

Biomasse

kraftvarme

udviklingskortlægning

Resume-rapport

Indhold

FORORD	3
1 DEN ENERGIPOLITISKE BAGGRUND	4
2 DANSKE PROGRAMMER TIL FORSKNING, UDVIKLING, DEMONSTRATION OG ANDEN STØTTE TIL BIOMASSEBASERET KRAFTVARME	6
3 BIOMASSE SOM BRÆNDSEL	7
3.1 BIOMASSE SOM RESSOURCE I DANMARK	7
3.2 TEKNOLOGISK UDFORDRING VED ANVENDELSE AF BIOMASSE	8
4 FREMTIDIGE MULIGHEDER FOR UDBYGNING MED BIOMASSE KRAFTVARME	9
4.1 RAMMER FOR UDBYGNING MED BIOMASSE KRAFTVARME	9
4.2 FREMTIDIGE MULIGHEDER I DANMARK	11
5 FAGOMRÅDER	11
5.1 BIOBRÆNDSLER	12
5.2 FORGASNINGSANLÆG	13
5.3 FORBRÆNDINGSANLÆG	15
5.4 ANDRE TEKNOLOGIER	18
5.5 RESTPRODUKTER	19
6 AKTØRERNES UDMELDINGER	20
6.1 PRODUCENTER OG ANLÆGSEJERE	20
6.2 FORSKERNE	20
6.3 ØVRIGE UDMELDINGER	21
7 FREMADRETTET INDSATS	21
8 REFERENCER	23
BILAG A. OVERSIGT OVER DEMONSTRATIONS- OG PILOTFORGASNINGSTEKNOLOGIER UNDERSØGT I DANMARK I DE SENERE ÅR.	24
BILAG B. EKSISTERENDE OG NYE KRAFTVARMEANLÆG BASERET PÅ BIOBRÆNDSEL I DANMARK	25

Forord

Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra besluttede i foråret 2001 at gennemføre en kortlægning af udviklingen på forbrændings- og forgasningsområdet i forbindelse med biomassebaseret kraftvarme. Affald er indeholdt i enkelte tilfælde, hvor det er vurderet at være relevant. Biogas er ikke medtaget. Det overordnede mål med kortlægningen var, at den skulle kunne danne basis for formuleringen af fremtidige strategier og herigennem medvirke til en præcisering af udviklingsbehovet.

Kortlægningen skulle desuden lette udformningen og vurderingen af ansøgninger til de respektive støtteprogrammer og således medvirke til at opnå en mere stringent prioritering af de knappe danske forsknings- og udviklingsmidler inden for forbrænding og forgasning af biomasse.

Et vigtigt element i kortlægningen var en spørgeskemaundersøgelse til aktørerne på biomasseområdet. Det var hensigten at etablere dels et samlet billede, dels et billede af hvert teknologiområde med hensyn til at opnå en oversigt over hidtil opnåede resultater, teknologiens nuværende stade og fremtidige behov.

Kortlægningen kan ses som et udtryk for et samarbejde mellem projektudbyderne af Energiforskningsprogrammet og PSO-ordningen og et ønske om at øge bevidstheden om den viden, der findes i sektoren i dag.

Kortlægningen kan endvidere ses som en opfølgning på ”Forslag til Bioenergi Udviklingsprogram” fra 1995 (2) samt den seneste strategiplan (fra 2000) fra Udvalget for miljøvenlig produktion af el og varme, MEV (11).

Tilblivelsen af denne rapport

I løbet af foråret 2001 blev det aftalt, at konsulentfirmaet SPOK ApS ved Hans Chr. Sørensen skulle forestå selve arbejdet med kortlægningen og rapporteringen heraf. Hovedindsatsen blev gennemført i 2001 af SPOK ApS, og konsulentfirmaet har afrapporteret:

- en rapport med projektoversigt
- en CD med kopi af besvarelserne fra den spørgeskemaundersøgelse, der var et væsentligt led i kortlægningen

Selve rapporten offentliggøres som SPOK ApS's dokument. CD med kopi af besvarelserne af spørgeskemaerne findes kun ved de tre opdragsgivere og håndteres som internt materiale.

På baggrund af SPOK's arbejde har Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra udarbejdet nærværende resumé-rapporten, og den udgives som de tre opdragsgiveres eget dokument. Arbejdet med resumérapporten er afsluttet i starten af 2003 og er baseret på spørgeskemaundersøgelsen suppleret med interviews og en høring på et seminar den 4. december 2001 for et repræsentativt udvalg af aktører inden for området. Konklusionerne fra dette seminar er indarbejdet i rapporten.

1 Den energipolitiske baggrund

Baggrunden for den situation, som den biomassebaserede kraftvarme står i dag, er præget af den danske energipolitik gennem de seneste 25 år. Den energipolitiske baggrund beskrives her især med udgangspunkt i udgivelsen ”Træ til energiformål” (18) fra 1999.

De to første danske energiplaner fra 1976 og 1981 udstak med udgangspunkt i brændselsforsyning, samfundsøkonomiske og miljømæssige hensyn retningslinierne for energisektorens udvikling i 1980'erne. Op gennem 80'erne blev olie- og gasfelterne i Nordsøen kraftigt udbygget, ligesom det landsdækkende naturgasnet blev anlagt. De første støtteordninger for udnyttelse af halm og flis blev igangsat, og via voksende afgifter på fossile brændsler blev det muligt at gøre biomasse konkurrencedygtigt som brændsel. De første flisfyrede kraftvarmeværker blev bygget, og antallet af flisfyrede fjernvarmeværker voksede kraftigt.

I 1986 indgik den danske regering en energipolitisk aftale, der bl.a. indebar, at der skulle opføres decentrale kraftvarmeværker med en effekt på i alt 450 MW, heraf ca. 100 MW biomassebaseret.

I 1990 kom den tredje energihandlingsplan Energi 2000, som introducerede målet om en bæredygtig udvikling af energisektoren. Planen var bl.a. oplæg til et ambitiøst forsøg på at øge anvendelsen af miljøvenlige brændsler. I Energi 2000 blev de miljøvenlige brændsler defineret som naturgas, sol, vind og biomasse (halm, træ, gylle og husholdningsaffald). Brugen af biomasse begrundes ud fra, at den er CO₂-neutral, at den bidrager til forsyningsikkerhed, at den sparer udenlandsk valuta, at den skaber danske arbejdspladser, og at den udnytter affaldsprodukter fra landbrug, skovbrug, husholdning og industri.

Målene i Energi 2000 nås gennem en bred vifte af aktiviteter: energibesparelser, afgift på CO₂-udledning, omstilling til brug af miljøvenlige brændsler ved kraftvarmeproduktion, anlægs- og driftsstøtte til kollektiv varmforsyning, støtte til etablering af biobrændselskedler i landdistrikter mv.

For at iværksætte aktiviteterne i Energi 2000 blev Energiministerens vidtrækkende beføjelser i Varmeforsyningsloven til at regulere brændselsvalget i blokvarmecentraler, fjernvarmeværker og decentrale kraftvarmeværker anvendt. Dette blev gjort ved såkaldte ”specifikke og generelle forudsætningsskrivelser” til kommuner og anlægsejere i tre tidsmæssigt forskudte faser. De ”specifikke forudsætningsskrivelser” beskriver detaljeret omstillingen til miljøvenlige brændsler over for udvalgte kommuner og anlægsejere. Derudover blev der til alle landets kommuner udsendt ”generelle forudsætningsskrivelser”, der beskriver muligheden for frivilligt at ændre brugen af kul og olie til mere miljøvenligt brændsel. Fase 1 forløb i perioden 1990-1994 og omhandlede omstilling af en del kul- og naturgasfyrede fjernvarmeværker, der skulle omlægges til naturgasfyret, decentral kraftvarme. Derudover skulle mindre fjernvarmeværker uden for de store fjernvarmenet omlægges til biobrændsler. Fase 3 startede i 1996 og er ikke afsluttet. Det var forudsat, at mindre, gasfyrede fjernvarmeværker konverteres til naturgasfyret, decentral kraftvarme samt at øvrige fjernvarmeværker omlægges til biobrændsler.

I juni 1993 indgik regeringen, Det Konservative Folkeparti, Venstre og Socialistisk Folkeparti en aftale om øget brug af biomasse i energiforsyningen med særligt henblik på anvendelse i de centrale kraftværker. Kraftværkerne blev med Biomasseaftalen forpligtet til at anvende 1,2 millioner tons halm og 0,2 millioner tons træflis fra 2000. I en tillægsaftale fra juli 1997 besluttedes, at 0,2 millioner tons af halmforpligtigelsen kunne erstattes af træflis, samt at biomassemålsætningen skal gælde i energienheder (19,5 PJ).

For de mindre anlæg var der følgende hovedpunkter i den oprindelige biomasseaftale fra 1993:

- 11 byer i naturgasområder indenfor fase 1 og fase 2, der endnu ikke har omstillet til naturgasfyret kraftvarme, kan vælge mellem biobrændsel og naturgas som brændsel. Der er mulighed for udskydelse til 2000, bl.a. for at afvente kommercielt tilgængelig teknologi inden for biomasseområdet.
- Fase 2 byer uden for naturgasområder kan vente med omstilling til 1998, såfremt der vælges biomassebaseret kraftvarme.
- 6 byer i fase 3 kan vente med omstilling til biomassebaseret kraftvarme til 2000.
- Ca. 60 mindre byer i fase 3 skal senest ved udgangen af 1998 være omstillet til biomassebaseret fjernvarme.

Med tillægsaftalen fra 1997 kom der følgende justeringer for de mindre anlæg:

- Der tillades biomassebaseret kraftvarme i naturgasområder.
- Kommunerne skal prioritere kraftvarme på biogas, lossepladsgas og andet forgasset biomasse.
- 7 byer kan fortsætte den nuværende fjernvarmeforsyning til biomassebaseret kraftvarme er teknisk og økonomisk hensigtsmæssig.

Den fjerde energiplan, Energi 21, kom i 1996 og fastholdt målsætningerne fra Energi 2000. Desuden blev der opstillet en række nye, langsigtede målsætninger frem til 2030, bl.a. en målsætning om at halvere CO₂-udledningen i år 2030 i forhold til år 1990. Biomasse skulle bidrage med 85 PJ i 2005 og 145 PJ i 2030, bl.a. gennem øget brug af halm og flis i de centrale elværker, øget udbygning af decentral kraftvarme på halm og flis og adgang til etablering af biobrændselsanlæg i områder, der tidligere var reserveret for naturgas.

I Energistyrelsens "Opfølgning på Energi 21" i sommeren 1999 (3) blev status for udviklingen opsummeret som:

- Kraftværkerne havde i sommeren 1999 igangsat eller planlagt projekter på decentrale og centrale kraftværker til ca. 0,6 millioner tons biomasse, svarende til ca. halvdelen af målsætningen.
- Få fjernvarmeverker var omstillet, hvilket skyldes, at der er tekniske og ikke mindst økonomiske hindringer for en rentabel kraftvarmeproduktion baseret på halm, flis og lignende, især for små anlæg.
- Der var etableret 10-15 barmarksprojekter baseret på biobrændsler. Til gengæld er biomasseforbruget i de allerede etablerede barmarksprojekter blevet større end forventet, således at målsætningen om 2,5 PJ måske alligevel nås.

Siden 1999 er der ikke sket markant videre udvikling i omlægningen af mindre, decentrale værker og mindre institutionelle anlæg til biomassebaseret kraftvarme. Udviklingen har endvidere været begrænset af naturgassens hidtidige fortrinsstilling.

Udviklingen på de centrale værker har derimod været betydelig siden 1999. I Reformopfølgningssaf-talen af 22. marts 2000 enedes de politiske partier bag Biomasseaftalen om at forlænge fristen til udgangen af 2005. Efter en folketingsbeslutning fra maj 2001 blev der indgået aftale med de to store, danske kraftværksselskaber, Energi E2 og Elsam, om udmøntning af Biomasseaftalen ved anvendelse af biomasse på navngivne, centrale anlæg. Der blev desuden indgået aftale om sikring af værkernes økonomi. Siden 1999 er der etableret eller planlagt ny biomasseanvendelse på 5 værker, svarende til ca. 13 PJ. Med de planlagte værker vil biomasseanvendelsen på de kraftværksejede

decentrale og centrale værker antage 21 PJ/år, altså noget over forudsætningen (19,5 PJ/år), og biomassepålægget vil være opfyldt i 2005 (13).

Den endelig udmøntning af Biomasseaftalen betyder sandsynligvis, at kraftværkernes indsats i de kommende år vil koncentrere sig om at sikre en fornuftig drift af de konkrete værker, snarere end igangsættelse af nye projekter i Danmark. I bilag B kan ses en liste over de decentrale og centrale biomassebaserede kraftvarmeanlæg, som er etableret i Danmark.

Internationalt er der op gennem 1990-erne sket en udvikling, der kan påvirke anvendelsen af biomasse til kraftvarme. Det drejer sig om følgende tre områder:

- vedtagelsen af Kyoto-protokollen, hvorved bekæmpelsen af bidrag til drivhuseffekten er kommet i fokus som en drivkraft, der også internationalt kan bringe udnyttelsen af biomasse fremad
- vedtagelsen af EU's direktiv fra september 2001 (9) om anvendelse af vedvarende energi i elforsyningen, som forventes at forstærke denne tendens
- fremkomsten af EU's hvidbog om vedvarende energi (7), der fokuserer på forsynings-sikkerheden.

2 Danske programmer til forskning, udvikling, demonstration og anden støtte til biomassebaseret kraftvarme

I statsligt regi er der siden 1980 ydet tilskud til forskning og udvikling på energiområdet under Energiforskningsprogrammet (EFP). Endvidere er der siden 1981 ydet tilskud til udvikling, demonstration og information om vedvarende energi under Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi (UVE). I november 2001 blev tilskudsrammen reduceret fra 110 mio. kr. årligt til 40 mio. kr., og UVE programmet blev nedlagt.

Som led i aftalen fra 1986 iværksatte elværkerne et forsøgs- og demonstrationsprogram for at indhente tekniske og økonomiske erfaringer som grundlag for den videre udbygning. Udviklingsarbejdet blev finansieret af forbrugerne over elprisen. Udviklingsarbejde med denne form for finansiering er fortsat frem til etablering af de systemansvarlige virksomheder (se nedenfor).

Energistyrelsen iværksatte i 1995 "Opfølgingsprogrammet for decentral kraftvarme på faste bio-brændsler" for på den måde at koordinere og optimere udviklingen på området (4). I 2001 omfattede programmet 14 demonstrationsanlæg, som fordeler sig på forskellige brændsler og teknologier. Programmet havde sekretariat hos Energistyrelsen og blev finansieret af Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi. I 2001 blev UVE-ordningen som nævnt nedlagt og hermed også opfølgingsprogrammet. Der blev dog besluttet at yde tilskud til afvikling og afrapportering af programmet.

Fra 1992 kunne Energistyrelsen med den såkaldte Værkpulje inden for en årlig ramme på 25 mio. kr. støtte aktiviteter til fremme af decentral kraftvarme og udnyttelse af biobrændsler. Værkpuljen blev også nedlagt i 2001.

Det har været muligt for virksomheder at søge om støtte fra CO₂-midlerne til udvikling og etablering af CO₂-reducerende tiltag. Under denne pulje er der blevet givet støtte til virksomheder til teknologiudvikling af biomassebaseret kraftvarme.

Et bredt flertal i Folketinget indgik den 3. marts 1999 en aftale om en lovreform for elsektoren. Ifølge elloven skal den systemansvarlige virksomhed sikre, at der udføres forsknings- og udviklingsprojekter, der er nødvendige for udnyttelsen af miljøvenlige elproduktionsteknologier (den såkaldte PSO-ordning). Ordningen administreres af de to danske systemansvarlige virksomheder Elkraft System og Eltra. Det første PSO-program blev iværksat i 1998, og der har siden været udarbejdet et årligt program baseret på et offentligt udbud inde for en årlig ramme på 100 mio. kr. En række projekter, der tidligere var administreret og finansieret af elværkerne, blev overført til administration hos de systemansvarlige.

3 Biomasse som brændsel

3.1 Biomasse som ressource i Danmark

Biomasse i form af træ og halm kan betragtes som naturlige råmaterialer, hvor energiudnyttelse kun er ét blandt flere anvendelsesområder.

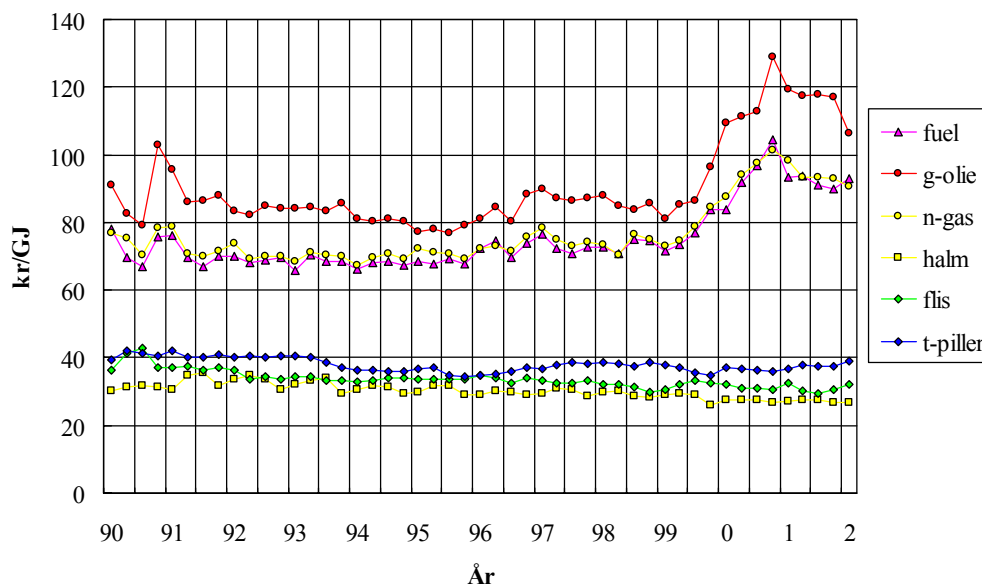
De danske ressourcer inden for træaffald og skovflis aftages i dag af eksisterende anlæg, hvorfor udvidet anvendelse heraf skal ske ved import (15). International handel med biomasse, specielt træpiller og råtræ rettet mod energiformål, har været under kraftig udbygning de seneste år.

Mængden af halm i Danmark til energiformål vil dels være afhængig af graden af genanvendelse af halmen i landbruget (strøelse, nedmuldning mv.), og dels være afhængig af de årlige vækstbetingelser. Halmhøsten giver således årlige udsving på op til 300 %. Dette betyder, at den andel af halmressourcen, der kan forventes anvendt, ligger noget under den potentielt maksimale ressource. Endvidere er der en vis usikkerhed knyttet til arealanvendelsen for halmproduktionen set over det tidsrum, som kraftvarmeværkerne typisk afskrives over.

I en undersøgelse af langsigtede biomasseressourcer til energiformål (15) opstilles tre scenarier for mængden af tilgængelig halm i Danmark i 2015, et referencescenarie, hvor den hidtidige udvikling fremskrives; et miljøscenarie, hvor der tages højde for en øget miljøbevidsthed samt et liberaliseringsscenarie, hvor konkurrencevilkårene har øget betydning. For referencescenariet forventes et mindre fald i mængden af halm til energiformål fra knapt 30 PJ i år 2000 til godt 27 PJ i år 2015, mens der for miljøscenariet forventes en halvering af mængden af halm til energiformål. I liberaliseringsscenariet forventes halm mængden at stige til ca. 39 PJ i år 2015.

Mængden af husholdnings- og industriaffald, der i dag udgør en meget stor del af den danske biomasseressource til energiformål, vil på længere sigt være usikker. Dette skyldes den overordnede prioritering af genbrug, der har fortrin frem for forbrænding. Det anses derfor ikke for muligt at øge denne ressource til energiformål i forhold til dagens anvendelse.

Udviklingen af prisen gennem de seneste 10 år for biomasseressourcen sammenholdt med fossile brændsler fremgår af *Figur 1*. Det ses, at prisen for halm og træflis gennem hele perioden har været meget konstant.



Figur 1. Udviklingen i brændselsprisen de seneste 10 år. Priserne er inkl. afgifter. (Efter Viktor Jensen, Danmarks Fjernvarmeforening).

Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut har i 2001 lavet et studie af energiafgrøder (15). Heri beregnes prisen for produktion af energiafgrøden ved levering til 35-38 kr./GJ, hvilket ligger noget over prisniveauet for halm og skovflis.

3.2 Teknologisk udfordring ved anvendelse af biomasse

Siden slutningen af 1980-erne er andelen af biobrændselsanlæg med el-produktion steget jævnt samtidigt med en stigning i brændselsudnyttelsen med mere end 10 procentpoint. Dette kan illustreres ved, at brændselsudnyttelsen ved kraftvarmeanlægget i Haslev (1989) var 81 %, mens det ved anlæggene i Ensted, Avedøre og Sakskøbing (2000) er op til 93 %. Samtidigt hermed er el-virkningsgraden steget, hvilket er væsentligt, da den CO₂-frie elproduktion fortrænger produktion på kondenskraftværker.

Overordnet set har den tekniske udfordring bestået i at udvikle miljømæssigt acceptable fyrings- og forgasningsanlæg til samtidig produktion af varme og el med udnyttelse af halm, skovflis og affald, herunder mindre anlæg, samt at udvikle anlæg til samfyring af biomasse med kul og gas. Endvidere har udfordringen bestået i at opnå størst mulig udnyttelse af brændslernes energiindhold og bedst udnyttelse af restprodukterne.

Anvendelsen af biomasse til varme- og el-produktion i dampbaserede anlæg er normalt forbundet med et ønske om at opnå den højst mulige el-virkningsgrad. Dette stiller specielle krav til materialer, da tryk og temperatur skal være så høje som muligt. En sådan udvikling peger helt naturligt i retning af store anlæg. I modsat retning trækker ønsket om at udnytte varmeproduktion på fjernvarmemarkeder i mindre byer, hvilket forudsætter udvikling af teknologier til decentral produktion.

Anvendelse af biomasse til kraftvarmeformål giver betydelige teknologiske udfordringer. På grund af brændslets inhomogene og varierende natur stilles der betydelig krav til håndterings- og indfødningsystemer. Biobrændsler har endvidere til forskel fra fossile brændsler et stort indhold af alkali-er og klor, hvilket ofte resulterer i uønsket belægningsdannelse og korrosion som følge af høj temperatur og tryk.

Ud fra en forbrændings- og forgasningsmæssig synsvinkel kan biomassen opdeles i to hovedtyper: de træagtige biobrændsler og de græsagtige biobrændsler (som f.eks. halm). De græsagtige brændsler indeholder større mængder af de kemiske komponenter, som forårsager korrosion og belægningsdannelse, og de er mere besværlige at håndtere. Det er således ikke tilfældigt, at udnyttelsen af træ til kraftvarme er nået længst inden for biomasseområdet, samt at det er de relativt store anlæg, der karakteriserer de kommercielle anlæg.

En tredje udfordring er genanvendelse af restprodukter fra anvendelse af biobrændsler til energiformål. Restprodukterne bliver problematiske at anvende/udnytte, da de typisk har for stort indhold af tungmetaller. Udnyttelsen kræver oparbejdning eller udspredelse over et u hensigtsmæssigt stort areal.

Halm betragtes som et af de vanskeligste biomasseprodukter at anvende. Dansk forskning og udvikling har de seneste år været koncentreret om udvikling af teknologier til halmfyring. En teknologisk succes inden for dette område vil derfor give mulighed for anvendelse af mange udenlandske restprodukter af den græsagtige type.

4 Fremtidige muligheder for udbygning med biomasse kraftvarme

4.1 Rammer for udbygning med biomasse kraftvarme

Rammebetingelserne for anvendelse af biomasse til forbrænding og forgasning i kraftvarmesammenhæng er både i Danmark og i udlandet under hastig udvikling og afspejler i stigende omfang såvel nationale som internationale politiske prioriteringer.

4.1.1 EU's VE-direktiv

I september 2001 vedtog EU et direktiv om fremme af elproduktion baseret på vedvarende energikilder. Direktivet indeholder ikke direkte støtteordninger til vedvarende energi, men indeholder en række krav om afrapportering af VE-andele, gennemsigtighed for forbrugerne og gennemgang af nationale administrative procedurer, som hindrer udbygningen af VE.

Det mest konkrete krav er, at der pr. 27. oktober 2003 skal kunne udstedes oprindelsesgarantier for VE-el til de markedsaktører, som måtte ønske det. Garantierne skal gøre det muligt for producenterne at dokumentere, at den elektricitet, de sælger, stammer fra VE-anlæg. Inden samme dato skal medlemsstaterne vurdere deres nationale love og administrative procedure med henblik på at fjerne hindringer for øget VE-produktion, forenkle regler og procedurer og sikre, at reglerne er objektive. Endvidere skal rapporten indeholde en stillingtagen til, hvilke foranstaltninger der skal træffes for at lette adgangen til forsyningsnettet for elektricitet fra vedvarende energikilder.

Ifølge direktivet skal medlemsstaterne endvidere hvert femte år vedtage rapporter med vejledende nationale mål for det fremtidige forbrug af elektricitet fra vedvarende energikilder. Rapporterne skal også redegøre for, hvilke foranstaltninger der er gjort eller vil blive gjort for at nå disse vejledende

mål. Hvert andet år skal medlemsstaterne redegøre for i hvilken grad, det er lykkedes at opfylde de vejledende nationale mål.

Senest oktober 2005 skal kommissionen vurdere de forskellige nationale støtteordninger til fremme af VE. Hvis det er nødvendigt, skal vurderingen følges af forslag til fællesskabsrammer for ordninger til støtte af VE.

4.1.2 Direktivforslag om fremme af kraftvarme

Med baggrund i EU klimaændringsprogram m.m. kom der i 2002 et forslag til direktiv om fremme af kraftvarmeproduktion på grundlag af efterspørgslen efter nyttevarme (kom/2002/0415). Direktivforslaget vil også omfatte kraftvarme baseret på VE og lægger sig indholdsmæssigt meget op af VE-direktivet.

Direktivforslaget opererer dels med vigtigheden af harmoniserede definitioner af kraftvarme – og af højeffektiv kraftvarme. Derudover er de væsentligste elementer i forslaget, ligesom for VE-direktivet, forslag om oprindelsesgarantier for kraftvarmeproduktion, overvejelser om opstilling af vejledende nationale mål, herunder nationale analyser af potentialer og fjernelse af administrative barrierer og sikring af adgang til forsyningsnettet. Direktivforslaget opererer også med et krav om gradvis aftagende støtte til kraftvarme efterhånden som miljøomkostninger internaliseres i elmarkedsprisen.

4.1.3 Direktivforslag om handel med CO₂-kvoter

Den 9. december 2002 blev der opnået politisk enighed om forslaget til et direktiv om handel med CO₂-kvoter. Ifølge direktivforslaget vil el- og varmeproduktionsanlæg med en indfyret effekt over 20 MW, ligesom en række andre sektorer, fra 2005 skulle have tildelt CO₂-kvoter eller købe disse på et EU-marked for at kunne udlede CO₂.

Det forventes, at prisen på CO₂-kvoterne vil blive indregnet i elmarkedsprisen, og på denne måde vil elektricitet fra VE-anlæg få en relativ konkurrencefordel, idet de ikke udleder CO₂ og dermed ikke har udgiften til køb af kvoter.

4.1.4 Kyoto-protokollen

Ikrafttræden af Kyoto-protokollen vil betyde, at der lægges begrænsninger på alle i-landenes udledning af CO₂ i årene 2008-12. Protokollen indebærer endvidere, at der kan handles med CO₂-kvoter mellem landene, samt at der gives kredit for CO₂-reducerende projekter som gennemføres i andre i-lande (JI) eller i u-landene (CDM).

I december 2002 ratificerede Canada, Polen og New Zealand Kyoto-protokollen. Herefter er det af i-landene kun USA, Australien, Schweiz, Rusland, Monaco og Liechtenstein, som ikke har ratificeret. USA og Australien har meddelt, at de ikke agter at ratificere. For at Kyoto-protokollen kan træde i kraft, er det nødvendigt, at Rusland ratificerer. Det har de meddelt, at de vil, men godkendelsesproceduren internt i Rusland forventes at tage så lang tid, at ratifikationen ikke kan ske før september 2003.

Hvis protokollen træder i kraft, vil det betyde, at danske energiselskaber og andre CO₂-udledende virksomheder vil kunne få en fordel af at bygge VE-anlæg i andre lande – både i- og u-lande.

4.2 Fremtidige muligheder i Danmark

Opførelsen af nye kraftvarmeværker i de kommende 5 til 15 år vil nok hovedsagelig finde sted i forbindelse med udskiftning af udtjente anlæg, samt udskiftning af anlæg med utilstrækkelige miljøegenskaber.

For de centrale kraftværker gælder, at udbygningen på kort sigt må forventes at stagnere, når Biomasseaftalen er opfyldt. På længere sigt er der et potentiale for etablering af nye anlæg, efterhånden som de eksisterende kraftværksblokke udfases.

For etablering af decentrale anlæg er det samlede potentiale¹ opgjort til 320 MW installeret effekt (14). Som følge af den reviderede biomasseaftale er dette potentiale nu udvidet, idet der er skabt mulighed for at etablere anlæg i områder, der er/har været udlagt til naturgas. Det samlede potentiale for konvertering af naturgasfyrede anlæg er opgjort til ca. 200 værker med en samlet kapacitet på i alt 500 MW installeret effekt. De fleste af disse anlæg er imidlertid relativt nye, hvilket betyder, at det i en lang række tilfælde vil være adskillige år, inden der opstår behov for at foretage nye investeringer, hvis der ikke fra politisk side eller gennem ændrede markedsvilkår i øvrigt skabes grundlag herfor.

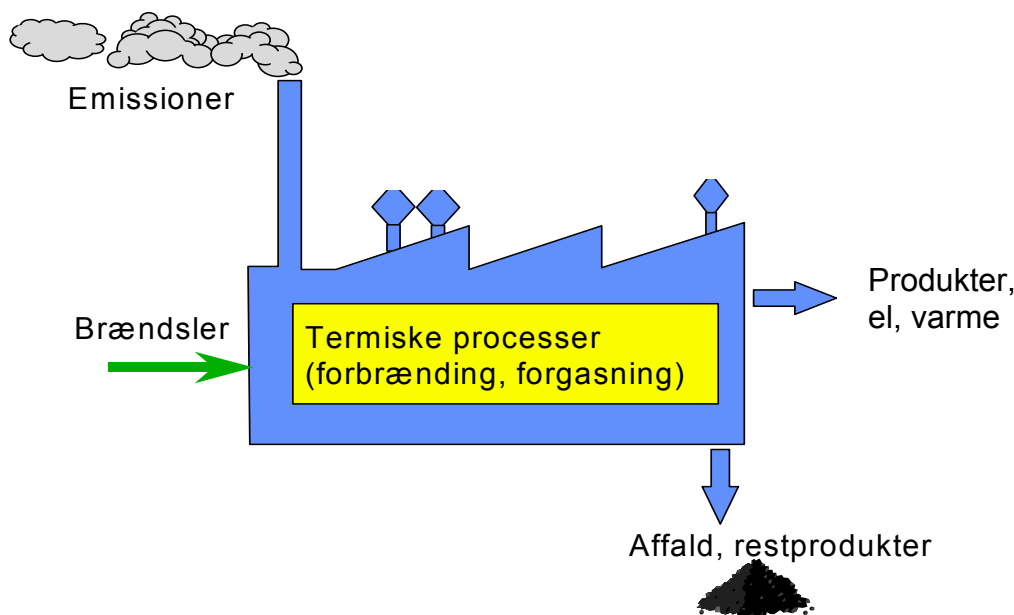
Den installerede kraftværkskapacitet i EU (12) er knap 600 GW. Såfremt biomasse på længere sigt skal udgøre en betydelig del af elproduktionen i EU, vil markedet for biomassefyrede kraftværker være stort. Med den nævnte kapacitet i EU på ca. 600 GW vil en målsætning om en biomasseandel på f.eks. 5% i år 2020, at der skal etableres ca. 2000 MW pr. år i den mellemliggende periode.

5 Fagområder

I dette afsnit gives en beskrivelse af den teknologiske udvikling inden for de enkelte fagområder omhandlende termisk omsætning af biomasse til kraftvarmeformål. Opdelingen omfatter følgende fagområder:

1. Biomasse (tilvejebringelse, håndtering, forbehandling, karakterisering)
2. Forgasningsanlæg
3. Forbrændingsanlæg
4. Andre teknologier
5. Restprodukter

¹ Omfattende eksisterende biomasseforsynede fjernvarmeværker, nye fjernvarmesystemer (barmarksprojekter), træindustrielle virksomheder, større landbrugsejendomme og større offentlige institutioner uden for kollektivt forsynede områder.



Figur 2. Opdelingen af projekter er sket ud fra en række af delelementerne i biomassens omsætning til el og varme. (Efter Søren Houmøller, dk-TEKNIK).

5.1 Biobrændsler

Området omfatter forbehandling, karakterisering og lagring af biomasse. Indfødnings af biomasse er typisk afhængig af den valgte teknologi og er derfor behandlet under de enkelte områder for termisk omsætning af biomasse.

Etablering af projekter om egentlige energiafgrøder og driftsforhold i skovbruget er kun i begrænset omfang omfattet af bevillinger fra EFP, UVE og PSO, hvorfor dette område ikke er behandlet fuldstændig. Der er etableret et særligt program for dette område i samarbejde med *Produktudviklingsordningen for landbrugs- og fiskeriprodukter* og *Produktudviklingsordningen for skovbruget og træindustrien*. Projekter under dette program er omfattet af analysen.

De fleste problemer ved at anvende biobrændsler stammer fra biomassens indhold af en række mineralske stoffer: Ca, K, Si, NH₄, Cl, P, Cd etc., som findes i små men stærkt varierende mængder. Disse stoffer betyder, at asken fra den termiske omsætning på den ene side udgør et gødningsmæssigt potentiale og på den anden side udgør en forureningsmæssig risiko.

Forskning og udvikling inden for karakterisering af biobrændsler omfatter grundlæggende egenskaber med henblik på at kunne gennemføre en efterfølgende vurdering af deres opførsel og omdannelse, når de anvendes i forbrændings- og forgasningsprocesser.

Det vil være optimalt, hvis en metode kan give de nødvendige karakteristika for et brændsel, til vurdering af håndteringsegenskaber (opbevaring, transport, indfødnings), af forbrændings- eller forgasningsprocessens forløb, og af de deraf fremkomne restprodukter. Dette vil dog næppe kunne praktiseres fuldt ud, da restprodukterne i langt højere grad er afhængige af anlægsudformning og drift end af brændslet. Endvidere er biomasse et inhomogent, biologisk materiale. Der må derfor, afhængig af hver enkelt forbrændings- og forgasningsproces, ske en prioritering af de valgte parametre.

Det er dog muligt at standardisere en række prøvningsmetoder for en række parametre af mere grundlæggende karakterer, f.eks. densitet, fugtindhold, brændværdi, indhold af alkalier og klorider, men andre parametre kan dukke op.

Mål	Uløste problemer	Indsats
- øge udbuddet af egnede biomasseressourcer	- etablering af internationalt anerkendte standarder, der kan danne grundlag for handel med biomasse: lagerstabilitet, håndterbarhed, forbehandling	- deltagelse i standardiseringsarbejde og etablere standardisering af brændslerne gennem CEN - udvikling af effektiv metode til langtidslagring og håndtering af biomasse - Forbehandling, f.eks. tilsætningsstoffer, pilletering
- at udvikle online-målemetoder til anvendelse ved afregning og processtyring	- etablering af parametre til karakterisering af forgasnings- og forbrændingsforløb, herunder parametre til karakterisering af belægningsdannelse og korrosion - bestemmelse af fugtindhold og urenheder	- afpasses i forhold til etablering af konkrete anlæg og udviklingen inden for tilgrænsende forskningsområder, omfattende såvel den mere grundlæggende analyse af biomassens bestanddele som den mere praksisnære anvendelse

Tabel 1. Mål, uløste problemer og indsats for fagområdet biobrændsler.

5.2 Forgasningsanlæg

Forgasning bygger på kemisk omsætning af biomassen ved temperaturer over ca. 700°C og ved tilsætning af forgasningsmiddel. Som forgasningsmiddel anvendes ofte atmosfærisk luft. Er produktgassen tilstrækkelig fri for urenheder (tjære, partikler etc.), kan den anvendes direkte i gasmotorer eller gasturbiner. Forgasningsprocessen giver mulighed for tilbageholdelse af korrosive stoffer i brændslet som klor og kalium. Forgasning efterfulgt af passende gasrensingsprocesser giver endvidere bedre mulighed for omsætning af urene brændsler til kraftvarmeproduktion.

Selve processen opdeles i pyrolyse og egentlig forgasning. Ved pyrolysen, der sætter i gang ved opvarmning over ca. 250°C frigøres blandt andet tjærestoffer. Ved selve forgasningen reagerer det resterende materiale (koksen) med forgasningsmidlet og danner CO, H₂ og CO₂.

Forgasningsanlæg kan designes forskelligt, og opdeles ofte i:

- Modstrømsanlæg
- Medstrømsanlæg
- Fluid-bed anlæg

Status

Nedenstående tabel giver en oversigt over forgasningsteknologier (primært i Danmark), som er blevet undersøgt under danske forskningsprogrammer gennem de senere år. De forskellige forgasningstyper uddybes nedenfor. I bilag A fremgår nærmere detaljer om teknologierne.

	Fixed bed	Fluid bed
Modstrøm	Harboøre Ansager Kommunekemi KN Consult	
Medstrøm	Høgild Peter Svendsen	
Trinopdelt	DTU Viking /Blære Hvirvelstrømsforgasser (DTU) TK Energi (TCC) TK Energi (open core) dk-TEKNIK/Biosynergi (open core)	LT-CFB LT -BIG Lahti

Tabel 2. Oversigt over demonstrations- og pilotforgasningsteknologier undersøgt i Danmark i de senere år.

Modstrømsanlæg

Ved modstrømsforgasning flyder forgasningsmidlet i modsat retning af brændslet. Herved opnås en relativt kold, men beskidd produktgas, idet pyrolysegassens indhold af tjære, PAH m.v. ikke forgas- ses. En fordel ved modstrømsanlæg i forhold til medstrømsanlæg er deres robusthed overfor brændslets kvalitet og fugtindhold (fugten drives ud inden selve forgasningszonen). Modstrømsan- læg er sammen med fluid-bed anlæg velegnet til håndtering af vanskelige brændsler, hvor den tjæreholdige gas efterfølgende kan afbrændes i en kedel.

I Danmark er der etableret demonstrations- og pilotanlæg i Harboøre, Ansager, hos Kommunekemi i Nyborg og hos KN Consult (halm). På anlægget i Harboøre er det konstateret, at anlægget hurtigt kan reguleres fra 10% til 100% last.

Medstrømsforgasning

Ved medstrømsanlæg flyder forgasningsmidlet i samme strømretning som brændslet og udtages efter glødelaget. Herved opnås en relativt varm og ren produktgas.

Den **traditionelle medstrømsforgasning** baseres på den teknologi der bl.a. anvendtes under anden verdenskrig. Processen er ofte vanskelig at styre effektivt, og der vil ofte stadig være behov for rensning af gassen for tjærestoffer. Sådanne anlæg stiller krav om et lavt fugtindhold i brændslet.

Der er etableret et demonstrationsanlæg i Høgild og et pilotanlæg hos Svendsen i Sønderjylland.

Trinopdelt forgasning er karakteriseret ved, at pyrolyse og forgasning opdeles i to separate zo- ner/reaktorer. Pyrolysegassen kan herefter føres gennem en delvis oxidation ved høj temperatur, hvor tjærestoffer dekomponeres, inden gassen ledes til forgasningsreaktoren. Forsøg med to- trinsanlæg med tjærekrakning har vist, at efterfølgende tjærerensning helt kan undgås.

På DTU, hos TK Energi og BioSynergi er der gennem mange år arbejdet med medstrømsforgasning i flere trin. I den kommende tid vil alle demonstrere teknologien ved langtidsafprøvning.

Fluid-bed anlæg

Fluid-bed forgasning baseres på, at reaktorerne er af fluid-bed typen, hvilket vil sige, at biomassen evt. sammen med et sand eller andet inaktivt materiale fluidiseres ved hjælp af en gennemstrøm- mende gas. Der skelnes mellem boblende og cirkulerende fluid-bedreaktorer. Flere forskellige forgasningsprocesser kan implementeres ved hjælp af denne teknik.

Anlægget i Lahti i Finland (Foster Wheeler) på 45 MW_{th} har været i drift siden 1998 på træbaserede brændsler og affaldsfraktioner. Der er for danske udviklingsmidler gennemført forsøg med halm som brændsel på et 3 MW_{th} forsøgsanlæg af samme type med henblik på demonstration i Danmark.

I **lavtemperatur cirkulerende fluid-bed forgasseren** (LT-CFB forgasseren) foregår pyrolysen i en separat cirkulerende fluid-bed reaktor. Koksforgasningen foregår i en separat boblende bed reaktor, som i øvrigt leverer varme til pyrolyseenheden. I LT-CFB processen er der på intet sted over 600-700°C, hvilket betyder, at kritiske komponenter (alkalier, klorider) for belægningsdannelse og korrosion kan frasepareres sammen med asken. Den producerede gas har imidlertid et højt tjæreindhold. Processen udvikles til forgasning af halm, men kan også tænkes anvendt ved behandling af affaldsfraktioner. Det er i pilotskala demonstreret, at processen er effektiv til at tilbageholde kalium og klor, samt har en acceptabel koksomsætning.

Tottrinsprocessen i Fluidbedversion, **LT-BIG** (Low Tar Biomass Integrated Gasification), er en lavtjære tottrinsforgasningsproces, der udvikles på basis af DTU's tottrinsforgasser- Ved anvendelse af boblende fluidbedteknik forventes tottrinsprocessen at kunne opskaleres. Der er opbygget et pilotanlæg, som testes på DTU.

Tryksat forgasning er afprøvet i stor skala i udlandet. En af fordelene herved er, at gassen kan anvendes direkte i en gasturbine. Mest kendt er anlægget i Värnamo i Sverige. Teknologien er kommercielt for træ, men ikke økonomisk med dagens priser.

Umiddelbare mål og indsatsområder

	Mål	Uløste problemer	Indsats
Modstrøms-anlæg	- Effektiv gasrensning	- Tjærefraktion kan ikke nyttiggøres til kraftvarmeproduktion	- Fortsat optimering af gasrensningsprocessen
Medstrøms-anlæg	- Stabil, ubemandet drift med ren gas	- Reduktion af tjære- og partikelindhold - Forgasning af halm	Erfaringsindsamling: - Langtidsdrift - Holdbarhed af komponenter - Styring og regulering - Brændselsfleksibilitet
Fluid bed	- Demonstrere forkobling af forgasning på kraftværkskedler - Udvikle anlæg, hvor gassen kan anvendes til motordrift	- Gasrensning (alkali) - Uforbrændt kulstof i asken - Ved motordrift: Effektiv gasrensning	- Opskalering (halm) - Demonstration (træ)

Table 3. Umiddelbare mål, uløste problemer og indsats for fagområdet forgasning.

5.3 Forbrændingsanlæg

Anlæg af denne type har typisk en indfyret effekt på over 10-20 MW_{th}. Der anvendes brændsler af alle typer. Der findes tre anlægsvarianter, hvoraf de to første er dominerende:

- Ristefyrede anlæg, der enten fungerer alene eller i samkøring med andre, normalt større anlæg.
- Suspensionsfyrede anlæg (støvfyring).
- Fluid bed anlæg.

I alle tre anlægsvarianter kan biomasse være det eneste brændsel eller tilsatsbrændsel sammen med fossilt brændsel.

Udviklingen tager udgangspunkt i den højeffektive kulteknologiudvikling. Opgaven består i at implementere biomasse i teknologierne.

Elproduktion sker med konventionel damp turbine. Anlæg med en indfyret effekt mindre end 10 MW_{th} og en eleffekt på 2 til 3 MW_e vil normalt ikke være økonomisk attraktive.

En række lande med Finland og Sverige i spidsen udnytter træbaserede brændsler. For halms vedkommende har Danmark stort set været enerådende, men her er der ligeledes en international udvikling på vej, specielt i USA.

5.3.1 Ristefyrede anlæg

Ristefyring omhandler forbrænding i kedelanlæg, hvor der anvendes alle typer af biobrændsel, alene eller i kombination med andre brændsler, f.eks. gas eller kul. Anlæg findes inden for industrien, fjernvarmesektoren og kraftværkssektoren. Den indfyrede effekt ligger typisk over 20 MW_{th}.

Status

Dansk teknologi inden for anvendelse af kul, affald og biomasse på ristefyrede anlæg er blandt de førende i verden.

Ristefyrede anlæg forventes på kort og mellemlangt sigt at udgøre en væsentlig andel af den kapacitet, der inden for kraftværks- og fjernvarmesektoren skal anvende biobrændsel. Derfor vil selv mindre forbedringer i virkningsgrad også på eksisterende anlæg have væsentlig betydning for den samlede energiøkonomi ved anvendelse af biomasse.

Forbrænding af biomasse har vist sig at resultere i problemer omfattende belægningsdannelse, korrosion og emission. På emissionsområdet er det specielt fremtidige grænseværdier for NO_x-emissionen, der kan blive en begrænsning for teknologiens anvendelse.

I Danmark er følgende værker i drift: Assens, Avedøre 2's biokedel, Enstedts biokedel, Haslev, Herning (samfyring med gas), Hjordkær, Junckers, Masnedø, Måbjerg, Rudkøbing, Saksøbing, Slagelse. De specifikke tekniske data fremgår af bilag B.

Mål	Uløste problemer	Indsats
- Opnåelse af høje dampdata uden samtidige korrosions- og belægningsproblemer	- Reduktion af emissionen generelt (NO _x , CO, SO ₂ , HCl...)	- Forbedring af proceskendskab, bl.a. ved erfaringsopsamling, analyser og modellering - Driftoptimering
	- Minimering af korrosionsrisiko - Reduktion af belægningsdannelse	- Materialeudvikling under korrosive forhold - Brændselsmiks og additiver som mulig vej til reduktion af korrosions- og belægningsproblemer
- Anvendelse af restprodukterne	- At frigøre nyttige stoffer med f.eks. gødningsværdi - At undgå høj kulstofrest - At frasortere uønskede komponenter, f.eks. tungmetaller	- Udvikling af system for separation af asken eller lignende med henblik på nyttiggørelse af denne
- Reduktion af NO _x emissionen	- Deaktivering af katalysatorer - Reduktion af NO _x -dannelse	- Udvikling af egnet katalysator - Regenerering af katalysator - Optimeret forbrændingsregulering

Tabel 4. Mål, uløste problemer og indsats for ristefyring.

5.3.2 Suspensionsfyrede anlæg

Ved suspensionsfyring forstås indblæsning af formalet brændsel direkte i fyrrummet. Suspensionsfyring kan ske ved samtidig indfyring af mellem 0 og 100% biomasse (træ eller halm) sammen med fossilt brændsel. Biomassen har inden indfyringen været gennem en forbehandling, der f.eks. omfatter tørring, snitning og formaling. Eventuelt kan biomassen leveres til anlægget i form af biopiller.

Status

Der er inden for de seneste 10 år gennemført en række forsøg med udnyttelse af biomasse på centrale fossile fyrede anlæg, bl.a. Studstrupværket, Amagerværket, og Vestkraft. Senest er Studstrupværkets blok 4 gået i kommerciel drift, og det er planlagt, at Avedøre 2's hovedkedel skal anvende træpiller ved suspensionsfyring. Det overvejes, om Fynsværket ligeledes skal anvende biobrændsel ved suspensionsfyring. Specifikke tekniske data kan ses i bilag B.

Danske og udenlandske forsøg og kommercielle erfaringer viser, at udnyttelsen af træbaseret brændsel kan ske med op til 100 % af den indfyrede energi, eventuelt ved reduktion af max-lasten. For halms vedkommende demonstrerede de tidligere forsøg i Studstrupværket drift med halmprocenter op til 20 % af den indfyrede energi.

Mål	Uløste problemer	Indsats
- Fortsat at kunne udnytte biomasse i de mest avancerede fossile baserede anlæg	- Belægningsdannelse og deraf følgende korrosion, specielt på overhedere - Optimering af og tilpasning til de konkrete anlæg	- Yderligere forskning i korrosions- og belægningsmekanismer - Forbedret forbehandling og indfyrringsteknik - Forbedring af kedelteknologi - Undersøgelse af tilsætning af additiver til brændslet
- Fleksibel udnyttelse af forskellige typer biomasse	- Udvikling og optimering af forbehandling og indfyrring - Forgiftning af katalysatorer til NO _x -reduktion	- Design og eftervisning af low NO _x forbrænding - Demonstration af katalysatordrift hhv. regenerering
- Nyttiggørelse af asken ved samfyring	- Full udnyttelse af kulaskedelene til cementfremstilling - Tilbageføring af gødningsstoffer fra bioasken til jord- og skovbrug	- Udvikle nye normer - Udvikling og demonstration af separationsprocesser

Tabel 5. Mål, uløste problemer og indsats for suspensionsfyring.

5.3.3 Fluid bed anlæg

Over en længere periode blev der udviklet fluid bed teknologier med det daværende Aalborg Boiler A/S og Elsam som hovedaktører. Udviklingen kulminerede med opførelsen af Grenaa Kraftvarmeværk, der blev idriftsat i 1992. Kedlen er bygget som en cirkulerende fluid bed baseret på finsk teknologi og har en ydelse på 80 MW_{th}. Anlægget er udlagt til at udnytte et brændselsmiks på 0-50 % halm og resten kul.

Fluid bed teknologien var på idriftsættelsestidspunktet den teknologi, der tillod indfyrring af den højeste andel af halm. Erfaringerne fra Grenaa Kraftvarmeværk viste, at alkalibestanddelene i halmen medførte korrosions- og belægningsproblemer. Grenaa Kraftvarmeværk har siden demonstreret, at det er velegnet til at brænde et bredt spektrum af restprodukter.

Med Finland i spidsen er fluid bed anlæg udviklet, og der findes i dag en lang række referencer, hvor biomasse også indgår. Teknologien er bedst egnet til brændsler med lavt indhold af klor og alkali.

5.4 Andre teknologier

Dampmotoranlæg og Organic Rankine Cycle-anlæg (ORC) vurderes ikke økonomisk attraktive. Der har op gennem 1990'erne været arbejdet med udvikling af sådanne anlæg (1) i Danmark, men uden succes.

5.4.1 Stirlingmotor

Stirlingmotoren er baseret på en lukket kredsløbsproces, hvor en arbejdsgas (brint, helium eller luft) er spærret inde i en lukket enhed. Arbejdstemperaturen er typisk 700 °C. Energien tilføres ved afbrænding i et udvendigt brændkammer (ved forgasning eller direkte forbrænding), hvorfor renheden af gassen ikke er så afgørende som ved en gasmotor. Teknikker for stirlingmotorer har været kendt i

årtier til f.eks. elproduktion i ubåde, men er først inden for de seneste 10-15 år søgt anvendt til mere traditionel elproduktion.

Status

I dag er udviklingen så vidt fremskredet, at en 35 kW motor baseret på træflis er afprøvet med en el-virkningsgrad på 18% ubemandet i mere end 1.400 timer, og en 9 kW motor baseret på naturgas og biogas er afprøvet med en el-virkningsgrad på 24 % i ca. 800 timer.

Mål	Uløste problemer	Indsats
- Forbedret elvirkningsgrad og brændselsudnyttelse	- Styring af energitilførsel - Holdbarhed af materialer	- Optimering af energitilførsel - Langtidsafprøvning af stirlingmotoren

Tabel 6. Mål, uløste problemer og indsats for stirlingmotor.

5.5 Restprodukter

Asken fra forbrænding af biomasse har en gødningsværdi, der søges udnyttet ved at føre asken tilbage til jordbruget. Da asken under processen vil opkoncentrere en række tungmetaller, f. eks. cadmium, er det nogle gange nødvendigt at bringe asken tilbage i samme arealforhold, som den stammer fra, hvilket kan give praktiske og økonomiske problemer.

Asken fra forbrænding af husholdningsaffald har en anden sammensætning end træ- og halmaske og indeholder en række tungmetaller, der betyder, at restprodukterne i dag må deponeres på kontrolerede lossepladser. Anvendelse af affald ved samfyring med anden biomasse kan derfor resultere i en større mængde aske/slagge, der ikke kan nyttiggøres.

Status

Aske fra halm og træfyrede anlæg kan ved passende fortynding anvendes til jordbrugsformål, hvis traditionelle processer til termisk omsætning af biomasse anvendes. Dette naturligvis under forudsætning af korrekt drift af anlægget.

Da askens sammensætning er helt afhængig af forbrændings- og forgasningsteknologi samt driftsform, er det nødvendigt at fokusere på de konkrete anlæg og deres specifikke anvendelse af biomasse.

Mål	Uløste problemer	Indsats
- At undgå deponering af restprodukter - At opnå størst mulig indtægt fra restprodukterne	- Tilbageføring af gødningsstofferne til jordbruget - Nyttiggørelse af restprodukter fra blandingsfyring ved f.eks. cementproduktion	- Udnyttelse af gødningsstoffer i asken f.eks. ved procesoptimering eller ved oparbejdning af bioasken - Vurdering af betydningen af indholdet af tungmetaller (især cadmium) for bioaskens anvendelighed til jordbrugsformål - Udvikling af relevante målemetoder til karakterisering af faste restprodukter fra anvendelse af biobrændsel i termiske anlæg

Tabel 7. Mål, uløste problemer og indsats for fagområdet restprodukter.

6 Aktørernes udmeldinger

6.1 Producenter og anlægsejere

Kommentarerne nedenfor er overvejende baseret på udmeldinger vedrørende mindre anlæg og fra forgasningsområdet.

Ordningerne for tilskud til elproduktion fra VE-anlæg har gennem de seneste 10 år været genstand for flere ændringer. Dette har i henhold til udsagn fra producenterne og potentielle anlægsejere resulteret i usikkerhed om stabiliteten af afregningsprisen for kraftvarmebaseret el. Kraftvarmeanlæggets økonomi er for hovedpartens vedkommende nøje forbundet med el-afregningsprisen, idet varmeprisen ikke kan forventes øget ud over et vist niveau. Falder prisen på el, vil det således betyde, at varmekunderne kommer til at bære en uønsket risiko.

Alle teknologier, der i dag er under udvikling og ikke står lige over for markedsintroduktion, konfronteres derfor med en el-pris, der er så lav og usikker, at udbydere i spørgeskemaerne har givet udtryk for det synspunkt, at markedet i praksis ikke eksisterer.

For producenter og udviklere af anlæg kan de primære barrierer for, at biomasseanlæg kan udvikles til et væsentligt kommercielt forretningsområde, udtrykkes med følgende citat taget fra et spørgeskema udfyldt af en af anlægsudviklerne:

”Leverandørerne har manglende tiltro til markedet og rentabiliteten i en produktion af forgassere. Kunderne har manglende tiltro til, at der kommer en rentabel teknologi. Øvrigheden har ikke evnet at overbevise parterne om, at der bliver en fornuftig økonomi i at sælge og købe forgasningsanlæg under skiftende politiske betingelser. Løsning af denne onde cirkel kræver, at der skabes bedre mulighed for demonstration, samt at den økonomiske fremtid for de første anlæg sikres.”

Endelig synes der blandt producenterne at være en væsentlig frustration over dårlige muligheder for at opnå risikodækning og støtte til opførelse af demonstrationsanlæg, når de udviklede teknologier er modne hertil². Ved etablering af demonstrationsanlæg vil anlægsejeren ofte kræve væsentlige garantier for anlæggets funktion, hvilket indebærer en forholdsvis høj risiko for producenterne. Erfaringerne fra flere af de allerede etablerede demonstrationsanlæg synes at underbygge denne frygt hos leverandørerne, idet flere anlæg har været ramt af væsentlige problemer, med leverandørbøder til følge.

Blandt leverandører og udviklere af anlæg er der en oplevelse af, at de opnåede resultater igennem den seneste årrække ikke lader sig realisere i Danmark under de givne rammebetingelser. Samtidig betyder det relativt begrænsede antal anlæg, der etableres, at teknologierne til stadighed rammes af diverse ”børnesygdomme,” samt at der ikke opnås tilstrækkelige erfaringer med etablering og drift til at nedbringe omkostningerne.

6.2 Forskerne

Der udtrykkes ønske om at reducere detaljeringsgraden i ansøgningerne, ligesom flere mener, at nye idéer har for lang vej gennem systemet.

² Specielt fremhæves det som problematisk, at anlæg normalt betragtes som værende kommercielle, så snart der produceres el.

Forskerne deler producenternes frustration over, at det er så vanskeligt at finde ressourcer til etablering af prototypeanlæg.

6.3 Øvrige udmeldinger

Fra spørgeskemaundersøgelsen kan der herudover listes nedenstående stikord.

Markedet

- at leverandørerne har manglende tiltro til markedet og rentabiliteten i en produktion af forgassere,
- at anlæg bør sigte mod en afsætning både i Danmark og i udlandet, da der ellers ikke vil være tilstrækkeligt markedsgrundlag for en industriel udvikling.

Biobrændslet

- at omkostningerne skal reduceres,
- at der skal skabes grundlag for en international markedsdannelse.

Forgasningsanlæg

- at teknologien er på et stade, hvor næste skridt vil være afprøvning i nær fuld skala,
- at behovet for finansiering af afprøvning i fuld skala langt overskrider de midler, der er til rådighed, hvorfor få udviklingsspor bør udvælges med henblik på afprøvning under drifts-lignende forhold,
- at det vil være hensigtsmæssigt at tilpasse prototypeanlæggene således, at der kan ske en udnyttelse af fælles faciliteter.

Forbrændingsanlæg

- at der allerede i et vist omfang finder en struktureret udvikling sted, hvor samarbejdet sker sammen med målgruppen,
- at der er behov for yderligere videnopbygning på området - særlige biobrændsler.

Restprodukter

- at restprodukter skal gøres genanvendelige f.eks. til gødning eller til cementproduktion,
- at der bør etableres et demonstrationsanlæg for oparbejdning af restprodukter.

7 Fremadrettet indsats

De begrænsede midler og forskningsressourcer gør det nødvendigt at foretage en prioritering. I det følgende er redegjort for den prioritering, som fremkommer ved at sammenholde udsagn fra spørgeskemaundersøgelsen med forventninger om samfundets behov.

Hvis teknologierne skal videre frem imod praktisk anvendelse, er der behov for demonstration af teknologierne bag de små og mellemstore, fremtidige kraftvarmeanlæg. Derimod er der gennemført fuldskala demonstration af nogle af teknologierne for biomasseanvendelse på de decentrale og de store, centrale anlæg.

Der er behov for, at der sikres en stærk koordinering mellem aftagere (kraftværkerne og affaldsforbrændingsanlæg), investorer, vidensinstitutioner og producenter, da kun en koordinering vil give optimalt udbytte af de begrænsede ressourcer, der er til rådighed i de danske forsknings- og udviklingsprogrammer.

Den internationale efterspørgsel er rettet mod et bredt bånd af biobrændsler. Det vil være relevant at satse på teknologier, der også har et internationalt perspektiv. Den danske prioritering af halm som biobrændsel kan vise sig fordelagtig, da halm kan tages som eksponent for et ekstremt vanskeligt brændsel.

8 Referencer

- (1) EMU (1996): *Udnyttelse af biomasse i energisektoren. Kortlægning af behovet for forsknings- og udviklingsområder koncentreret om forbrænding og termisk forgasning*. Marts 1996
- (2) Energistyrelsen/Biomasseudvalget (1995): *Forslag til Bioenergi Udviklingsprogram*.
- (3) Energistyrelsen (1999): *Opfølgning på Energi 21 - Status for energiplanlægning*. Juni 1999
- (4) Energistyrelsen (2001): *Decentrale kraftvarmeanlæg – Status for 2001. Energistyrelsens opfølgningsprogram for decentral kraftvarme på faste biobrændsler*.
- (5) Energistyrelsen (2001): *Eksport inden for energisektoren*.
- (6) Energistyrelsen (2001): *Energistatistik 2000*.
- (7) EU (1998): *Hvidbog om vedvarende energi*.
- (8) EU (2000): Bilag til *Direktiv om Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)*, marts 2001.
- (9) EU (2001): *Direktiv 2001/77/EF af 27. september 2001 om fremme af elektricitet produceret fra vedvarende energikilder inden for det indre marked for elektricitet*.
- (10) Kwant, K.W. (2001): *Status of Gasification of countries participating in the IEA Bioenergy gasification activity April 2001*.
- (11) MEV (2000): *Strategiplan 2000-2004 for udvalget for miljøvenlig produktion af el og varme, MEV*. September 2000
- (12) Miljø- og Energiministeriet (1996): *Energi 21. Regeringens Energihandlingsplan 1996*.
- (13) Miljø- og Energiministeriet (2001): *Miljø- og energiministerens besvarelse af spørgsmål nr. 9 og 10 stillet af Folketingets Energipolitiske Udvalg (L 205 - bilag 11). (Kraftværksaftalen)*. http://www.folketinget.dk/samling/20001/udvtilag/epu/1205_bilag17.htm
- (14) Rambøll (2000): *Økonomisk Vurdering af vedvarende energikilder i et grønt el-marked*. Energistyrelsen - Januar 2000
- (15) Gylling, M. et.al. (2001): *Langsigtede biomasseressourcer til energiformål, - mængder, omkostninger og markedets betingelser*. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut, Rapport 125, 2001.
- (16) IEA (2001): *Electricity Information 2001*. OECD/IEA 2002.
- (17) Det Rådgivende Energiforskningsudvalg (2002): *Dansk energiforskning og -udvikling. Anbefalinger vedrørende anvendelse af offentlige midler til energiforskning og -udvikling*, REFU, juni 2002.
- (18) Videncenter for halm- og flisfyring (1999): *Træ til energiformål. Teknik – Miljø – Økonomi*.

Bilag A. Oversigt over demonstrations- og pilotforgasningsteknologier undersøgt i Danmark i de senere år.

Navn	År	Brændsel	Indfyret effekt	Type
Harboøre	1993	Træflis	6 MW	Demonstration
Ansager	2001	Træflis	200 kW	Demonstration
Kommunekemi	1998	Affald (imprægneret træ, garveriaffald mv.)	600 kW	Forsøg
KN Consult¹	1998	Halm	100 kW	Forsøg
Høgild	1994	Træflis	500 kW	Demonstration
Peter Svendsen	1999	Træpiller	50 kW	Forsøg
DTU Viking /Blære	1989-	Træflis (halm)	100 kW (DTU), 80 kW (Viking), Blære (400 kW)	Forsøg og demonstration
Hvirvelstrømsforgasser (DTU)	2000	Træflis	10 kW	Forsøg
TK Energi (TCC)	1999	Træflis	250 kW	Forsøg
TK Energi (open core)	1998	Træflis	200 kW	Forsøg
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ (Biosynergi)²	1998	Træflis	100 kW	Forsøg
LT-CFB	1998	Halm	50-75 kW	Forsøg
LT -BIG	2001	Træflis	50 kW	Forsøg
Lahti (Finland)	1998	Træbaserede brændsler og affaldsfraktioner	45 MW	Forsøg

Oversigt over demonstrations- og pilotforgasningsteknologier undersøgt i Danmark i de senere år.

¹ Energistyrelsen har givet en bevilling til etablering af et 500 kW forsøgsanlæg hos KN Consult.

² I forlængelse af forgasserforsøgene er virksomheden Biosynergi blevet etableret, og virksomheden har i 2002 påbegyndt etablering af et demonstrationsanlæg i tilknytning til Græsted Fjernvarmeværk.

Bilag B. Eksisterende og nye kraftvarmeanlæg baseret på biobrændsel i Danmark

Anlæg	Idriftsat	Teknologi	Tryk	Temperatur	Brændsel	El-effekt brutto	Varmeydelse	Virkningsgrad _{el}	Virkningsgrad _{total}
	<i>År</i>		<i>bar</i>	<i>grader C</i>	<i>Halm/Træ/Affald</i>	<i>MW</i>	<i>MJ/s</i>	<i>procent</i>	<i>procent</i>
Amager 2	1972/2003	Dampturbine	93	450	H	70	190	26,7	-
Ansager	2001	Forg./stirling	-	-	T	0,035	0,13	18,0	80,0
Assens	1999	Dampturbine	77	525	T	5,15	11,34	27,5	88,0
Avedøre 2 hovedkedel	2002	Dampturbine	300	585	T	535	510	50,0	94,0
Avedøre 2 biokedel	2001	Dampturbine	310	583	H	45,0	51,7	43,0	-
Ensted biokedel	1998	Dampturbine	216	535	H/T	39,70	88,0	41,7	-
Grenaa	1992	Dampturbine	92	505	H	19,60	60,0	22,3	-
Harboøre	1993	Forgasning	-	-	T	1,50	4,0	23,4	85,9
Haslev	1989	Dampturbine	67	435	H	5,40	13,0	25,4	86,4
Herning	1982/2002	Dampturbine	115	525	T	95	174	-	-
Hjordkær	1997	Dampturbine	28	380	T	0,60	3,01	14,6	88,0
Høgild	1994	Forgasning	-	-	T	0,13	0,35	21,7	80,0
Junckers-7	1987	Dampturbine	93	525	T	9,50	-	20,4	-
Junckers-8	1998	Dampturbine	93	525	T	16,4	-	29,2	-
Masnedø	1996	Dampturbine	92	522	H/T	10,10	23,0	28,1	91,9
Måbjerg	1993	Dampturbine	67	520	H/T	30,00	67,0	27,0	87,4
Rudkøbing	1990	Dampturbine	60	450	H	2,55	7,50	22,8	89,7
Sakskøbing	1999	Dampturbine	93	542	H	12,20	23,4	31,9	93,2
Slagelse	1990	Dampturbine	67	450	H/A	12,30	28,0	29,0	92,0
Studstrup 4	2002	Dampturbine	270	540	H	375	484	42,0	81,0
Østkraft	1995	Dampturbine	80	525	T	37	35	32	-

Eksisterende og nye danske kraftvarmeanlæg baseret på biomasse. Kilde: Direkte input fra Eltra og Elkraft System samt (4).