
Træ til energiformål er udarbejdet i 1999 for Energistyrelsen af Videncenter for Halm- og Flisfyring (www.videncenter.dk). Publikationen findes på adressen: www.ens.dk. Den trykte udgave kan fås ved henvendelse til EnergiOplysningen eller Videncenter for Halm- og Flisfyring på følgende adresser:

EnergiOplysningen Teknikerbyen 45 2830 Virum tlf. 70 21 80 10 fax 70 21 80 11 www.energioplysningen.dk	Teknologisk Institut Kongsvang Allé 29 8000 Århus C tlf. 89 43 85 56 fax 89 43 85 43 www.teknologisk.dk	dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ Gladsaxe Møllevej 15 2860 Søborg tlf. 39 55 59 99 fax 39 69 60 02 www.dk-TEKNIK.dk	Forskningscentret for Skov & Landskab Hørsholm Kongevej 11 2970 Hørsholm tlf. 45 76 32 00 fax 45 76 32 33 www.fsl.dk
---	--	--	---

Forfattere: Helle Serup (redaktør), Forskningscentret for Skov & Landskab
Hans Falster, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Christian Gamborg, Forskningscentret for Skov & Landskab
Per Gundersen, Forskningscentret for Skov & Landskab
Leif Hansen, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Niels Heding, Forskningscentret for Skov & Landskab
Henrik Houmann Jakobsen, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Pieter Kofman, Forskningscentret for Skov & Landskab
Lars Nikolaisen, Teknologisk Institut
Iben M. Thomsen, Forskningscentret for Skov & Landskab

Forside: Forside af Energiplan 21, Klaus Holsting og Torben Zenth's Tegnestue
Harboøre Varmeværk, Ansaldo Vølund A/S
Flislugger i arbejde, BioPress/Torben Skøtt
Gummiged på flisbjerg ved Måbjergværket, BioPress/Torben Skøtt

Layout: BioPress

Tryk: Trøjborg Bogtryk. Trykt på 100% genbrugspapir

ISBN: 87-90074-24-6

Træ til energiformål

Teknik - Miljø - Økonomi

2. udgave - 1999



Indholdsfortegnelse

Forord	5
1. Dansk energipolitik	6
2. Træ som energiressource	9
2.1 Forbrugets og ressourcernes størrelse	9
2.2 Skovrejsning og træ til energi	10
2.3 Energiskov	12
2.4 Fysisk karakterisering af træbrændsler	14
3. Produktion af træbrændsler	17
4. Køb og salg af træ til energi	21
5. Miljøforhold ved brændselsfrembringelse og -håndtering	25
5.1 Flishugst og bæredygtighed i skovbruget	25
5.2 Arbejdsmiljø ved flis- og pillehåndtering	27
6. Træfyringens teori	30
7. Mindre kedler	33
8. Fjernvarmeværker	37
9. Kraftvarme- og kraftværker	48
10. Forgasning og andre kraftvarmeteknikker	54
11. Litteraturliste	60
12. Yderligere oplysninger	63
13. Fabrikantliste - flishugning	64
14. Fabrikantliste - træfyring	65
15. Oversigt over flis- og træpillefyrede værker	67
16. Enheder, omregningsforhold og brændværdier	69
17. Oversigt over videnblade	70

Forord

Udledning af CO₂ og andre drivhusgasser er et af vor tids største miljøproblemer. På FN's klimatopmøde i Japan i 1997 blev det aftalt, at verdens samlede udledning af drivhusgasser skal reduceres med 5,2% inden år 2012. EU har påtaget sig den største reduktion på 8% i forhold til niveauet i 1990.

I dag dækkes kun 6% af EU's energiforbrug af vedvarende energi, men EU's Hvidbog for Vedvarende Energi, som udkom i december 1997, foreskriver en fordobling af andelen af vedvarende energi i år 2010.

Biomasse er den sektor, som skal udvikles mest og hurtigst. Den vil i år 2010 skulle bidrage med 74% af EU's samlede forbrug af vedvarende energi.

De danske erfaringer på biomasseområdet er allerede nu betragtelige. Vi er kommet langt med såvel den individuelle som den kollektive energiforsyning. Danmarks styrkepositioner ligger især inden for den kollektive forsyning og decentral kraftvarme på biomasse samt omkostningseffektiv fremskaffelse af brændslet.


Denne publikation viser, hvordan det i Danmark er lykkedes at udnytte vore træressourcer til miljøvenlig og CO₂-neutral energiproduktion. Den giver et indblik i den nyeste danske udvikling inden for anvendelse af træ til energiformål, både med hensyn til teknik, miljø og økonomi.

I øjeblikket er over 10% af Danmarks areal dækket med skov, og det er planen, at arealet skal fordobles i løbet af det næste århundrede. Skovens træer bliver brugt til tømmer og til forarbejdning i træindustrien. Samtidig er skoven leveringsdygtig i udtyndingstræ og andet træaffald, som alt sammen kan udnyttes til energiproduktion.

Det langsigtede perspektiv i regeringens plan for en bæredygtig energiudvikling i Danmark, Energi 21, er at udvikle et energisystem, hvor en stadigt stigende del af energiforbruget dækkes af vedvarende energi. Det forudsætter, at der sker en kontinuerlig og gradvis indpasning af vedvarende energi i takt med de teknologiske og økonomiske muligheder.

Udbygningen vil primært ske ved en øget anvendelse af bioenergi og vindkraft. Biomasse vil derfor i de kommende årtier bidrage betydeligt til Danmarks og EU's energiproduktion.

Samtidig er biomasse et område, der rummer store muligheder for den danske energiindustri - også på eksportmarkedet.



Svend Auken
Miljø- og energiminister

1. Dansk energipolitik

Dansk energipolitik er i stadig udvikling. Regeringens energihandlingsplan fra 1996, Energi 21, er den fjerde i rækken af planer, der alle har og har haft til formål at optimere den danske energisektor til de aktuelle nationale og internationale vilkår på energiområdet.

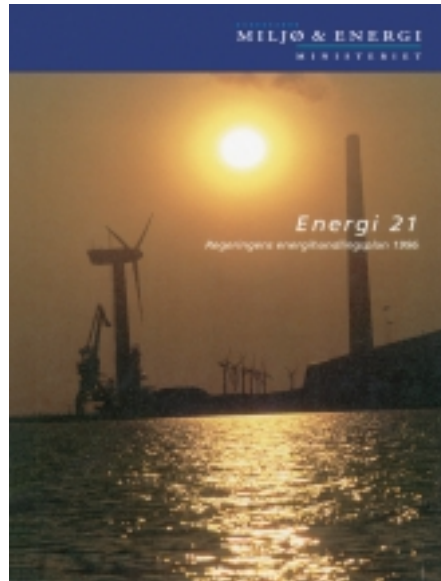
De fire energiplaner

Den første energiplan, Dansk Energi-politik 1976, havde til formål at sikre Danmark mod forsyningskriser som energikrisen i 1973/74.

Den anden plan, Energiplan 81, lagde øget vægt på samfundsøkonomiske og miljømæssige hensyn, ligesom arbejdet fortsatte med at mindske afhængigheden af brændselsimport. Op gennem 1980'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 brændstoffer (olie og kul) blev det muligt at gøre biomasse konkurrencedygtigt som brændsel (figur 1). De første flisfyrede kraftvarmeverker blev bygget, antallet af flisfyrede fjernvarmeverker og gårdanlæg voksede kraftigt, og forbruget af brænde i individuel beboelse steg voldsomt.

Den tredje energiplan i rækken er handlingsplanen Energi 2000 /ref. 1/ fra 1990. Denne plan er et ambitiøst forsøg på at øge anvendelsen af miljøvenlige brændsler. Samtidig introduceres målet om en bæredygtig udvikling af energisektoren. I Energi 2000 bliver 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 sparer udenlandsk valuta, at den skaber danske arbejdspladser, og at den udnytter affaldsprodukter fra landbrug, skovbrug, husholdning og industri.

Den ambitiøse målsætning i Energi 2000 er, at Danmark sammenlignet med år 1988 skal nå følgende mål i år 2005:



Energi 21 skal bidrage til en bæredygtig udvikling af det danske samfund. Energisektoren skal fortsat være en økonomisk, livskraftig og teknologisk effektiv sektor, som indgår i en dynamisk samfundsudvikling.

- Energiforbruget reduceres med 15%.
- Forbruget af naturgas øges med 170%.
- Forbruget af vedvarende energi øges med 100%.
- Forbruget af kul mindskes med 45%.
- Forbruget af olie mindskes med 40%.
- CO₂-emissionen reduceres med mindst 20%.
- SO₂-emissionen reduceres med 60%.
- NO_x-emissionen reduceres med 50%.

Målene 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 varmeforsyning, støtte til etablering af biobrændselskedler i landdistrikterne mv.

Den fjerde og sidste energiplan er Energi 21 /ref. 2/, der blev introduceret i 1996. Her lægges op til, at "husholdningen" med vores ressourcer skal have en central rolle. Vores

forbrug af udtømmelige, fossile energikilder, og udledningerne fra energiforbrug og energiproduktion skal reduceres yderligere. Et vigtigt holdpunkt i Energi 21 er således, at den eksisterende målsætning fra Energi 2000 om, at Danmark skal reducere sin CO₂-udledning med 20% i år 2005 i forhold til 1988-niveauet suppleres med en langsigtet målsætning. CO₂-udledningen skal halveres i år 2030 i forhold til 1998. Derudover vil man i de internationale klimaforhandlinger gå ind for, at de industrialiserede lande inden år 2030 skal halvere udledningen af CO₂ i forhold til 1990-niveauet. På FN's klimakonference i Kyoto i 1997 blev EU's reduktion fastsat til 8% i 2012 i forhold til 1990-niveauet.

Danmarks CO₂-målsætning skal opnås ved, dels at energiintensiteten forbedres med 50% frem til år 2030, dels at vedvarende energi vil bidrage med 35% af bruttoenergiforbruget i 2030.

Energi 21 forudsætter, at vedvarende energi dækker 12-14% af landets samlede energiforbrug i år 2005. Den klart vigtigste VE-kilde er og vil fortsat være biomasse. Biomasse bidrog med 61 PJ i 1996, hvilket skal stige til 85 PJ i 2005 og 145 PJ i 2030. Stigningen frem til 2005 vil primært ske ved de centrale elværkers øgede anvendelse af halm og flis (se afsnittet om Biomasseaftalen). En øget anvendelse af biogas og lossepladsgas medvirker ligeledes til, at målet på 85 PJ nås. I forbindelse med Energi 21 er Samsø blevet udpeget til vedvarende energi-ø, og øen skal dermed fungere som udstillingsvindue for dansk VE-teknologi.

Initiativerne på biomasseområdet retter sig dermed mod følgende delmål i Energi 21:

- Øget brug af halm og flis i de centrale elværker.
- Øget udbygning af decentral kraftvarmeproduktion på halm, flis, biogas og lossepladsgas.
- Størst mulig omstilling af blokvarmecentraler over 250 kW i landdi-

strikter fra fossilt brændsel til bio-brændsel.

- Adgang til etablering af biobrændselsanlæg og biogasproduktion fra fællesanlæg, industrianlæg og lossepladser mv. i områder, der tidligere var reserveret for naturgas.

Fordelingen af de enkelte vedvarende energikilder er vist i figur 2.

Påvirkning fra EU

I EU's Hvidbog for Vedvarende Energi fra 1997 /ref. 3/ fastsættes en stigning i EU's anvendelse af vedvarende energi fra 6% til 12% frem til 2010. Biomasse-sektoren forventes at blive den hurtigst voksende sektor indenfor VE-teknologierne. Landbrugets arealanvendelse er tæt forbundet med EU's landbrugspolitik. I EU's nyeste udspil vedrørende den fremtidige landbrugspolitik forventes braklægningsforpligtigheden ophævet, og der bliver én tilskudssats uanset afgrødevalg. Dette vil påvirke landmændenes dispositioner også m.h.t. at dyrke energiafgrøder på frivilligt braklagte arealer. Energi 21 nævner eksplicit, at målet om 45 PJ energiafgrøder i år 2030 kan opnås ved anden biomasseanvendelse, såfremt EU's landbrugspolitik og støtteordninger ændres til at fordre dette.

Varmeforsyningsloven

For at iværksætte aktiviteterne foreslået i Energi 2000 /ref. 1/ blev Varmeforsyningsloven af 13. juni 1990 vedtaget af Folketinget. Hermed fik Energiministeren vidtrækkende beføjelser til at regulere brændselsvalget i blokvarmecentraler, fjernvarmeværker og decentrale kraftvarmeværker. Dette blev gjort ved såkaldte "specifikke og generelle forudsætningskrivelser" /ref. 5/, der rundsendes til kommuner og anlægsejere i tre tidsmæssigt forskudte faser. De "specifikke forudsætningskrivelser" beskriver detaljeret omstillingen til miljøvenlige brændsler over for udvalgte kommuner og anlægsejere. Derudover blev der til alle landets kommuner udsendt "generelle forudsætningskrivelser", der beskriver muligheden for frivilligt at ændre brugen af

kul og olie til mere miljøvenligt brændsel.

Omstillingen blev straks igangsat. Fase 1 forløb i perioden 1990-1994 og omhandlede omstilling af en del kul- og naturgasfyrede fjernvarmeværker, der skulle omlægges til naturgasfyret, decentral kraftvarme. Fase 2 forløb i perioden 1994-1996 og omfattede resterende kul- og naturgasfyrede fjernvarmeværker, der omlægges til naturgasfyret decentral kraftvarme. Derudover skulle mindre fjernvarmeværker uden for de store fjernvarmenet omlægges til bio-brændsler. 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 bio-brændsler. Se også afsnittet om Biomasseaftalen om justering af faseforløbet.

CO₂-lovene

Varmeforsyningsloven blev fulgt op af tre love, der gav mulighed for at give tilskud til omstillingsprocessen til mere miljøvenlige brændsler. Hensigten var, at energiministeren derved kunne modvirke, at forbrugerne fik pålagt højere varmepriser pga. omstillingen.

De tre love er nr. 2, 3 og 4/1992 og har følgende titler:

- "Lov om statstilskud til fremme af decentral kraftvarme og udnyttelse af biobrændsler". Her er der mulig-

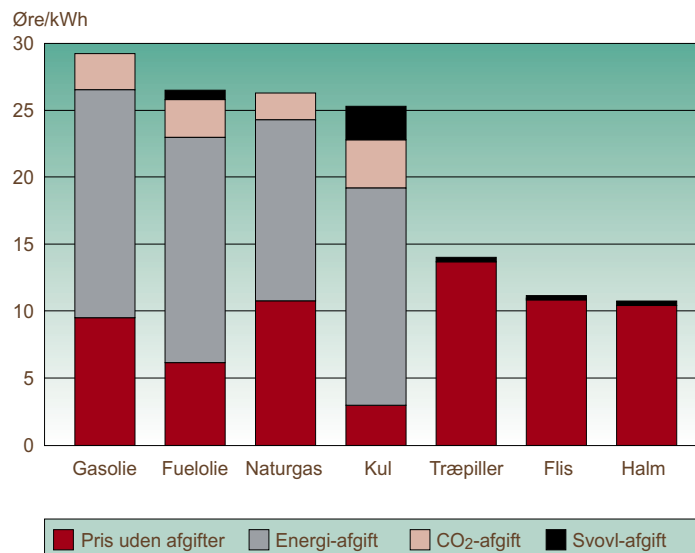
hed for op til 50% anlægstilskud. I praksis har tilskuddet været på 20-30% af anlægssummen.

- "Lov om tilskud til elproduktion". Der gives 10 øre/kWh til elproduktion på naturgas og 17 øre/kWh til elproduktion på halm og flis. Den 1. januar 1997 trådte en bekendtgørelse i kraft, der bl.a. kræver en 80% totalvirkningsgrad på biomasseanlægget for at kunne få hele tilskuddet. Derudover får vedvarende energi refunderet CO₂-afgiften på 10 øre/kWh. Private VE-producenter modtager således 27 øre/kWh i samlet støtte.
- "Lov om statstilskud til færdiggørelse af fjernvarmenet". Her blev givet op til 50% i anlægstilskud. Ordningen stoppede ved udgangen af 1997.

Den nuværende støtte på henholdsvis 10 øre/kWh og 17 øre/kWh vil i forbindelse med elreformen blive finansieret over forbrugerprisen i en overgangsperiode. På sigt vil elproduktionstilskud og 10-øren fra CO₂-afgiften blive erstattet af grønne VE-beviser med en mindstepris på 10 øre/kWh. Det grønne markedsorganisering og funktion vil blive afklaret i løbet af 1999.

UVE-ordningen

Et 3-årigt udviklingsprogram for perioden 1995-97 (BUP-95) /ref. 6/, har haft til formål at fremme den teknologiske udvikling af biomassebaserede anlæg. I programmet anbefales bl.a. følgende aktiviteter:



Figur 1: Brændselspriser primo 1999 til fjernvarmeproduktion incl. afgifter, men uden moms /ref. 4/.

- Udviklingen af kraftvarmeteknologi med halm og flis som brændsel. Teknologierne er damp, forgasning og stirlingmotor.
- Fjernvarmeanlæg bør fokusere på brændselsfleksibilitet og miljøvenlig brændselshåndtering.
- Til private boliger bør udvikles miljø- og brugervenlige kedelanlæg.
- Energiafgrøder bør undersøges med henblik på dyrkning, håndtering og anvendelse.

Energistyrelsens ordning med titlen "Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi" støtter projekter til fremme af biomasse i energiforsyningen og bruger bl.a. BUP-95 som baggrundsmateriale ved behandling af ansøgninger.

Værkspuljen

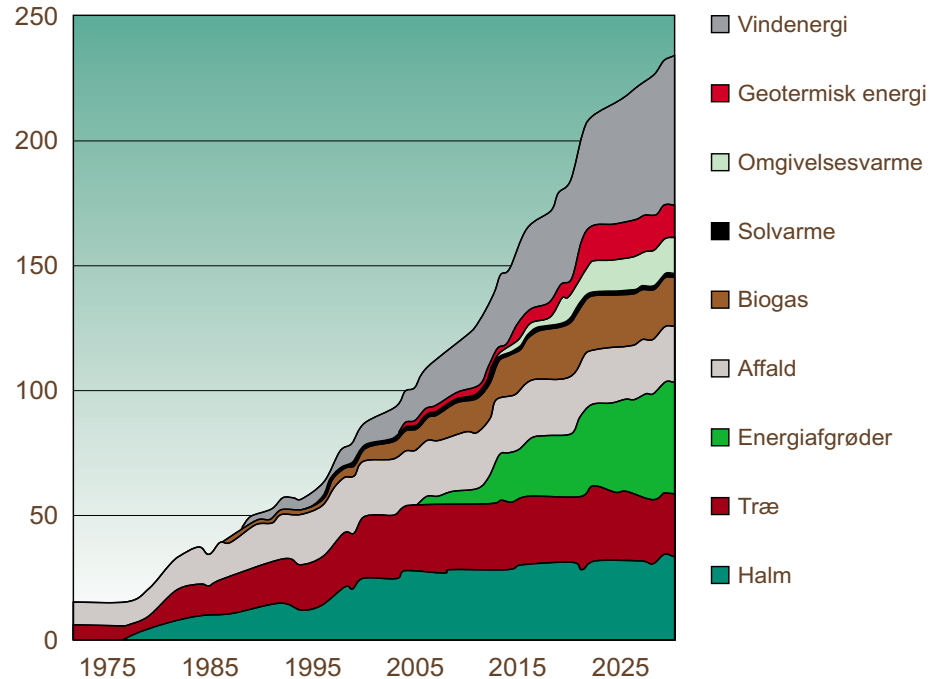
Der ydes statstilskud til fremme af decentral kraftvarme og udnyttelse af biobrændsler. Ordningen omfatter tilskud til omstilling af fjernvarmeverker til kraftvarmeverker på biobrændsler samt til at fremme anvendelse af biobrændsler i områder uden kollektiv forsyning. Ordningen indeholder 25 mio. kr til tilskud om året.

Biomasseaftalen

For at sikre at målene i Energi 2000 blev nået, indgik regeringen, Det konservative Folkeparti, Venstre og Socialistisk Folkeparti den 14. juni 1993 en aftale om øget brug af biomasse i energiforsyningen, med særligt henblik på anvendelse i de centrale elværker. Hovedpunkterne i aftalen er følgende:

- Der skal ske en gradvis forøgelse af elværkernes anvendelse af biomasse, så der senest i år 2000 anvendes 1,2 mio. tons halm og 0,2 mio. tons flis årligt svarende til 19,5 PJ.
- Elleve 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 ud-

PJ/år



Figur 2: Energi 21's forslag til anvendelse af vedvarende energikilder frem til 2030 /ref. 2/.

skyldelse 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.
- Seks 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.

Aftalen har bl.a. medført, at Sønderjyllands Højspændingsværk har opført et biomassebaseret kraftværk i Åbenrå med et forbrug på 120.000 tons halm og 30.000 tons flis om året. Sjællandske Kraftværker har opført et halm- og træflisfyret kraftvarmeverk på Masnedø med et årligt forbrug på 40.000 tons halm og 5-10.000 tons træflis og er ved at etablere værker i Maribo-Sakskøbing og i Avedøre ved København.

Den 1. juli 1997 har de politiske partier bag Biomasseaftalen udarbejdet en tillægsaftale, som skal forbedre mulighederne for at indpasse bio-

masse i energiforsyningen. Tillægsaftalen indebærer i hovedtræk, at:

- De centrale elværker stilles friere i valget mellem halm, træflis og pileflis, idet der skal omsættes 1,0 mio. tons halm, 0,2 mio. tons flis og resten valgfrit, dog således at den totale mængde er 19,5 PJ.
- Der tillades biomassebaseret kraftvarme i naturgasområder.
- Kommunerne skal prioritere kraftvarme på biogas, lossepladsgas og anden forgasset biomasse.
- Syv byer i fase 3 kan fortsætte den nuværende fjernvarmeforsyning, indtil omstilling til biomassebaseret kraftvarme er teknisk og økonomisk hensigtsmæssig.

Politisk enighed

Det er karakteristisk, at skiftende regeringer, folketingsflertal og energiministre siden midten af 1980'erne har fastholdt betydningen af en aktiv energipolitik med stigende vægt på den ressourcebaserede og miljøansvarlige linie. Danmark har en førerstilling inden for flere VE-områder, og Energi 21 vil fastholde denne førerstilling.