

For en almindelig husejer, som baserer sin opvarmning på træpiller, vil der kunne spares penge ved anvendelse af pilleflis i stedet for træpiller. Det er således aktuelt af få klarlagt om pilleflis kan erstatte træpiller i små pillefyr, der består af en kedel med en pillestoker.

Formål

At undersøge om stokeren på pillefyr under normale driftsforhold (fyring) kan indfyre pilleflis til kedlen.

3. FARMTESTENS GENNEMFØRELSE

Materiale og metode

Fyring med pilleflis er undersøgt på syv pillefyr under praktiske forhold på de ejendomme, hvor fyrene er opstillede. Hvert fyr er afprøvet med to typer af pilleflis, nemlig:

- Pilleflis lavet af almindelig, lufttørret træ.
- Pilleflis lavet af ovntørret træ.

Hver forsøgsvært har fået to m³ af hver af de to typer af pilleflis. Flisen blev leveret i storsække (bigbag's) med én m³ flis i hver.

Forsøgsværterne har i forbindelse med testen af pilleflisen fået udleveret to registreringsskemaer – et til hver af de to typer af flis. I skemaerne kunne der føres dagbog over driften af fyret under testen. Et eksempel på et registreringsskema kan ses i bilag 1.

Flisen er hugget med en flishugger fra PC Stål ApS. Flishuggeren var udstyret med et sold med runde huller med en diameter på 30 mm. Flisen er produceret af firmaet Normik (www.flispiller.dk) og fragtet ud til forsøgsværterne med vognmand.

Der er lavet analyse af de to typer flis' partikelstørrelsesfordeling. Analysen er gennemført af Center for Skov og Landskab. Flisen er solget i en maskine med roterende solde. Størrelsesfordelingen af flispartiklerne er foretaget efter en standard defineret i "Ny godkendt kvalitetsbeskrivelse for brændselsflis" (Videnblad nr. 160. Videncenter for Halm- og Flisfyring). For hver type af pilleflis er der lavet tre analyser

Pilleflisens brændværdi, vandindhold mv. er målt af Force Technology.

Udvælgelsen af forsøgsværterne er sket med hjælp fra Pilleklubben (www.pilleklub.dk). På hjemmesiden blev der på forsiden orienteret om den planlagte undersøgelse og dens formål, og samtidig blev der efterlyst værter til testen af pilleflisen. I en periode på nogle uger indkom der en række henvendelser fra interesserede. Egnede fyr til testen blev udvalgt på baggrund af to ønsker:

- De testede fyr skulle repræsentere hyppigt forekommende fabrikater og modeller.
- Afstanden fra Århus til forsøgsværten måtte ikke være meget stor.

Desuden var det afgørende at sikre, at grundforskellige stokertyper indgik i undersøgelsen. Som nævnt nedenfor, er der testet to grundtyper.

I alt blev der som udgangspunkt udvalgt ni pillefyr til testen. En fortest med en mindre portion pilleflis hos en af de udvalgte forsøgsværter medførte, at denne ikke ønskede at deltage i den egentlige test. Desuden sprang yderligere en forsøgsvært fra, inden testen kom i gang. Der er således gennemført test af pilleflis på syv forskellige pillefyr.

Resultatet af fortesten er kort omtalt i resultatafsnittet under casebeskrivelser.

Alle forsøgsværter er besøgt én gang og de pågældende pillefyr besigtiget.

Pilleklubben er en internetportal, hvor der udveksles viden og synspunkter om brændsler, fyrtyper mv.; endvidere informeres der om testresultater, og det er også muligt at linke til hjemmesider, hvor der kan købes træpiller mv.

De undersøgte pillestokere kan opdeles i to grundtyper:

1. Passiv brændselsindføring, dvs. indløb ved frit fald, i det følgende benævnt dropfaldsstokere.
2. Aktiv brændselsindføring, dvs. mere eller mindre vandret stokerindføring af brændsel i kedlen.

Ved type 1 løftes brændslet af en skråtstillet snegl, hvorefter det via et ligeledes skråtstillet faldrør falder ned til brænderhovedet på kedlen. Selve sneglen består alene af sneglespiral uden centeraksel/rør. Faldrøret er ofte et flexrør med forstærkende spiralvindinger i rørsiden. Et sådant rør er glat indvendig, men noget ujævn. Alternativt kan det være et ret rør af metal eller plast. Selve brænderhovedet kan være udformet på to måder:

- Brændslet fra faldrøret rammer en skråtstillet plade, så det triller ind til ildstedet i kedlen.
- En kort stokersnegl i brænderhovedet fører brændslet fra faldrøret videre ind til ildstedet i kedlen.

Det fleksible faldrør benævnes også smelterøret. Røret tjener nemlig som en sikring mod tilbagebrænding til brændselsmagasinet. Når røret smelter over, afbrydes forbindelsen til stokersneglen og dermed brændselsmagasinet.

Ved type 2 føres brændslet aktivt af stokersneglen enten vandret eller let skråt ind i brænderhovedet.

Der eksisterer andre typer af stokere til pillefyr. Eksempelvis en type, hvor brændslet skubbes ind i kedlen. Denne type er ikke undersøgt i Farmtesten

I tabel 1 er fabrikat og størrelse for de testede fyr og stokere samlet.

Tabel 1. Følgende fabrikater af pillestoker og kedel er undersøgt.

Nr.	Type	Stoker		Kedel	
		Fabrikat	Maks. ydelse	Fabrikat	Maks. ydelse
1	1	Pell X	20 kW	Parca Norrahammer	28-40 kW*
2	1	Iwaho	21 kW	Salamander	-
3	1	Scotte	16 kW	Dor	16 kW
4	2	Manna	30 kW	Salamander	44-53 kW*
5	2	JA	30 kW	Tasso B3	30 kW
6	2	JM	30 kW	Tasso US3	30 kW
7	2	DanTrim	26 kW	MB Solo	26 kW

*: Afhængig af brændsel.

Fyrene er indrettet med brændselsmagasin, hvorfra stokeren tager brændslet. Inden testen af pilleflis er påbegyndt er brændselsmagasinet kørt helt tom, så der ikke er sket en blanding med andre typer af brændsler.

Forsøgsværterne er bedt om at starte testen med den ovntørrede pilleflis.

Undersøgelsen er gennemført i november og december 2008.

4. RESULTATER

Resultaterne er delt i tre dele. Først beskrives de anvendte fyr til testen og de rapporterede driftserfaringer fra forsøgsværterne. Hvert fyr handles som en case. Dernæst følger resultaterne fra analyserne af pilleflisen. Tilslut beregnes omkostningerne ved at fyre med pilleflis – sammenlignet med situationen ved at anvende andre brændselstyper.

Casebeskrivelser

Beskrivelserne af de anvendte biobrændselsfyr følger rækkefølgen angivet i tabel 1 på side 8.

Case 1 – Parca Norrahammer fyr med Pell X pillestoker

Stokeren er af type 1 (dropfaldsstoker), hvor brændslet løftes af en spiralformet snegl, for derefter at falde gennem et fleksibelt plastrør ned til brænderen, som er monteret på kedellågen på fyret. I brænderen rammer brændslet efter faldet en skråtstillet plade, hvilket får træpiller til at rulle/trille ind og lægge sig inde i brænderens tilslutningsrør, som rager et stykke ind i kedlen. Brænderen er forsynet med elektrisk tænder og blæser.

Stokersneglen tager brændslet fra en Mefa tank, og sneglen går gennem en mur, så kedel og brændselsmagasin er adskilt.

Ejerens erfaringer:

- Hullet i bunden af Mefa tanken var for lille til pilleflis og begrænsede stokersneglens kapacitet.
- Pilleflisen dannede ret hurtig bro i tanken, med det resultat at der slet ikke kom flis ned til sneglen.
- Pilleflisen blev derfor vibreret ned til sneglen. Resultat: Sneglen forspiste sig og sneglemotoren var ved at brænde af.
- Sneglen havde meget lav kapacitet og kunne ikke bringe den nødvendige mængde pilleflis op til fyret. Sneglen havde desuden en tendens til at findele pilleflisen på grund af flisens lange opholdstid i sneglen.
- Ved at blande pilleflisen med træpiller i forholdet maks. 20 % pilleflis med 80 % træpiller kunne der opnås en nogenlunde stabil drift af stoker og fyr. Dog var det nødvendigt at øge driftstiden på stokersneglen væsentligt for at få nok brændsel op til fyret.
- Blandingen afblandede dog, med det resultat at der skiftevis kom for meget (kun træpiller) henholdsvis for lidt (kun pilleflis) brændsel ind i brændkammeret. Når der kom for meget brændsel i brændkammeret, blev varmen for kraftig og varmesikringen slog fyret fra.
- Ejeren konstaterede at pilleflisen brændte fint i kedlen.



Pell X pillestoker (dropfaldsstoker) på fyr.



Mefa tank til træpiller.

Case 2 – Salamanderfyr med Iwaho pillestoker

Pillestokeren er af type 1(dropfaldsstoker) og har principielt set samme opbygning som Pell X (jf. case 1). Fyret er den velkendte Salamander støbejernskedel. En affaldscontainer af glasfiber er indrettet som brændselsmagasin. Stokersneglen består af en spiral inde i et plastrør, der er stukket ned gennem et hul i siden af affaldscontaineren.

Ejeren opgav ret hurtigt at fyre med pilleflis, da stokersneglen ikke kunne løfte pilleflisen op. Årsagen var, at spiralsneglen ikke kunne trække flisen med op i sneglerøret. Ejeren prøvede derfor manuelt at hælde flisen ned gennem dropfaldsrøret (smelterøret), for at få noget brændsel ned til kedlen. Men flisen ville ikke skride ned gennem røret. En løsning på dette problem kunne være at øge faldrørets hældning mere mod lodret. Men samtidig vil røret med spiralsneglen også komme til at stå mere lodret, hvilket blot vil øge vanskelighederne med at løfte flisen op med sneglen.

Ejeren konstaterede, at den automatiske tænding af flisen med eltændingsmekanismen fungerede tilfredsstillende.



Iwaho pillestoker (dropfaldsstoker) på Salamander fyr.



Skråplade i Iwaho-brændhovedet, hvor brændslet triller ind i kedlen.



Et kig ned til træpiller i container-brændselsmagasinet.

Case 3 – Dor kedel med Scotte pillestoker

Brændeheadet på denne pillestoker af type 1 (dropfaldsstoker) er med intern snegl. Det vil sige, at der i selve brændeheadet sidder en lille snegl, som fører brændslet ind i kedlen. Brændselsmagasinet er en hjemmebygget kasse af spånplade. Fyret er en pladejernskedel.

Ejeren opgør sine erfaringer med pilleflisen med følgende:

- Stokersneglens kapacitet er for lav til at kunne holde fyret kørende på pilleflis.
- Pilleflisen pakker sammen i magasinet og danner i løbet af et par timer bro over sneglen.
- Sneglen kan køre fast, hvis der kommer en stor klump pilleflis ned på en gang.
- Fyret og stokeren fungerede fint på en blanding af ½ pilleflis og ½ træpiller, dog kunne der stadigvæk dannes bro i brændselsmagasinet – i løbet af en til to dage.
- De to typer pilleflis ("våd" og "ovntørret") fungerede lige godt.



Scotte pillestoker (dropfaldsstoker) på Dor fyr.



Stokersneglen, bemærk det gennemsigtige og brændselsfyldte plexiglas-sneglerør.

Case 4 – Salamander kedel med Manna stoker

Manna stokeren er en type 2 stoker (vandret stokersnegl), det vil sige med stokersnegl direkte fra brændselsmagasin til kedel. Stokerenheden består af brændselsmagasin med stokersnegl og motor hertil. Desuden sidder der en blæser på sneglerøret. I brændselsmagasinet er der omrører, hvilket gør magasinet velegnet til brændsler, der vil pakke og danne bro, eksempelvis flis.

Ejeren var generelt godt tilfreds med pilleflisen. Det brændte godt, og såvel stoker som fyr kunne håndtere flisen. Dog forekom der undervejs i testforløbet enkelte tilfælde af tilbagebrænding med den ovntørrede pilleflis. Årsagen hertil angives at være en ikke helt tætsluttende lågepakning på brændselsmagasinet. Problemet blev dog løst ved at justere låget.

Ejeren byggede et stativ af paller til storsækkene. Med en truck løftedes en storsæk op på stativet. Herefter kunne flisen tappes nedenud gennem snøvsen ned i en spand. Metoden kan ikke anbefales med mindre stativet er solidt og godkendt til belastningen. Ellers er det forbundet med stor fare at kravle ind under en storsæk, der vejer flere hundrede kg.

Ejeren vurderer, at askemængden er større ved fyring med pilleflis end med træpiller.



Mannastoker på Salamander kedel.



Bemærk omrører i brændselsmagasin.

Case 5 – Tasso B3 kedel med JA stoker

JA stokeren er af type 2 med vandret stokersnegl. Den er forsynet med en mindre brændselsbeholder, som via en flexsnegl løbende fyldes med brændsel fra en større silo. Tasso B3 kedlen er en støbejernskedel, som er efterisoleret. Der fyres blandt andet med høvlspåner.

Ejeren oplevede flere gange, at stokersneglen kørte fast – pilleflisen kilede simpelthen fast inde i sneglerøret. Måske ville det hjælpe at anvende et firkantet rør med en god, stærk motor på sneglen, udtænker ejeren.

Der var ellers tilfredshed med brændslet, - det brændte godt, forlyder det.

Ejeren har med varmemåler registreret en varmeproduktion på 4,1 kWh pr. kg pilleflis (ovntørret). Kedlens virkningsgrad vurderer ejeren til at være 80-90 %.



Tasso B3 kedel – stokeren anes til højre.



JA stoker - slange fra flexsnegl.

Case 6 – Tasso US3 kedel med JM stoker

JM stokeren (type 2) er todelt. Første del fører brændslet vandret ud fra brændselsmagasinet til et lodretstående rør. Her falder brændslet ned til selve stokersneglen, som fører brændslet skråt opad ind i kedlen. Brandsikringen består i at stokersneglen er skrå samt i overgangen ved det lodretstående rør.

Hele fyringsanlægget bærer præg af at være velholdt med gode og rene omgivelser.

Ejeren erfarede hurtigt at forbrændingsblæseren blæste uforbrændte flager af pilleflis bort fra brændehovedet. Der blev derfor foretaget en justering af blæserens ydelse og den indfyrede mængde.

Pilleflisen havde en tendens til at pakke i brændselsmagasinet, men det gav ikke anledning til nævneværdige problemer. Den fugtige flisfraktion var klumpet lidt sammen i storsækken, hvilket besværliggjorde udtagningen af flisen fra sækken, beretter ejeren.

Ejeren angiver, at der var 2-3 gange så meget aske som ved fyring med træpiller. Muligvis har der været uforbrændte flispartikler i asken. Ejeren vurderer, at et brændehoved af ildfaste sten vil kunne reducere askemængden, da stenene sikrer en meget høj temperatur i brændehovedet.



Tasso US3 kedel med JM stoker.



Do.

Case 7 – MB Solo kedel med DanTrim stoker

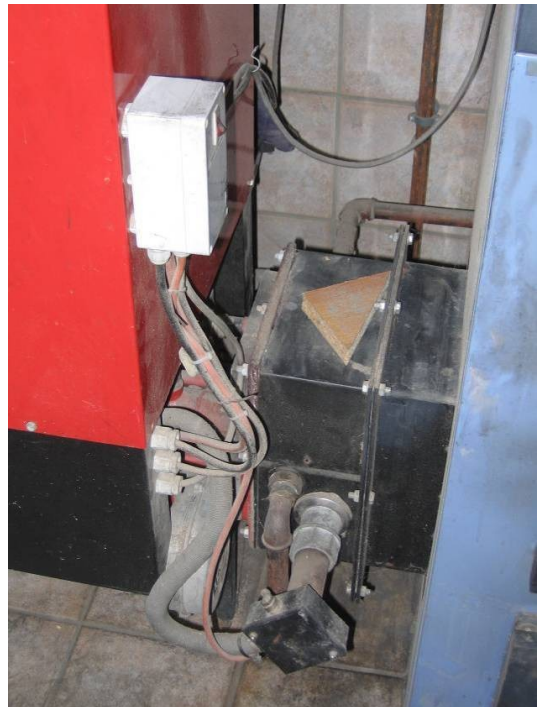
Dantrim-stokeren er en type 2 stoker med vandret indføring af brændslet. Afstanden mellem brændselsmagasin og kedel er relativ lille, hvilket er med til at begrænse pladsbehovet til fyringsanlægget.

Ejeren beretter at det gennemgående problem er brodannelse i flisen i magasinet. Stokersneglen danner hurtigt en tunnel i flisen – og så kommer der ikke mere flis ind til kedlen. Ejeren indser derfor, at det vil være nødvendigt med omrører i magasinet, hvis brodannelse skal undgås.

Med hensyn til brændelsegenskaberne var ejeren tilfreds. Det var let at tænde op og det brændte meget godt, forlyder det.



MB Solo kedel med DanTrim stoker.



Bemærk den korte afstand mellem magasin og fyr.

Fortesten

Der blev i foråret 2008 gennemført en fortest af pilleflis på en Salamander kedel påmonteret en TB mini pillestoker; denne stoker er en type 1 stoker (dropfaldsstoker). Efter faldet gennem slangen rammer brændslet en skråtstillet plade, som leder det ind i kedlen. Denne anordning egner sig til træpiller, der nærmest kan rulle videre af sig selv og helt ind i kedlen.

Den anvendte pilleflis havde en anden oprindelse end den pilleflis, som blev anvendt i testen på de syv pillefyr beskrevet ovenfor. Vandindholdet i pilleflisen var 30-31 %.

Ejeren oplevede at smelteslangen på stokeren brændte over! Årsagen hertil var, at flisen ikke ville skride ordentlig ind i kedlen. Ilden løb derfor tilbage og smeltede flammeindikatoren og brændte som nævnt slangen over.

Den automatiske tænding kunne fint tænde brændslet, og det brændte også tilfredsstillende i kedlen.

Ejeren ønskede efter fortesten ikke at deltage i den egentlige test.



Anlæg anvendt til fortest af pilleflis: Salamander kedel med TB mini dropfaldsstoker.

Samlet vurdering af test af pilleflis på de syv anlæg

Dropfaldstokere (type 1 stokere) kan ikke indfyre pilleflis til kedlen – hverken den tørrede eller den fugtige udgave. Der er flere problemer:

- Den skråtstillede løftesnegl har vanskeligt ved at løfte pilleflisen op fra magasinet og op til toppen af sneglen, hvorfra det skal falde ned gennem dropfaldsrøret (smelterøret) ned til brænde hovedet på fyret. Resultatet er, at kapaciteten er (alt) for lille, eller at der slet intet flis kommer ned til fyret.
- Flisen har vanskeligt ved at skride ind i kedlen efter faldet gennem smelterøret. Dette er særligt udtalt ved systemer, der anvender en skråtstillet plade, som skal lede brændslet ind i kedlen efter faldet. Hvor brænde hovedet er indrettet med kort snegl, der fører brændslet ind i kedlen, var der ikke problemer.

- Der kan også være problemer med at pilleflisen ikke vil skride ned gennem smelterøret.
- Hvis brændslet stuver op i smelterøret, er der risiko for tilbagebrænding og oversmeltning af smelterøret mv.
- Pilleflisen danner bro i magasinet – årsagen hertil er manglende omrører.

Et par af FarmTest-værterne prøvede at blande træpiller i pilleflisen, og det viste sig at være en fordel. Løftesneglen kunne nu løfte brændslet (dvs. blandingen) op, og fyret kørte rimeligt stabilt. Dog var der en tendens til, at blandingen afblandede, og problemerne med brodannelse i magasinet var ikke løst. De to benyttede blandingsforhold var 20 % træpiller og 80 % pilleflis, og halvt af hver.

Stokere med aktiv indføring af brændslet (type 2 stokere) kan efter alt at dømme håndtere pilleflis lige så godt som træpiller og kan fint indfyre pilleflisen til kedlen. Et enkelt sted var der som beskrevet problemer med fastkøring af sneglen. Ved anvendelse af firkantør og en kraftigt motor til stokersneglen, vil risikoen for fastkøring sandsynligvis kunne reduceres markant. Også FarmTest værter med type 2 stokere oplevede problemer med brodannelse i brændselsmagasinet og af samme årsag, nemlig manglende omrører.

Et enkelt sted observeredes det, at forbrændingsblæseren kunne blæse uforbrændte flisstykker bort fra ildstedet og ned i asken. En justering af blæseren løste dog dette problem.

Analyser

I tabel 2 ses resultaterne fra analyserne af pilleflisens brændværdi og vand- og askeindhold. Begge flistyper, den tørrede og den fugtig, er analyseret.

Tabel 2. Pilleflis analyseret for vand, aske og brændværdi. Analyserne er udført af Force Technology - www.forcetechnology.com/da.

Pilleflis testet, type	Vandindhold	Askeindhold	Effektiv brændværdi		Øvre brændværdi	
	%	%	MJ/kg	kWh/kg	MJ/kg	kWh/kg
Tør type	14,7	0,2	15,44	4,29	16,95	4,71
Fugtig type	18,7	0,2	14,78	4,11	16,33	4,54

Prøven af fugtig pilleflis er udtaget hos flisproducenten, mens prøven af den tørrede pilleflis er udtaget hos en af FarmTest værterne. Hos sidstnævnte stod flisen i en lade, og posen havde været åbnet i et stykke tid. Det er således sandsynligt, at flisen som følge af ligevægt med omgivelserne (dvs. luftens relative fugtighed) på prøvetagnings-tidspunktet har haft et højere vandindhold end da flisen blev produceret af tørret træ.

I tabel 3 ses resultatet fra en supplerende analyse af pilleflisens vandindhold. Denne analyse er gennemført i tørreskab ved en temperatur på 103° C.

Tabel 3. Vandindhold i pilleflis anvendt i test og fortest.

Pilleflis testet, type	Vandindhold
	%
Tør type	14,7
Fugtig type	18,6
Pilleflis i fortest	30,7

Det er ikke overraskende, at de to analyser (tabel 2 og tabel 3) af vandindholdet i den tørrede og fugtige pilleflis gav samme resultat. Prøverne til begge analyser er nemlig udtaget fra samme parti og under ensartede forhold. Resultaterne viser desuden, at prøverne er opbevaret i luft- og fugttætte poser frem til analysetidspunktet.

I en tidligere undersøgelse af mindre, stokerfyrede biobrændselsfyr (FarmTest nr. 43) blev der foretaget analyse af to prøver af træpiller. Resultaterne herfra er vist i tabel 4.

Tabel 4. Træpillers brændværdi. Resultater fra FarmTest af mindre, stokerfyrede biobrændselsfyr – nr. 43.

Brændsel	Vandindhold	Askeindhold	Effektiv brændværdi		Øvre brændværdi	
	%	%	MJ/kg	kWh/kg	MJ/kg	kWh/kg
Træpiller, 25 kg sække	9,1	0,3	17,29	4,80	18,74	5,20
Træpiller, løsvare	8,3	0,3	17,40	4,83	18,84	5,23

Brændværdien er størst i træpiller – omkring 10-15 % større end i pilleflis. Hovedårsagen hertil er forskellen i vandindholdet. Jo mere vand, desto mindre brandbart materiale er der pr. kg brændsel.

Resultaterne fra analysen af pilleflisens partikelstørrelsesfordeling er vist i tabel 5. De to flistyper har tilsyneladende ikke været (helt) ens. Det relativt høje indhold af smuld i den tørrede flisfraktion er antagelig en følge af at træet inden flisning har været meget tør og sprød. Begge flistyper indeholder kun lidt flis i kategorien "Stor" og slet intet i de større kategorier. Det kunne altså se ud til, at soldet i flishuggeren har haft den tilsigtede effekt, nemlig at sikre at der ikke er store partikler i flisen. Som nævnt var hulstørrelsen i soldet på flishuggeren Ø 30 mm, så analysen viser, at der kan slippe enkelte flispartikler igennem på "den lange led".

Tabel 5. Partikelstørrelsesfordeling i de to typer af pilleflis. Hvert tal repræsenterer et gennemsnit af tre analyser. Analyserne er gennemført af Center for Skov og Landskab med en soldmaskine med roterende solde – www.sl.kvl.dk.

Betegnelse	Soldskuffe	Fraktion (% af totalvægt)	
		Tør flis	Fugtig flis
Smuld	$\leq 3,15$ mm	13,3	5,94
Småt	$3,15 \text{ mm} < X < 8$ mm	47,04	41,26
Mellem	$8 \text{ mm} < X < 16$ mm	38,94	50,53
Stor	$16 \text{ mm} < X < 45$ mm	0,71	2,27
Ekstra stor	$45 \text{ mm} < X < 63$ mm	0	0
Overstor	> 63 mm	0	0
Overlang 10	100-200 mm	0	0
Overlang 20	> 200 mm	0	0

Danske skoves Handelsudvalg opererer med fem kvalitetsklasser for brændselsflis i Danmark:

- Fin flis
- Mellem flis
- Grov flis
- Air sprout-flis
- Forgasningsflis

Tabel 6. Tabellen beskriver flis-størrelsesfordelingen for fem kvalitetsklasser for flis. Kvalitetsbeskrivelsen er godkendt af Danske Skoves Handelsudvalg. Kilde: Videnblad nr. 160 "Ny godkendt kvalitetsbeskrivelse for brændselsflis". Videncenter for Halm- og Flisfyring - www.videncenter.dk. I bilaget findes en forklaring til de fem kvalitetsklasser.

Navn	Sold skuffe	Fin %	Mellem %	Grov %	Air sprout %	Forgasning %
Smuld	$\leq 3,15$ mm	< 10	< 8	< 8	> 2	< 4
Småt	$3,15 \text{ mm} < X < 8$ mm	< 35	< 30	< 20	> 5	< 8
Mellem	$8 \text{ mm} < X < 16$ mm	⁽¹⁾	⁽¹⁾	⁽¹⁾	> 60 ²⁾	< 25
Stor	$16 \text{ mm} < x < 45$ mm	< 60	⁽¹⁾	⁽¹⁾		> 60 ³⁾
Ekstra stor	$45 \text{ mm} < X < 63$ mm	$< 2,5$	< 6	⁽¹⁾	< 15	
Overstor	> 63 mm	$< 0,25$	$< 0,6$	< 3	< 3	
Overlang 10	100-200 mm	$< 1,5$	< 3	< 6	$< 4,5$	< 6
Overlang 20	> 200 mm ⁴⁾	0	$< 0,5$	$< 1,5$	$< 0,8$	$< 1,5$

¹⁾ Ingen krav

²⁾ Disse 2 klasser skal til sammen udgøre mindst 60 %

³⁾ Disse 3 klasser skal til sammen udgøre mindst 60 %

⁴⁾ Partikler med følgende dimensioner må ikke forekomme:

- længere end 500 mm med en diameter > 10 mm
- større end $30 \times 50 \times 200$ mm

Som det ses, overholder de to typer af pilleflis (tørret og fugtig) ingen af de angivne kvalitetsklasser. Den kvalitetsklasse, som pilleflisen kommer tættest på er "Fin". Kvalitetsklassen "Fin" er beregnet til villafyr, jf. bilag 2.

5. ØKONOMIBEREKNINGER

I diagram 1 nedenfor er vist de årlige totalomkostninger for opvarmning med fire forskellige brændsler, nemlig fyringsolie, pilleflis, træpiller og brænde. Der er for alle fire brændsler regnet med investering i nyt fyr mv., se bilag 3. Hvis den hidtidige varmekilde har været oliefyr, skal der regnes med ekstraomkostninger til fyrrum, brændselslager, skorsten og installation ved nyetablering af fyr til biobrændsel. Omkostninger til olietank og skorsten er ikke indregnet ved oliefyring.

I diagram 2 er alene omkostningerne til brændsel skitseret for de fire brændselstyper.

Undersøgelsen har vist, at pilleflis ikke egner sig til pillefyr med dropfaldsstoker (type 1 stoker), men derimod godt kan håndteres af fyr med vandret stoker (type 2 stoker). Træpiller fungerer uproblematisk i dropfaldsstokere såvel som i stokere med vandret indmadning (type 2 stokerne). Der er derfor valgt følgende forudsætninger for de to økonomiberegninger:

- Pilleflis: Der anvendes fyr med type 2 stoker
- Træpiller: Der anvendes fyr med dropfaldsstoker (stokertype 1)

Et pillefyr med stokertype 2 er i reglen dyrere end et pillefyr med dropfaldsstoker på grund af de større krav til stokerenheden. Forudsætningerne er opstillet med det formål at påvise de lavest mulige omkostninger ved anvendelse af det pågældende brændsel. Og her kan man altså "nøjes" med et pillefyr med dropfaldsstoker, når der anvendes træpiller, mens man skal anvende et fyr med vandret stoker, når der fyres med pilleflis.

Der er regnet med samme brændselsudnyttelse af de tre typer af biobrændsel, nemlig 80 %. Da pilleflis har en lavere brændværdi end træpiller, skal der bruges flere kg pilleflis end træpiller.

Der er i eksemplet regnet på en ejendom med et energiforbrug svarende til 4.000 liter fyringsolie. Dette svarer til 9.500 kg træpiller, 11.200 kg pilleflis og 24 rummeter brænde.

Pillefyr står typisk i et udhus, hvorfor der er regnet med et mindre varmetab (5 %) fra transmissionsledningen ind til beboelseshuset.

Der er arbejde ved fyring med biobrændsler. Fyrrummet skal af hensyn til at begrænse brandfaren holdes rent, kedlen skal af hensyn til god brændselsudnyttelse rengøres mindst et par gange pr. måned, og endelig er der en del arbejde med at flytte brændsel og fyre.

Brændefyring er temmelig arbejdskævende på grund af den manuelle fyring, men også fyring med flis kræver hyppige tilsyn, da flis kan danne bro og blokere snegle mv.

Da fyrene opvarmer privat ejendom og passes af ejeren selv, er der i økonomiberegningen ikke indregnet aflønning af arbejdsindsats ved fyring mv.

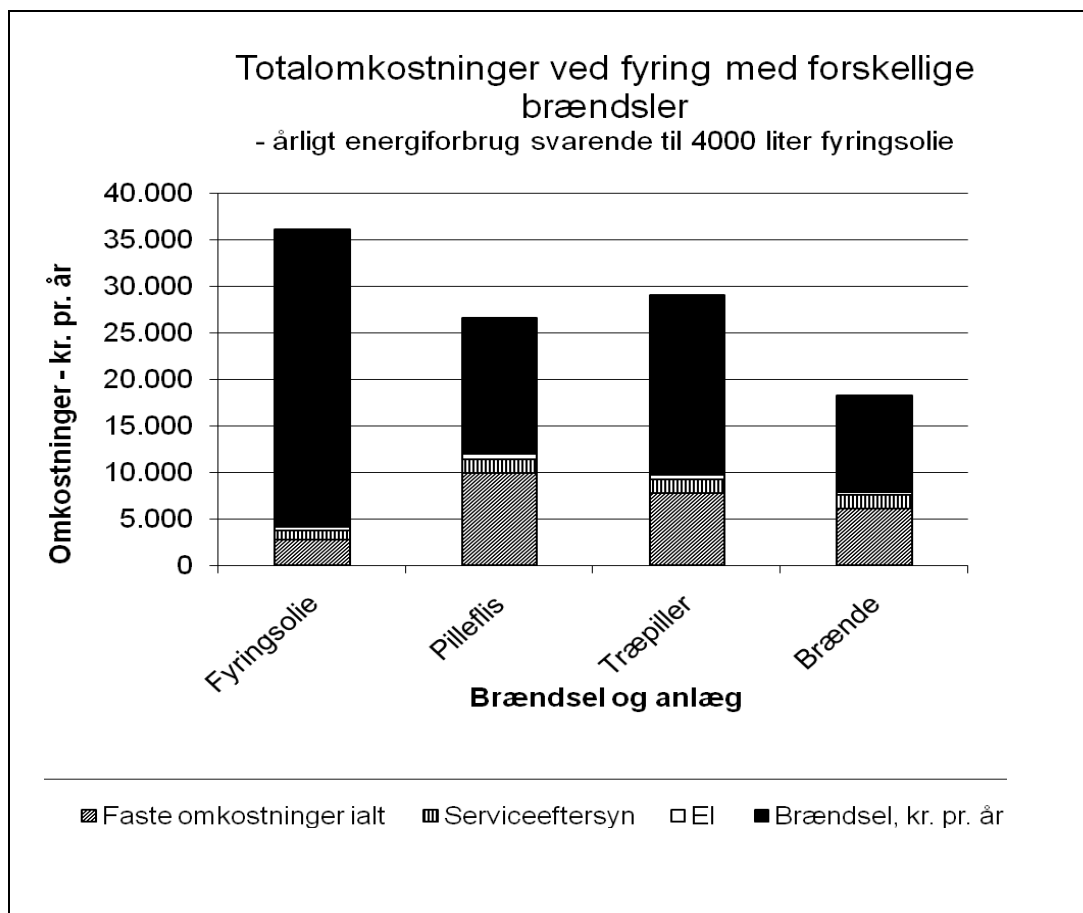


Diagram. 1. Figuren viser de samlede fyringsomkostning for fire forskellige brændsler. Omkostningerne er sammensat af "Faste omkostninger" (forrentning og afskrivning af investering), omkostning til "Service", "El" og "Brændsel". De anvendte brændselspriser har været (incl. moms): Fyringsolie 8,00 kr. pr. liter; Pilleflis 1.310 kr. pr. 1.000 kg; Træpiller 2.030 kr. pr. 1.000 kg; Brænde 438 kr. pr. rm. De detaljerede beregninger som ligger til grund for figuren kan ses i bilag 3. Der indgår ikke skat i beregningerne.

Diagram 1 viser, at:

- Dyreste opvarmning sker med fyringsolie
- Billigste opvarmning sker med brænde
- Det er billigere at opvarme med pilleflis end med træpiller, selv om investeringen i et fyr til pilleflis kan være 20.000 kr. dyrere end et fyr til træpiller.

Forskellen i årlige totalomkostninger mellem oliefyr og pilleflis er næsten 10.000 kr. Forskellen mellem træpiller og pilleflis er ca. 2.500 kr. i årlige totalomkostninger.

Ses der isoleret på forskellen i omkostninger til brændsel, er forskellen mellem træpiller og pilleflis endnu større, nemlig hele 4.600 kr., se diagram 2 nedenfor. Hvis stokeren på pillefyret kan håndtere pilleflis, er der således en del at tjene ved at skifte træpillerne ud med pilleflis.

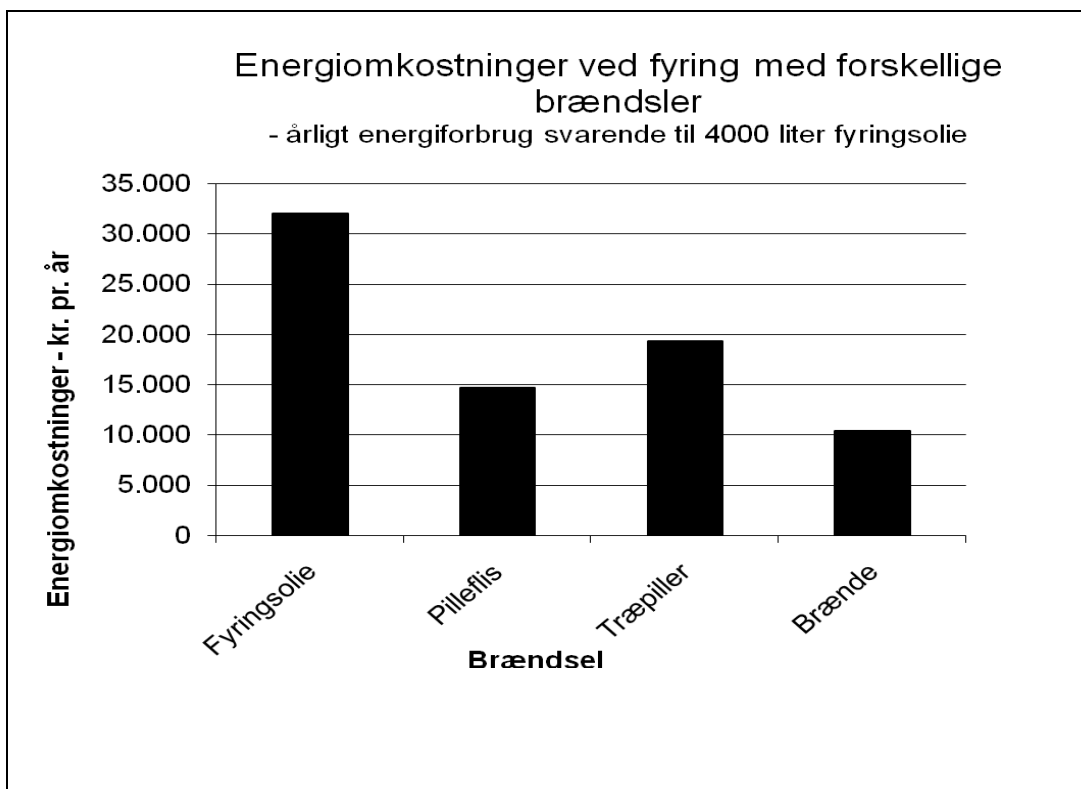


Diagram 2. Figuren viser omkostningerne til brændsel. De anvendte brændselspriser er anført i teksten under diagram 1. Yderligere detaljer kan ses i bilag 3. Der indgår ikke skat i beregningerne.

I forhold til fyringsolie kan der i eksemplet spares godt 17.000 kr. om året, når der fyres med pilleflis – det er faktisk mere end en halvering!

Brænde er billigste brændsel, til gengæld er der en del arbejde forbundet med brændselsfyring.

Som beskrevet ovenfor modsvares 9.500 kg træpiller af 11.200 kg pilleflis rent energimæssigt. Besparelsen i brændselsomkostninger kan beregnes til at være 48-49 øre pr. kg træpiller, der erstattes af pilleflis.

6. KONKLUSION OG ANBEFALINGER

- To typer af stokere er undersøgt:
 - Stoker med vandret indmadning af brændslet.
 - Stoker med dropfald.
- Undersøgelsen viste:
 - At stokere med vandret indmadning kan håndtere pilleflis lige så godt som træpiller.
 - At stokere med dropfald ikke kan håndtere pilleflis.
- Hovedgrundene til at dropfaldsstokere ikke kan håndtere pilleflis er:
 - Løftesneglen kan ikke – eller kun med meget lav kapacitet – løfte pilleflisen.
 - Pilleflisen skrider dårligt ned gennem smelterøret (faldrøret).
 - Pilleflisen kan ikke skride ind i kedlen, hvis brændehovedet er indrettet med skråtstillet ledeplade.
- Ved at iblande pilleflisen fra 50-80 % træpiller kunne pillestokere fungere næsten uden problemer, dog er der tendens til afblanding.
- Pilleflisen danner hurtigt bro i magasin uden omrører – selv ved iblanding af træpiller.
- Justering af forbrændingsblæser kan være påkrævet ved skift fra træpiller til pilleflis.
- Pilleflis (den tørrede såvel som den fugtige) er let at antænde med pillefyrenes egen eltænding.
- FarmTest-værterne er tilfredse med pilleflisens brændelsesegenskaber.
- Brændværdien i pilleflis er 10-15 % lavere end i træpiller - primært på grund af et højere vandindhold.
- Hvad angår partikelstørrelsesfordeling kommer pilleflis tættest på kvalitetsklassen "Fin" i henhold til "Ny godkendt kvalitetsbeskrivelse for brændelsflis" (pilleflis passer ikke præcis ind i nogen af de fem klasser).
- Pr. kg og pr. MJ energi er pilleflis billigere end træpiller.
- For hver kg træpiller der erstattes med pilleflis, vil der typisk kunne spares ca. 50 øre i direkte brændselsomkostninger.
- Der er ikke stor forskel på de samlede, årlige fyringsomkostninger mellem pilleflis og træpiller, når der medregnes investeringer i nyt fyr.
- Der er en store besparelse i årlige energiomkostninger ved at fyre med bio-brændsel i stedet for fyringsolie.

- Der vil efter alt at dømme være mere arbejde forbundet med at fyre med pilleflis end træpiller.
- Et pillefyr med vandret stokerindmadning af brændslet er i reglen dyrere end et pillefyr med dropfaldsstoker.

Flis produceret med andre fabrikater af flishuggere end ovennævnte pilleflishugger fra PC Stål ApS er ikke undersøgt i denne FarmTest. Hvis der med andre fabrikater af flishuggere kan laves en flistype med samme karakteristika som pilleflisen, primært hvad angår partikelstørrelsesfordelingen, kan det forventes, at de beskrevne forhold og erfaringer samt konklusioner, der i denne FarmTest er baseret på undersøgelsen af pilleflis, også vil gælde tilsvarende flis produceret med andre fabrikater af flishuggere.

7. BILAG

Bilag 1

Registreringsskema			
FarmTest af pilleflis			
Fugtig pilleflis			
Startdato:			
Stopdato:			
Mængde flis tilbage efter to ugers test:			
Askemængde fra pilleflisen:			
Driftsproblemer/driftsstop			
	Dato	Problem	Årsag til problem
1			
2			
3			
4			
5			
Fyrets last:			
Testen indstilles - Årsag:			
Forsøgsvært:			

Bilag 2

Beskrivelse af kvalitetsklasser for brændselsflis i Danmark, jf. Videnblad nr. 160 "Ny godkendt kvalitetsbeskrivelse for brændselsflis". Videncenter for Halm- og Flisfyring. (www.videncenter.dk).

Kvalitetsbeskrivelsen omfatter fem typer af flis, som er meget anvendt, og som er målrettet til forskellige slags forbrugere:

- **Fin flis** er beregnet til villafyr, som bruger snegle til transport af flisen. Disse snegle er af mindre dimension og meget følsomme over for overlange og overstore partikler.
- **Mellem flis** er beregnet til institutionsfyr, hvor en finere flis end grov flis ønskes.
- **Grov flis** er beregnet til fjernvarmeanlæg med ristefyring, hvor flisen normalt skubbes ind i fyret. Her ønskes en grov flis (store partikler) og en begrænset mængde "smuld".
- **Air sprout flis** er beregnet til anlæg med indkaster eller air sprout. Disse anlæg behøver en vis mængde "smuld", men er samtidig lidt følsomme over for "overlang".
- **Forgasningsflis** er en ekstra grov flis med en meget begrænset mængde "smuld" og andre fine partikler. Denne flis er specielt beregnet til mindre forgasningsanlæg.

Bilag 3

Sammenligning af økonomien ved forskellige brændsler og fyringsanlæg

		Fyringsolie kr/l	Pilleflis kr./kg	Træpiller kr./kg	Brænde kr./rm*
Driftsomkostninger:					
Privatforbrug (inkl. moms og energiafgift)		8,00	1,31	2,03	437,5
Erhverv (uden moms og energiafgift)		0,00	0	0	0
Rumopvarmning til ansatte (uden moms inkl. energiafgift)		0,00	0	0	0
Brændsel, kr. pr. år		32.000	14.672	19.285	10.345
Løn		0	0	0	0
El		330	525	525	330
Serviceeftersyn		1.000	1.500	1.500	1.500
Driftsomkostninger ialt		33.330	16.697	21.310	12.176
Investering og faste omkostninger					
Fyringsanlæg		20.000	55.000	35.000	20.000
Fyrrum, lager samt skorsten		0	20.000	20.000	20.000
Installation		5.000	15.000	15.000	15.000
Samlet anskaffelsespris		25.000	90.000	70.000	55.000
Faste omkostninger ialt		2.750	9.900	7.700	6.050
Samlede omkostninger	kr./år	36.080	26.597	29.010	18.226
<i>Forudsætninger</i>					
Rente	%	7	7	7	7
Afskrivningsperiode	år	15	15	15	15
Kapitalindvindingsfaktor	%	11,00	11,00	11,00	11,00
* En rummeter savet, kløvet og stablet brænde					
Beregnet energiforbrug	GJ/år	126	126	126	126