

# 10. Andre teknikker til elproduktion på halm

Til kraftvarmeproduktion i mindre skala, d.v.s. fjernvarmeverker, institutioner og gårdanlæg er der et markedspotentiale både nationalt og internationalt. Der er flere igangværende udviklingsprojekter, der sigter mod at udvikle teknologi til elproduktion på biomasse i lille skala med acceptable el-virkningsgrader. Af disse skal flashpyrolyse, stirlingmotor og dampmotor nævnes.

## Flashpyrolyse

Ved pyrolyse af biomasse omsættes halmens flygtige bestanddele (75-80% af brændværdien) til gasser ved opvarmning i en iltfri atmosfære. Hvis pyrolyseprocessen foregår meget hurtigt, og de udviklede gasser efterfølgende bratkøles, opnås et højt udbytte (typisk 60-70%) af et olielignende produkt, pyrolyseolie.

ELKRAFT har igennem nogle år deltaget i flere pyrolyseprojekter i Canada og Finland og i EU-regi dels for at undersøge processens egnethed til halm, dels pyrolyseoliens anvendelighed (teknisk og økonomisk) i dieselmotorer og kedler. De hidtidige resultater viser, at halm kan omsættes til pyrolyseolie uden problemer i selve processen, men at det er nødvendigt med yderligere udvikling af metoder til effektiv separering af faststofpartiklerne fra gassen inden den kondenseres. Der er i Finland og England gennemført kortvarige forsøg med pyrolyseolie som brændsel i dieselmotorer i størrelsen 60, 250 og 1.500 kW. Forbrændningsteknik opfører pyrolyseolien sig uproblematisk, men der kræves modifikationer af alle komponenter, som er i kontakt med pyrolyseolien på grund af dens lave pH-værdi (3-4). Andre forsøg viser, at pyrolyseolien er relativt nem at anvende i både små og store kedler.

Kraftvarmeproduktion på pyrolyseolie kunne f.eks. tænkes opbygget af et centralt flashpyrolyseanlæg, et

distributionssystem (tankbiler) og flere mindre kraftvarmeanlæg, der f.eks. blot består af en ubemandet dieselmotor. Pyrolyseoliens lave indhold af aske, klor og alkali kan også gøre den interessant som en alternativ anvendelse som delfyring på centrale kraftværker. Økonomisk set er denne løsning dog ikke attraktiv med dagens priser på halm og træflis.

## Stirlingmotor

Stirlingmotorens opbygning gør den særligt velegnet til vanskelige brændsler, fordi forbrændingen ikke foregår inde i cylinderen, men udvendigt som i en kedel. Afhængigt af motorens og fyringsudrustningens udformning er det dermed muligt at anvende både gasformige, flydende og faste brændstoffer. Det er derfor en nærliggende mulighed at anvende teknologien til biomassefyrede kraftvarmeverker.

På Danmarks Tekniske Universitet arbejdes på udvikling af tre motorer med eleffekter på hhv. 150, 35 og 9 kW. Udvikling og afprøvning af de tre motortyper gennemføres i flere projekter. 150 kW<sub>el</sub>-motoren støttes økonomisk af ELKRAFT og Energistyrelsen og er baseret på forgasningsteknik. 35 kW<sub>el</sub>-motoren støttes af Energistyrelsen via to projekter, og arbejdet gennemføres i samarbejde med firmaerne REKA A/S og Plan-Energi A/S. 9 kW<sub>el</sub>-motoren støttes økonomisk af Naturgas Midt-Nord og Energistyrelsen. Denne motor er beregnet til gasformigt brændsel og omtales ikke yderligere.

Det er nødvendigt at udvikle stirlingmotorer, direkte til anvendelse af biomasse i stationære anlæg til elproduktion. Det betyder, at motorens hedeblader er tilpasset erfaringer fra anvendelse af biomasse i større dampanlæg. Desuden er motoren hermetisk lukket, idet generatoren er indbygget i et tryksat krumtaphus. Ved samtidig at anvende fedtsmurte lukkede lejer er problemet med læk af arbejdsgas og olie i arbejdsvolumerne løst.

Temperaturen i motorens hedeblader skal være så høj som mulig for at opnå en god virkningsgrad. Det betyder i praksis, at temperaturen på hedebladerne skal være mindst 650-700 °C. Røggassen, der forlader hedebladerne, er meget varm. Derfor benytter man en luftforvarmer, der opvarmer forbrændingsluften ved hjælp af den varme røggas. Den varme forbrændingsluft udgør ikke det store problem i en naturgasbrænder, men når man i stedet vil anvende træflis eller halm risikerer man, at de høje temperaturer får asken til at smelte og sætte sig fast på de varmeoverførende flader. En vigtig del af de danske stirlingmotoraktiviteter er derfor udviklingen af et effektivt forbrændingssystem.

150 kW<sub>el</sub>- og 35 kW<sub>el</sub>-motorerne er konstrueret under hensyn til, at de skal anvende biomasse som energikilde, enten via forbrænding eller forgasning. Det medfører, at brændkammeret og kedelsektionen er meget større end tilsvarende for en stirlingmotor til naturgas eller olie. Dels er udbrændingstiden for fast brænd-

	Enhed	Stirling 35	Stirling 150	Sunpower Inc
Eleffekt, netto	kW	33	142	2,5
Varmeydelse	kW	102	350	Ukendt
Elvirkningsgrad, netto	-	21	26	20
Specifik anlægspris	1.000 kr./kW <sub>el</sub>	20	15-20	20

Tabel 10: Stirlingmotor. Elvirkningsgraden er ved fuldlast. Årsvirkningsgraden vil være lavere afhængig af driftsforholdene. Anlægsprisen er en budgetpris. De anførte data er baseret på forsøgsresultater og er med flis som brændsel.

sel længere end for olie og gas, og dels medfører indholdet af partikler, at der skal være stor afstand mellem rør og finner på stirlingmotorens hedeblader. Varmebelastningen i hederen er ca.  $50 \text{ kW/m}^2$ , hvilket svarer til varmelastningen i en dampkedel til flis, men det er kun 1/4-1/5 af belastningen i en gasfyret stirlingmotor. Der benyttes primært flis som brændsel i udviklingsprojekterne, men halm er også et muligt brændsel. Halmens indhold af klor og alkali giver korrosion på hedebladerne, men vaskning af halmen giver mulighed for at sænke indholdet af aggressive komponenter (se kapitel 2). /ref. 3 og 49/.

Et amerikansk firma, Sunpower Inc. i Ohio, har i 1996 fremstillet seks prototyper af en  $2,5 \text{ kW}_{\text{el}}$ -stirlingmotor med en lineær generator direkte forbundet til stemplet uden en krumtap. Brændsler er træ, bagasse, ris-skaller, halm o.l. Ved en årsproduktion på 10.000 stk. er prisen sat til \$ 6.000 svarende til ca. 20.000 kr./ $\text{kW}_{\text{el}}$ .

### Dampmotor

Dampmotorer kan være et alternativ i kraftvarmeværker op til ca.  $1 \text{ MW}_{\text{el}}$ , d.v.s. små værker som kan dække varmebehovet i mindre byer op til 500 boliger.

Fordelene ved dampmotoren er:

- at dampmotoren i denne størrelse er konkurrencedygtig med damp-turbinen hvad angår pris og virkningsgrad.
- at teknikken er relativt simpel
- at arbejdsmediet er damp der produceres i en kedel hvor forskellige biobrændsler kan anvendes.

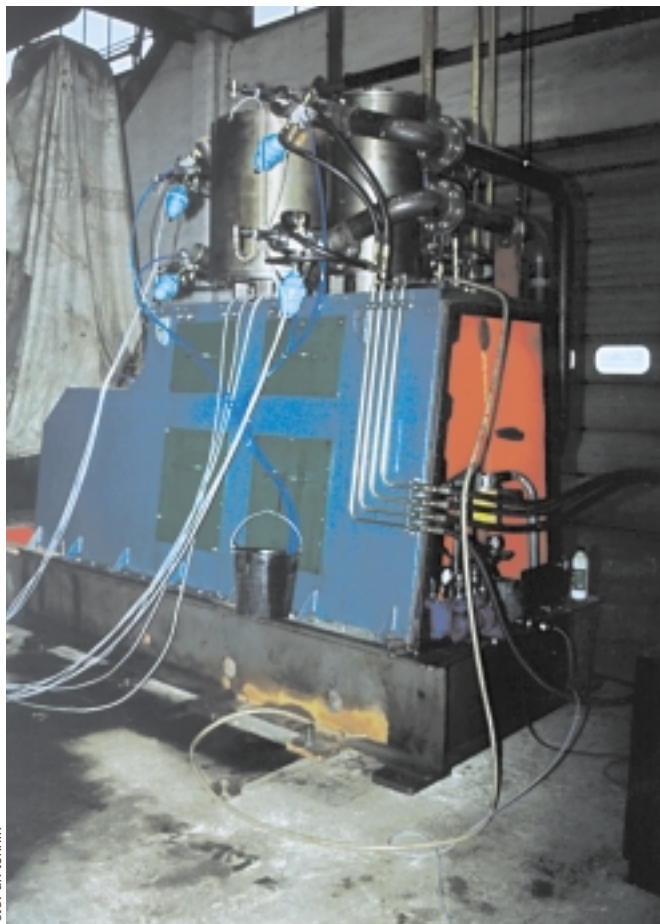


Foto: dk-teknik

*Prototypen på en danskbygget dampmotor opstillet til prøvekørsel. Dampprørene leverer damp til højtrykscylinderen og bagefter til den større lavtrykscylinder. Den hydrauliske ventilstyring kan ses øverst til venstre bag lavtrykscylinderen.*

Ulemperne (eller udviklingsbehovet) er:

- at der skal udvikles en maskine der ikke smøres med olie, idet olielækage til cylindrene ødelægger dampkvaliteten.
- at den gammeldags gliderstyring af ventilerne giver lavere virkningsgrad end moderne hydraulisk ventilstyring.

Med henblik på at udvikle en moderne dampmotor er der fremstillet en 2-cylindret prototype med et damptryk på 24 bar og en damptemperatur på  $380 \text{ }^\circ\text{C}$  med oliefrige stempelringe af

kulfibre og med hydraulisk styrede ventiler. Dampmotoren vil kunne yde  $500 \text{ kW}_{\text{el}}$ . Projektet udføres af dk-TEKNIK og ingeniørfirmaet Milton Andersen med støtte fra EU og Energistyrelsen. Efter tilfredsstillende testkørsler med prototypen er det planen at bygge en dampmotor der arbejder med 70 bar og  $550 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Et kommercielt tilgængeligt produkt kan være på markedet i 2000-2005 i størrelse  $1 \text{ MW}_{\text{el}}$  og med en netto elvirkningsgrad på knap 20%. Den specifikke anlægspris forventes at blive 20-25 mill kr pr  $\text{MW}_{\text{el}}$  /ref 3, 12, 50/.