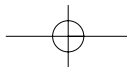
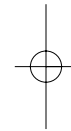
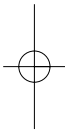
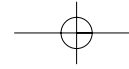
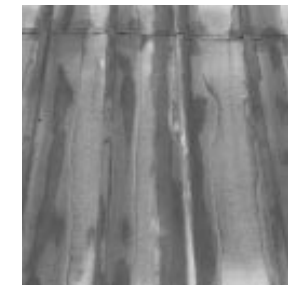
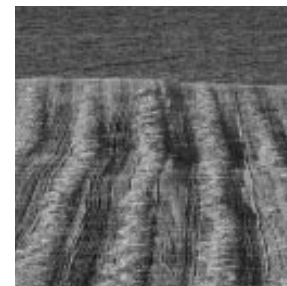
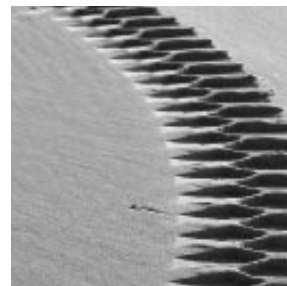
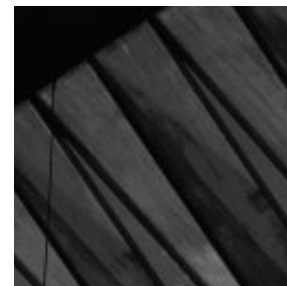
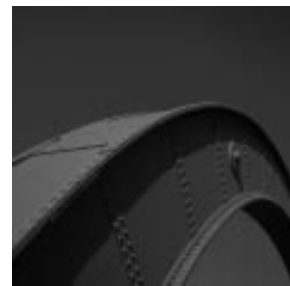


Danmarks Energifremtider

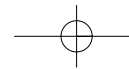


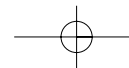


Danmarks Energifremtider



Energistyrelsen





Danmarks Energifremtider

Udgivet af
Miljø- og Energiministeriet
Energistyrelsen

Grafisk form og produktion: Freddy Pedersen

Foto: Gunnar Smoliansky, Ole Christiansen, Marianne Grøndahl,
Bruno Ehrs, Jo Selsing, Heine Pedersen, Miklos Szabo, Kirsten Klein,
Gregers Nielsen, Tina Enghoff, Billedhuset

Henvendelse angående rapporten:

Miljø- og Energiministeriet
Energistyrelsen
Landemærket 11
33 92 67 00

Danmarks Energifremtider kan købes ved henvendelse til
Miljøbutikken
Læderstræde 1
1201 København K
33 92 76 92

ISBN: 87-7844-027-0

Rapporten kan citeres med kildeangivelse

December 1995

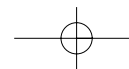
I forbindelse med *Danmarks Energifremtider* er der desuden udgivet følgende baggrundsrapporter og publikationer:

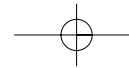
Teknologidata for el- og varmeproduktionsanlæg
Teknologikatalog - energibesparelser i den offentlige sektor
Teknologikatalog - energibesparelser i boligsektoren
Teknologikatalog - energibesparelser i erhvervslivet
Teknologidata for VE-anlæg - del 1
Teknologidata for VE-anlæg - del 2: biomasseteknologier
Energiforbrug, livsstil og adfærd
Beregningsforudsætninger for Danmarks Energifremtider
Fremtidige forsyningsmuligheder med olie og naturgas
Danmarks vedvarende energiressourcer
Energiforskning - status og perspektiver
Den internationale udvikling på energiområdet
Klimaproblemer og drivhuseffekten
Eksport af danske energiprodukter og -ydelser
Energy Use in Denmark and other OECD Countries

Desuden er *Danmarks Energifremtider* udgivet på engelsk, og der er udarbejdet en dansk- og engelsksproget pjece.

EnergiNyt nr. 1/96 er et temanummer om *Danmarks Energifremtider*

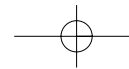
Rapporterne og publikationerne kan rekvireres ved henvendelse til
Energistyrelsen, Informationen, 33 92 67 00
Miljøbutikken, Læderstræde 1, 1201 København K. 33 92 76 92





Indholdsfortegnelse

- Forord · 9
- 1. **Sammenfatning** · 13
 - 1.1 Introduktion · 14
 - 1.2 Udfordringer for energisektoren · 14
 - 1.3 Energiforbrug · 17
 - 1.4 Energiressourcer · 20
 - 1.5 Energiforsyning og produktion · 22
 - 1.6 Udviklingsforløb · 23
 - 1.7 Elementer til en strategi · 28
- 2. **Energiens udfordringer** · 35
 - 2.1 Sammenfatning · 36
 - 2.2 Dansk energipolitik · 36
 - 2.3 De internationale udfordringer · 40
 - 2.4 Miljømæssige udfordringer · 44
 - 2.5 Forsyningsikkerhed · 49
 - 2.6 Markedsstruktur og organisation · 52
 - 2.7 Økonomi og beskæftigelse · 59
- 3. **Energiforbrug og besparelser** · 65
 - 3.1 Sammenfatning · 66
 - 3.2 Boligsektoren · 69
 - 3.3 Energiforbrug i det offentlige · 76
 - 3.4 Erhvervsområdet · 78
 - 3.5 Barrierer og virkemidler · 81
- 4. **Transportsektorens energiforbrug** · 89
 - 4.1 Sammenfatning · 91
 - 4.2 Transportsektorens miljømålsætninger og den hidtidige opfølgning · 92
 - 4.3 Transportsektorens energiforbrug · 94
 - 4.4 Mulige CO₂-besparelser i transportsektoren · 97
 - 4.5 Mulige udviklingsforløb i transportsektoren · 109
 - 4.6 Initiativmuligheder i transportsektoren · 110
- 5. **Energiressourcer** · 119
 - 5.1 Sammenfatning · 120
 - 5.2 Produktion og forbrug i dag · 122
 - 5.3 Olie · 124
 - 5.4 Naturgas · 126
 - 5.5 Vedvarende energi · 131
- 6. **Energiforsyning og produktion** · 141
 - 6.1 Sammenfatning · 142
 - 6.2 Elforsyning · 144
 - 6.3 Fjernvarmeforsyning · 147
 - 6.4 Individuel varmforsyning · 151
 - 6.5 Naturgasforsyning · 152
 - 6.6 Tekniske muligheder for miljøforbedring ved energiproduktion · 153
- 7. **Udviklingsforløb** · 165
 - 7.1 Sammenfatning · 166
 - 7.2 Fremskrivning af energiforbruget · 167
 - 7.3 Det passive forløb · 170
 - 7.4 Max indsats forløbet · 175
 - 7.5 Sammenligning af udviklingsforløb · 180
- 8. **Elementer til en strategi** · 187
 - 8.1 Langsigtede miljø- og ressource mål · 188
 - 8.2 Overvejelser om formulering af en ny langsigtet målsætning · 190
 - 8.3 Krav til fremtidens energisystem · 192
 - 8.4 Nye arbejdsformer · 195
 - 8.5 Transportsektoren · 197
 - 8.6 Erhvervsfremme · 198
 - 8.7 Dansk energipolitik på kort og lagt sigt · 199
- **Bilag** · 201
- Ordliste** · 214



Forord

Energi er uundværlig for, at et moderne samfund kan fungere, og dansk energipolitik står i de næste 30 - 40 år over for store udfordringer, der kan sammenfattes i nøgleordene ressourcer, miljø og marked. Det er udfordringer, der ikke kun er aktuelle i Danmark, men fælles for alle verdens lande.

OECD's energiagentur (IEA) peger i sine seneste vurderinger på, at det globale energiforbrug de næste 15 år vil stige med 35-45%, medmindre landene tager langt skrappe modforholdsregler i anvendelse. Væksten i energiforbruget vil altovervejende være baseret på kul, olie og naturgas. Resultatet vil være en voldsom stigning i de globale CO₂-udslip.

Samtidig fastslog de internationale eksperter i FN's klimapanel her i december måned, at al tilgængelig viden sammenfattende peger på, at udledningen af drivhusgasser påvirker klimaet med global opvarmning, alvorlige klimaændringer og havstigning til følge.

Perspektiverne er dystre og kræver handlekraft. Både internationalt og nationalt.

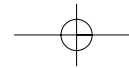
Danmark er blandt de største CO₂-syndere målt pr. indbygger, derfor har vi en særlig forpligtelse til at gå foran. Danmark skal være et eksempel til efterfølgelse i det internationale miljø- og energisamarbejde. Ord og holdninger er ikke nok. Der skal handling bag.

Vi kan præge den internationale udvikling på energiområdet ved at satse kraftigere på energibesparelser, effektivisering og øget anvendelse af vedvarende energi. Det giver åbenlyse gevinster for miljøet. Og det ruster Danmark til en fremtid, hvor energiresourcer er mere knappe end i dag.

Danmarks Energifremtider er en analyserapport og et debatoplæg. Med de store udfordringer vi står overfor, har vi brug for en åben og bred debat om, hvordan vores energifremtid skal tegne sig. Rapporten indeholder en samlet ajourført fremstilling af de vigtigste forhold, der indvirker på den danske energisektor, samt en analyse af de tekniske muligheder for at nedsætte energiforbruget og for at indpasse vedvarende energi i det danske energisystem i stor målestok.

Danmarks Energifremtider viser to tænkte udviklingsforløb. Det er vigtigt at slå fast, at de to forløb ikke er prognoser for fremtiden, men at de er beregningseksempler, der især skal belyse de langsigtede udviklingsmuligheder frem til år 2030 under givne forudsætninger som f.eks. høj økonomisk vækst. *Laden-stå-til-forløbet* forudsætter, at der ikke gennemføres nye initiativer udover dem, der allerede er iværksat. I *maximal-forløbet* sættes der massivt ind med besparelser, og desuden introduceres vedvarende energi i stor skala i energisystemet.

Lægger man disse to tænkte udviklingsforløb til grund, kan man illustrere det handlingsrum, der tegner sig, således: Med *maximal-forløbet* kan CO₂-udledningen i 2005



reduceres med 37% i forhold til 1988. *Laden-stå-til-forløbet* vil medføre, at CO₂-udledningen kun falder med 6%. Den passive vej er ikke acceptabel - den anden ikke særlig realistisk. Danmarks faktiske energifremtid ligger et sted mellem de to tænkte udviklingsforløb.

Udviklingen i Danmark i de seneste tiår viser, at det er muligt at kombinere økonomisk vækst med en fastfrysning af energiforbruget: Danmarks energiforbrug er i dag stabiliseret på 1973-niveauet, selv om der i samme periode har været en økonomisk vækst på omkring 50%. Samtidig stiger eksporten af energiudstyr nærmest eksplosivt, særligt inden for vedvarende energi og energieffektivisering. De seneste opgørelser viser således en stigning i den danske energiekseport på mindst 60% de sidste par år. I 1994 udgjorde eksporten over 6 mia. kr. Og væksten ventes at fortsætte. Næsten hver anden vindmølle på verdensmarkedet er danskproduceret.

Danmarks Energifremtider sætter i øvrigt tre hovedtemaer til debat.

Forbruget af jordens naturressourcer er i dag meget ulige fordelt. Den fjerdedel af jordens befolkning, der bor i de industrialiserede lande, bruger omkring tre fjerdedele af ressourcerne. Det gælder også energiressourcerne.

I den integrerede verdensøkonomi er udviklingen af den industrielle teknologi global, og det er et mål for mange udviklingslande at opnå samme standard som i de vestlige lande. Det må derfor forventes, at den industrielle udvikling og forbrugsudviklingen i de nuværende udviklingslande i høj grad vil følge samme spor som i Vesten med hensyn til produktion og forbrug. Men de vil i stort omfang anvende en forældet og mindre avanceret teknologi end den, der anvendes i i-landene. Resultatet er større resourceforbrug og mere forurening.

I denne udvikling spiller energien en helt central rolle. De globale energiressourcer, navnlig de fossile, vil komme under pres. Selv om der i dag er adgang til rigelige og stabile leverancer af brændsler, er der ikke på lang sigt uanede ressourcer til rådighed. De kendte globale reserver af olie- og naturgas vurderes i dag til henholdsvis 45 og 65 års forbrug på det nuværende niveau. Presset på disse reserver vil stige i takt med den forventede vækst i verdensøkonomien og den globale befolkningstilvækst.

Et væsentligt globalt miljøproblem, som energisektoren har stor del i, er den øgede drivhusvirkning. Oversat til praktisk politik betyder konklusionerne på den seneste rapport fra FN's videnskabelige klimapanel, at det nuværende niveau for det globale forbrug af fossile brændsler, ikke er miljømæssigt bæredygtigt. Brugen af miljøskadelige fossile brændsler må derfor nedbringes og erstattes med drivhusneutrale energiformer.

143 lande - heriblandt Danmark - har ratificeret FN's Klimakonvention, hvis overordnede formål er at stabilisere udledningen af drivhusgasser til et niveau, der kan forhindre en farlig menneskeskabt indvirkning på klimasystemet. Der er brug for både nationale og internationale initiativer, og Danmark har en vigtig rolle at spille.

Allerede i 1990 satte Danmark sig det mål at reducere det samlede danske CO₂-udslip med 20% i år 2005. Et bredt politisk flertal stod bag beslutningen. Mange andre lande har også formuleret nationale CO₂-målsætninger, men kun få har mere ambitiøse målsætninger end Danmark.

Verdens gang stopper som bekendt ikke i 2005, så det er nødvendigt, at vi sætter os nye, langsigtede mål. Da den grønne afgiftspakke for erhvervslivet blev vedtaget i juni i år, var vurderingen, at vi kan nå vores CO₂-målsætning i 2005. Det er også regeringens vurdering i dag, men det kræver, at vi gennemfører den indsats, som blev forudsat i *Energi 2000*, eller at vi finder alternativer, der er mindst lige så effektive.

Energimarkedet undergår væsentlige strukturelle reformer i mange lande verden over i disse år, især vedrørende elforsyning. Tendensen er, at der lægges større vægt på konkurrence mellem energisektorens selskaber bl.a. for at forøge deres effektivitet. Disse strukturelle ændringer finder også sted i Norge og Sverige, som vi på kommerciel basis udveksler elektricitet med. Reformerne indebærer nye vilkår for handel med energi over grænserne.

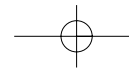
I Danmark må vi derfor indstille os på, at vi skal ændre vores hidtidige indretning af energiområdet for at møde disse nye krav. Selv om strukturen ændrer sig, er det vigtigt at understrege, at de danske energiselskaber fortsat må yde deres bidrag til, at Danmark kan leve op til sine internationale forpligtelser med hensyn til reduktion af udslip af drivhusgasser og andre skadelige emissioner til atmosfæren.

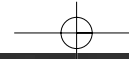
Der er i dag et klart behov for at få skabt en ny helhedspræget energipolitisk handlingsplan, der kan være med til at bære Danmark langt ind i det næste årtusind. Fremtidens danske energipolitik skal kendetegnes ved, at den er langsigtet, men samtidig så dynamisk og fleksibel, at det løbende er muligt at foretage de nødvendige justeringer og iværksætte nye initiativer.

Det er hensigten med *Danmarks Energifremtider*, at den skal indgå i grundlaget for en bred offentlig debat om en fremtidig dansk energipolitik. Det sker i forlængelse af Miljø- og Energiministeriets *Natur- og Miljøpolitisk redegørelse 1995*, der blev udsendt i august. I grundlaget vil desuden indgå en række baggrundsrapporter, som Energistyrelsen har udsendt i tilknytning til rapporten, samt Miljø- og Energiministeriets redegørelse *Vedvarende Energi - Nye Initiativer* fra november 1995.

Med *Danmarks Energifremtider* er grundlaget for de kommende måneders vigtige energipolitiske debat lagt frem. Jeg håber, at de politiske partier, energisektorens parter, organisationer og andre interesserede grupper og enkeltpersoner vil deltage aktivt i debatten. Det er herefter regeringens hensigt som forudsat i *Energi 2000* at fremlægge en ny energihandlingsplan i foråret 1996.

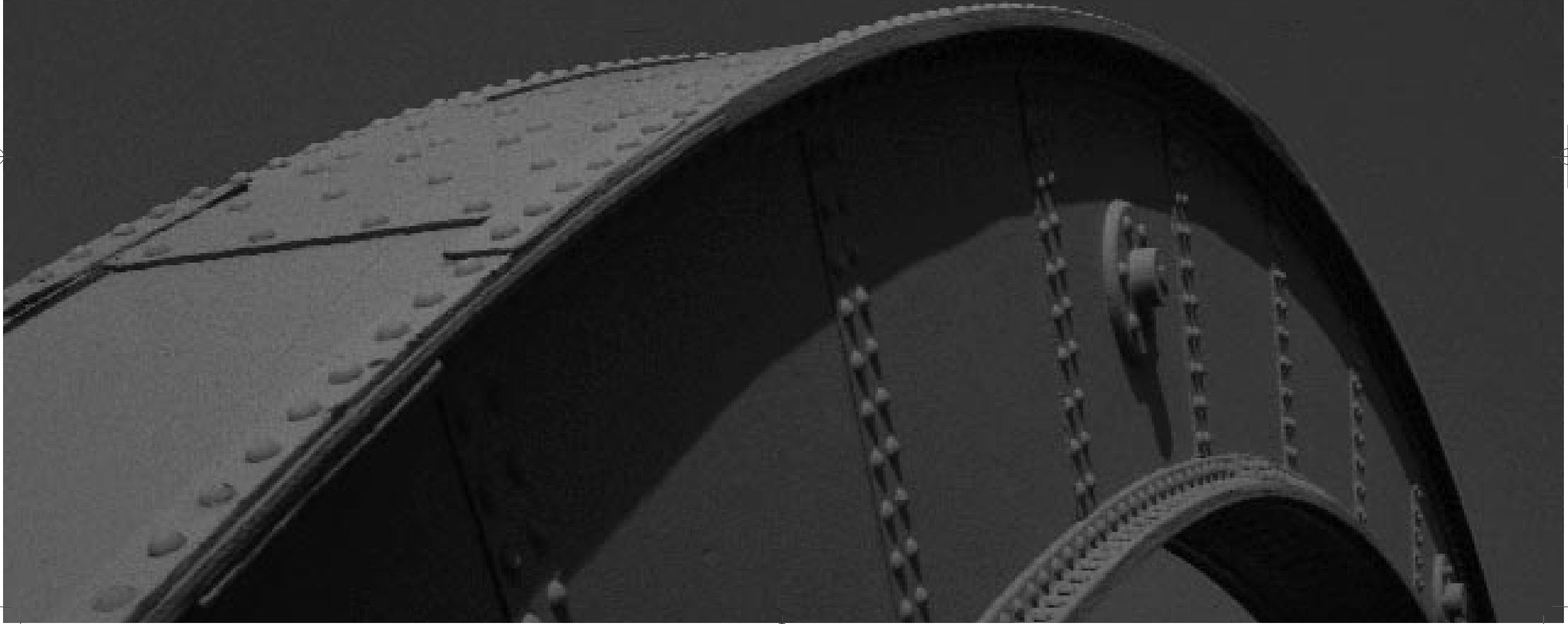
Svend Auken
Miljø- og energiminister

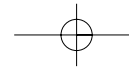




1.

Sammenfatning





1.1 Introduktion

Danmarks Energifremtider er en del af grundlaget for den debat, der går forud for udarbejdelsen af en ny energihandlingsplan. Oplægget skitserer nogle langsigtede perspektiver for udviklingen på energiområdet i de næste 35 år, samt åbner for en diskussion af, hvorledes de miljø- og energipolitiske rammer kan kombineres med økonomiske, erhvervs- og markedsmæssige hensyn.

Formålet med oplægget er

- at beskrive de fremtidige udfordringer for energisektoren med vægt på miljø- og markedforhold,
- at belyse mulighederne for energibesparelser samt for udnyttelse af energiresourcerne og forsyningssystemerne,
- at vise to udviklingsforløb, som skitserer nogle yderpunkter: - for det første et forløb benævnt *max indsats forløbet*, hvor der ydes en maksimal indsats for øget energieffektivitet og anvendelse af vedvarende energi, og for det andet et "laden stå til"- forløb, kaldet *det passive forløb*, hvor der ikke tages nye initiativer på området, og hvor ændringer kun sker ved at udnytte fremskridt i den tilgængelige teknologi,
- at rejse en række spørgsmål om, hvordan vi indretter os i fremtiden.

Ved at fokusere på det lange sigt og på miljø- og ressourceproblemstillingen får

oplægget en vægtning, hvor det korte sigt og de væsentlige problemstillinger om forsyningsforhold og økonomi er mindre fremtrædende. Den kommende energihandlingsplan vil naturligvis rumme både kort- og langsigtede overvejelser.

Danmarks Energifremtider omfatter ud over de traditionelle energiforbrugssektorer også transportområdet, der optager en stadig voksende del af energiforbruget.

Parallelt med *Danmarks Energifremtider* udsendes en række baggrundsrapporter, som supplerer *Danmarks Energifremtider*. En oversigt findes bagest i sammenfatningen.

1.2 Energisektorens udfordringer

Handlingsplaner og initiativer

KVR-regeringen fremkom i 1988 med en handlingsplan for miljø og udvikling som opfølgning på Brundtland-rapporten. Et væsentligt mål i denne handlingsplan var en reduktion af CO₂-udledningen fra den samlede energisektor på 20% i 2005 i forhold til niveauet i 1988.

Som følge af dette mål blev der i 1990 fremlagt to handlingsplaner, dels energihandlingsplanen *Energi 2000*, og dels en særlig transporthandlingsplan. Transporthandlingsplanen satte som mål, at udledningen fra sektoren inden år 2005 skulle stabiliseres på 1988-niveauet. Dette begrænsede mål betød, at den øvrige energisektor skulle



stå for en modsvarende større CO₂-reduktion for at nå det samlede mål på 20%.

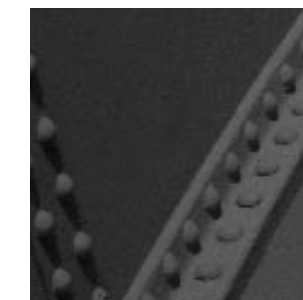
For at sikre, at målene nås, er der løbende taget en række politiske initiativer. I 1993 blev der udarbejdet en samlet opfølgning på såvel transportområdet som energiområdet i øvrigt. I 1995 omfattede indsatsen pakken med "grønne afgifter" for erhvervslivets energiforbrug og initiativerne til udbygning med vedvarende energi.

Internationale forhold

En stærk økonomisk udvikling og en fortsat kraftig befolkningsvækst i en række folkerige u-lande er en realitet, som har store konsekvenser for det globale miljø, den økonomiske udvikling og forsyningsikkerheden.

Jordens befolkning forudses at vokse fra de nuværende 5,7 milliarder til omkring 8,5 milliarder i år 2025 og 10 milliarder i 2050. Befolkningsfremskrivningen for den næste snes år peger på en sandsynlig forøgelse med 1,5 til 2 milliarder mennesker på kloden. Tilvæksten vil hovedsageligt ske i de mindst udviklede lande.

Befolkningsvæksten og den stærke økonomiske vækst vil øge presset på



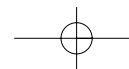
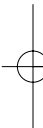
naturressourcerne og føre til en kraftig stigning i energiforbruget i tredjeverdenslandene og de nye vækstøkonomier i Asien. Det stigende energiforbrug indebærer en øget risiko for menneskeskabte klimaændringer, tiltagende lokale og regionale forureningsproblemer og - på lidt længere sigt - en øget sandsynlighed for internationale forsyningskriser.

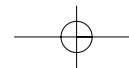
Danmark er som en lille og åben økonomi i høj grad påvirket af denne udvikling. Den globale udfordring består i at indrette energipolitikken, så den kan tage højde for, at flere og flere skal dele de samme ressourcer - i form af energiresourcerne, naturgrundlaget og verdens miljøtilstand.

Drivhuseffekten

Energisektorens udledninger er en væsentlig bidragyder til en øget drivhuseffekt, der resulterer i en global opvarmning, klimaforandringer og havstigninger.

De fossile brændsler - kul, olie og gas - indeholder kulstof i varierende mængde, og danner derfor bl.a. drivhusgassen CO₂ ved afbrænding. Det øger CO₂-koncentrationen i atmosfæren, og den opkoncentrerede CO₂ forsvinder kun meget langsomt fra atmosfæren.





Derimod betragtes biomasse - træ, halm, biogas, affald mv. - i reglen som CO₂-neutralt, fordi den mængde CO₂, der frigives ved forbrænding (eller anden nedbrydning), svarer til den mængde CO₂, der blev optaget ved biomassedannelsen.

CO₂-koncentrationen i atmosfæren er de seneste 150 år steget med 30%. Atmosfærens indhold af de andre naturligt forekommende drivhusgasser, metan og lattergas viser også markante stigninger.

I dag er CO₂-koncentrationen i atmosfæren omkring 360 ppmv. Før industrialiseringen var den 280 ppmv.

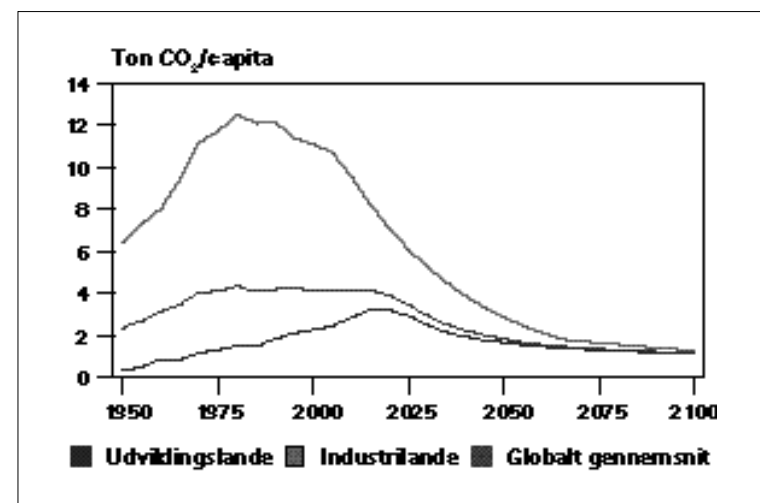
FN's Klimapanel IPCC anslår, at CO₂-udledningen skulle reduceres med 50-70% øjeblikkeligt, og derefter fortsat reduceres, hvis atmosfærens CO₂-koncentration ikke skal stige yderligere. Dette lader sig naturligvis ikke gennemføre. IPCC har derfor opstillet en række forløb, hvor koncentrationen stabiliseres ved en gradvis reduktion af udledningen.

Eksempelvis har Energistyrelsen beregnet, at for at få en stabilisering på 450 ppmv, der er 30% over det nuværende niveau, vil det være nødvendigt med en årlig reduktion på 3% i industrilandene. Dette forudsætter at industrilanden CO₂-udledning pr. person i sidste halvdel af næste århundrede er nede i nærheden af det maksimalt tilladelige globale gennemsnit. Et sådant forløb er vist på figur 1.1.

Forsuring

Reduktion af miljøbelastningen med SO₂, NO_x og flygtige organiske forbindelser er et andet vigtigt indsatsområde, hvor Danmark gennem internationale aftaler har forpligtet sig til inden år 2000 at reducere udledningen til 20-30% af niveauet i 1980'erne. Ved en indsats inden for energisektoren er Danmark allerede nået langt på dette område, men der forventes at blive fortsat skærpede reduktionsmål.

FIGUR 1.1
Emission pr. capita i udviklingslande og industrilande i et scenario med 450 ppmv som slutkoncentration.



Kilde: Energistyrelsen.

Markedsstruktur og organisation

Organiseringen af energiforsyningen i Danmark er under stadig forandring. I nogle perioder gradvis, til andre tider med hurtige skift. Eksempelvis skabtes efter energikrisen i 1973 de danske selskaber for kraftvarmeforsyning og for naturgas, som nu har gennemført de store anlægsprojekter.

Den nuværende organisering af energisektoren er karakteriseret ved et stort politisk og demokratisk engagement og en betydelig inddragelse af forbrugere, borgere og lokal-politikere i den energipolitiske beslutningsproces. Denne "danske model", baseret på ønsket om konsensus og en høj grad af målopfyldelse, har de sidste 20 år øvet stor indflydelse på energiområdet.

For de kommende år tegner der sig følgende perspektiver:



- Opgaverne på energiområdet er under forvandling, bl.a. med tendens til omregulering, øget samhandel og voksende internationalisering
- De store projekter fra 1980'erne vil have afviklet anlægsgælden inden for ti år
- Der er fortsat et effektiviserings- og udviklingspotentiale i mange danske energiselskaber
- EU, WTO, IEA, Norden osv. drøfter åbning af markederne på tværs af grænser

En række lande, herunder de øvrige nordiske lande, har de seneste år gennemført - eller påtænker at gennemføre - strukturreformer i specielt elsektoren, med det formål at øge konkurrencen og prisgennemsigtigheden og give forbrugerne mulighed for selv at vælge producent. Situationen har ofte som udgangspunkt været kendetegnet ved et statsligt mono-

pol eller en dominerende statslig aktør på elområdet, som er blevet opsplittet i et netselskab med ansvar for "naturlige" monopolfunktioner knyttet til forsyningsnettets drift og et eller flere selskaber for produktion og salg, der skal fungere på kommercielle vilkår i fri konkurrence med andre leverandører.

1.3 Energiforbrug og besparelser

Energiforbrugets udvikling de sidste 25 år

Det samlede bruttoenergiforbrug i Danmark har siden midten af 70'erne været nogenlunde konstant.

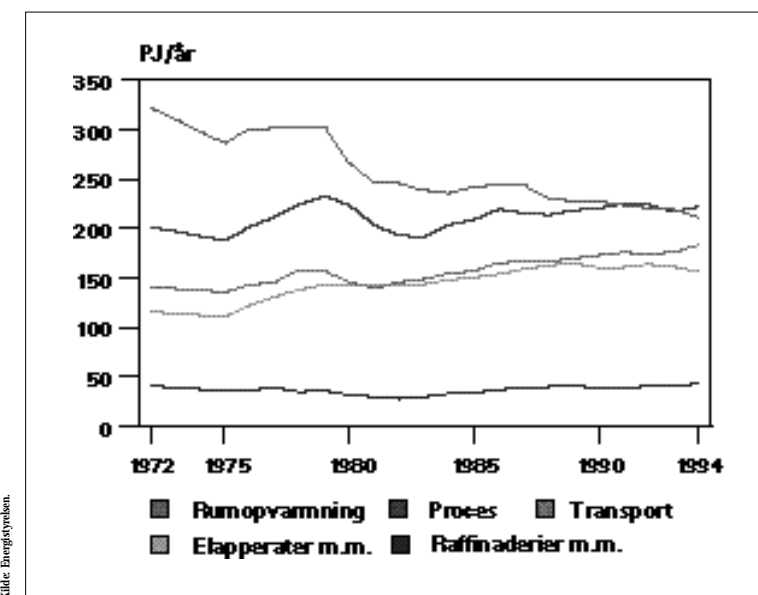
De omfattende varmebesparelser og den kraftige udbygning med kraftvarme har medført en nedgang i boligsektorens energiforbrug. Forbruget i produktionserhvervene (industri, landbrug, handel og service mv.) er steget 10% i perioden, og forbruget i transportsektoren 25%.

I perioden er samtidig sket en kraftig elektrificering med et stigende antal elektriske apparater og med automatisering af mange processer. Energiforbruget til elapparater og lys er steget 40%. Elfremstilling har derfor en stigende andel af bruttoenergiforbruget, fra 22% i 1972 til 38% i 1994.

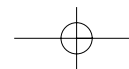
Transportsektoren tegnede sig i 1994 for 22% af det samlede energiforbrug. Personbilbestanden er i perioden fra 1970 til 1994 steget med 50%. Vejtransport med person-, vare- og lastbiler er dominerende med 90% af det indenlandske transportenergiforbrug.

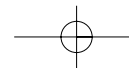
Den internationale transport har nået et betydeligt omfang og forventes at vokse i de kommende år. Forbruget til udenrigsluftfart og skibsbunkring har nået et

FIGUR 1.2
Energiforbrugets udvikling 1972-1994, fordelt på anvendelse.



Kilde: Energistyrelsen.





omfang, der svarer til omkring halvdelen af det samlede transportenergiforbrug inden for landets grænser.

Alt i alt er energiintensiteten, målt som forholdet mellem det samlede energiforbrug og landets bruttonationalprodukt, i perioden 1972-94 blevet forbedret med over 35%. Denne forbedring er større end i de øvrige OECD-lande.

18

Besparelsemuligheder

Mulighederne for at gennemføre energibesparelser er vurderet særskilt på boligområdet, i den offentlige sektor, på erhvervsområdet og i transportsektoren.

Boligsektoren

På boligområdet er mulighederne for at nedsætte rumvarmeforbruget store. En række konstruktioner kan efterisoleres bl.a. som led i udskiftninger og renoveringer i de kommende 35 år. Dette vil skønmæssigt kunne reducere varmebehovet pr. m² i de eksisterende bygninger med op til 40% i forhold til dagens niveau. Dette forudsætter, at der alle steder, hvor det er muligt, gennemføres energibesparende foranstaltninger ud over, hvad der er normalt, f.eks. at der monteres lavenergiruder i stedet for almindelige termoruder, at tagkonstruktioner efterisoleres med dobbelt tykkelse i forbindelse med tagrenoveringer, at indvendig eller udvendig murisolering foretages med større tykkelser osv.

Der er også store tekniske besparelsemuligheder for elapparater i boligsektoren. De største tekniske og adfærdsmæssige besparelsemuligheder er inden for køl/frys, vaskemaskiner samt inden for kommunikation og underholdning, hvor det skønnes muligt at reducere elforbruget med op til 70-80% i forhold til det gennemsnitlige forbrug i 1995. Nogle af de største besparelser forudsætter dog, at

der udvikles og markedsføres nye besparelseteknologier som f.eks. ny isoleringsteknik med vacuum, ny vasketeknik med vacuum i tromlen eller med ultralyd.

For kommunikation/underholdning, dvs. TV/video og PC-ere mv., forventes den teknologiske udvikling bl.a. at indebære reduceret effektforbrug til stand-by, anvendelse af ny energibesparende teknik til TV-skærme og til skærme til stationære computere, og energispareautomatik på printere, telefaks mv., når de ikke bruges. Multifunktionsmaskiner forventes også at kunne resultere i et lavere energiforbrug.

Foruden det teknologisk betingede energiforbrug for et givet apparat eller bygning, så har den måde, brugeren anvender teknikken på, stor indflydelse på forbruget. Eksempelvis er der i dag et stort besparelspotentiale ved at vaske ved lavere temperaturer, end der traditionelt anvendes. Tilsvarende ved at slukke lyset og skrue ned for varmen i ubenyttede rum, ved at reducere forbruget af varmt vand til personlig hygiejne mv. Sådanne adfærdsmæssige besparelspotentialer varierer fra næsten ingenting til op til 50-70 %, afhængig af energitjenesten.

Den offentlige sektor

For den offentlige sektor (undervisning, sundhedsvæsen, institutioner, administration, forsvar mv.) findes samme teknologiske muligheder for at reducere opvarmningsbehovet som for boligsektoren.

På belysningsområdet er det rent teknisk muligt at nå ned på meget lave energiforbrug. Det tekniske besparelspotentiale nås ved anvendelsen af energieffektive lyskilder, armaturer og forkoblinger, lyse lofts- og vægfarver sammen med dagslysstyring og bevægelsesmeldere. Ventilationsanlæg i eksisterende byggeri kan forbedres ved udskiftning af motorer og ventilatorer til de mest energieffektive. I nybyggeriet opnås elbesparelser ved om-



hyggelig projektering og reduktion af behovet for ventilation.

På kontorområdet kan nye energieffektive computere, nye kopieringsmetoder og i øvrigt udbredt overgang til elektronisk informationsudveksling give mulighed for store elbesparelser.

Erhvervsområdet

På erhvervsområdet kan besparelser opnås ved brug af de mest energieffektive komponenter, den bedste regulering og de mest energieffektive systemløsninger. Hertil kommer besparelser ved nøje at vurdere energitjenestebehovene.

Der er også muligheder for at opnå en mere energirigtig adfærd hos erhvervslivets ejere og ansatte f.eks. ved systematisk at slukke for energiforbrugende apparater, der ikke bruges. De fleste adfærdsmæssige potentialer vil blive reduceret i takt med indførelsen af de tekniske besparelser.

Hovedparten af elsparepotentialet er fundet inden for belysning, ventilation, tørring, pumpning og køling.

Elforbruget til ventilation kan reduceres ved at anvende naturlig ventilation, ved styring af anlæg ud fra vindforhold og forureningsgrad, og ved brug af effektive motorer og ventilatorer. Effektive pumper, bedre regulering, større fordampere og kondensationsflader, isolering af køle-

tanke mv. kan nedsætte elforbruget.

Endelig kan der opnås elbesparelser ved energieffektive lyskilder, armaturer og forkoblinger samt computere mv.

Brændselsbesparelser i industrien opnås ved effektivisering af tørrings-, destillations-, inddampningsprocesser mv. De største potentialer findes inden for nærings- og nydelsesmiddel- samt i tekstilindustrien. Hertil kommer mulighederne for etablering af industriel kraftvarme, især inden for nærings- og nydelsesmiddelindustrien.

Forbedringer af klimaskærmen, udskiftning til lavenergiruder, styring og regulering af opvarmningsanlæg mv. kan reducere behovet for rumopvarmning.

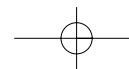
Samlede besparelsemuligheder

Udviklingen af energiforbruget inden for hver sektor er skønnet dels i et forløb, der finder sted "af sig selv", det *passive forløb*, og dels under forudsætning af en massiv teknisk og adfærdsmæssig indsats for at nedbringe forbrugene, kaldet *max indsats forløbet*. Fortsætter de nuværende energianvendelser frem til år 2030, vil besparelsemulighederne i forhold til i dag for sektorerne i de to forløb være som vist i tabel 1.1. Både de teknologiske og de adfærdsmæssige besparelser er medregnet.

19

TABEL 1.1

Sektor	Besparelse i forhold til 1995	
	Passivt forløb 2030	Max indsats 2030
Boligsektor, varme	17%	53%
Boligsektor, el	20%	56%
Den offentlige sektor	20%	40%
Erhvervsområdet, el	15%	57%
Erhvervsområdet, varme og proces	8%	47%
Alle sektorer	14%	48%





Transportområdet

På transportområdet er der også betydelige tekniske og adfærdsmæssige muligheder for at reducere energiforbruget. Mulighederne ligger inden for følgende områder:

- tekniske forbedringer
- energieffektiv udnyttelse
- overflytning til anden og mindre energikrævende transportform
- reduktion af selve transportomfanget.

Det anses eksempelvis for muligt at reducere brændstofforbruget i personbiler med 65% inden år 2030. Dette betyder, at den gennemsnitlige kørsel på ca. 14 km/l i dag kan stige til 40 km/l. Tilsvarende vil brændstofforbruget for vare- og lastbiler kunne reduceres med 20-25 %.

Bedre planlægning af transportarbejdet og øget belægning kan forbedre udnyttelsen af de individuelle og kollektive transportmidler. Energiøkonomisk kørsel, overflytning fra individuel til kollektiv transport, overflytning fra varebiler til personbiler mv. skønnes sammen med de tekniske effektivitetforbedringer alt andet lige at kunne reducere energiforbruget med 55%.

1.4 Energiressourcer

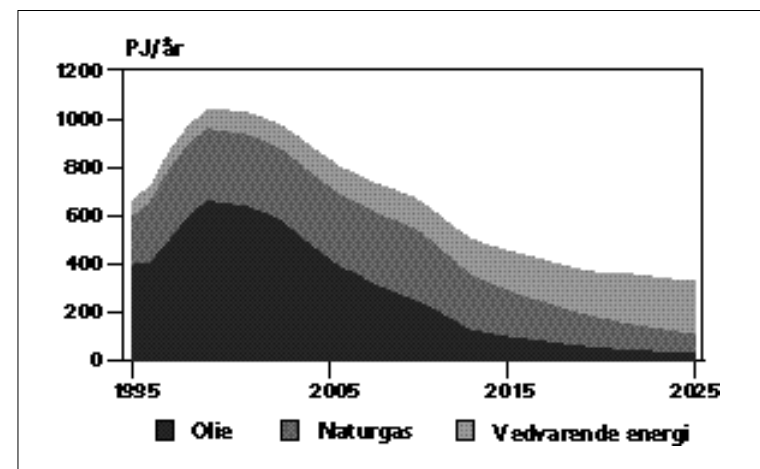
Danmarks indenlandske energiressourcer består af olie, naturgas og vedvarende energi.

Olie og naturgas

Danmark er i dag nettoeksportør af olie og naturgas. Man kan forvente, at denne gunstige forsyningssituation vil kunne fortsætte i en kortere årrække. På sigt vil de nu kendte indenlandske olie- og naturgasreserver gradvis blive opbrugt, og alt andet lige vil Danmark om 10-15 år igen blive nettoimportør af olie og naturgas. Fremtidige efterforskningsresultater og

FIGUR 1.3.

Produktionsmuligheder med danske energikilder. Forløbet viser udnyttelsen af Danmarks olie- og gasreserver (produktionsprofiler), samt et muligt forløb i udnyttelsen af vedvarende energi (svarende til *max indsats forløbet*).



Kilde: Energistyrelsen.

forbedrede indvindingsmetoder vil kunne ændre dette billede.

Den danske olieproduktion er indtil efter årtusindskiftet større end vores eget olieforbrug. I 1994 udgjorde olieprodukter 355 PJ eller 43% af Danmarks samlede energiforbrug. De totale oliereserver i den danske del af Nordsøen er i dag opgjort til omkring 8.700 PJ, svarende til ca. 25 års olieforbrug på det nuværende niveau.

De nuværende naturgasreserver vil muliggøre en dansk produktion af gas lidt ind i næste århundrede på omkring 300 PJ pr. år. Det danske forbrug udgjorde 114 PJ eller 14% af landets energiforbrug i 1994, mens naturgaseksporten fra 1997 vil øges til samme størrelsesorden.

Hvis man forudsætter en indenlandsk forbrugsstigning, f.eks. til flere store elværker, vil der omkring årtusindskiftet være et "udækket" behov i forhold til de nugældende aftaler. Hvis der på længere



sig er behov for yderligere gasmængder til dækning af forsyningen på det danske marked, vil etablering af en ny forbindelse til f.eks. de norske eller russiske leverandører kunne komme på tale.

Prisudviklingen på importeret energi og omfanget af den indenlandske energiproduktion påvirker den danske betalingsbalance. Danmarks samlede udgifter til køb af energi og indtægter fra eksport af energi ventes forvandet fra en nettoudgift til en nettoindtægt fra 1997, efterfulgt af nogle år med stigende nettooverskud. På længere sigt forventes en nedadgående tendens i takt med udtømningen af de danske ressourcer af olie og gas. Udnyttelsen af vedvarende energi kan formindske behovet for import af fossil energi, og dermed virke positivt på handelsbalancen for energi.

Vedvarende energi

Vedvarende energi omfatter vind, biomasse, sol, geotermi, m.m., der tilsammen

giver gode muligheder for en indenlandsk, drivhusneutral energiforsyning. Den nuværende udnyttelse af vedvarende energi er opgjort til omkring 60 PJpr.år, eller 8% af Danmarks samlede energiforbrug (1994). Mulighederne for udnyttelse af vedvarende energi er mange gange større, men den faktiske udnyttelse bestemmes af en lang række faktorer, hvor arealanvendelse, natur- og landskabshensyn og omkostningsforhold er blandt de vigtigste.

I dag anvendes træflis, halm, biogas og affald i kraftvarme- og fjernvarmeproduktion. Biomaseteknologierne forbedres løbende, men biomasse vil også på kort sigt yderligere kunne erstatte fossilt brændsel.

Vindkraften har vundet stor udbredelse og møller med gode vindplaceringer er efterhånden blevet mere konkurrencedygtige. Solvarme og geotermi kan indgå i varmforsyning, geotermi i forbindelse med større fjernvarmesystemer.

TABEL 1.2

Danmarks vedvarende energiressourcer, henholdsvis "begrænset" potentiale og udnyttelsen i 1994.

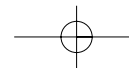
PJ/ år	"begrænset" potentiale	udnyttelse i 1994
vindenergi		
-på land	12 - 18	4,2
-på havet	54 - 65	-0
biomasse	150-200 *)	50
solenergi		
-solvarme	40	0,2 **)
-solel	10 - 60	-0
bølgeenergi	< 60	-0
geotermi	>100	-0

Anm.:

*) I år 2015/2025.

***) Excl. bidrag fra solenergi som nyttiggøres i varmepumpeanlæg. Dette bidrag udgjorde 2,9 PJ i 1994.





Til fremtidens teknologier hører solceller og brændselsceller, som bl.a. ventes at kunne udnytte forgasset biomasse. Udnyttelse af bølgeenergi bliver formentlig også en mulighed.

Vedvarende energi er drivhusneutral. Derudover har de forskellige vedvarende energi-former vidt forskellige karakteristika med hensyn til arealkrav, energilagring, økonomi, teknologi, udviklingsstade m.v. Den konkrete udnyttelse af de vedvarende energiformer beror på samfundsmæssige afvejninger mellem disse hensyn.

Ressourceopgørelsen i tabel 1.2 anslår en mulig udnyttelse af vedvarende energi, som er af størrelsesordenen 8-10 gange så stor som dagens (60 PJ i 1994). Opgørelsen er sket ud fra den nyeste viden om stedet af de forskellige teknologier, og under hensyntagen til en række barrierer. De øgede udnyttelsesmuligheder i opgørelsen vedrører især

- øget udbygning med vindkraft, specielt havbaserede mølleparker,
- øget brug af biomasse, bl.a. gennem en vis dyrkning af energiafgrøder,
- udnyttelse af solvarme, geotermi, solceller og bølgeenergi.

1.5 Energiforsyning og produktion

Danmark har opbygget vidtrækkende forsyningsystemer for el, gas og fjernvarme. Disse forsyningsystemer indebærer, at vi er godt rustet til en fremtid, hvor energi-effektivitet og begrænset brug af fossile brændsler prioriteres højt. Effektiv brug af energisystemerne giver en god mulighed for at opnå CO₂-reduktioner med lave omkostninger.

I de seneste tyve år er effektiviteten gradvis blevet øget ved at udbygge kraft-

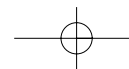
varmeproduktionen i forbindelse med fjernvarmenettene og derved afvikle energikrævende separat produktion af el og varme. Samtidig er en stadig større del af husstandene blevet tilsluttet fjernvarme- eller naturgasnet, og dermed er mindre effektiv og luftforurenende individuel oliefyring blevet fortrængt.

Efter midten af firserne har naturgasnettet og introduktion af halm, flis, biogas og affald muliggjort brug af renere brændsler i kraftvarme- og fjernvarmeproduktion. Udbygningen med decentrale kraftvarmeværker har således betydet en væsentlig reduktion af CO₂-udledningen, fordi den har fortrængt kulfyret elproduktion og olie- eller kulfyret fjernvarme. I fremtiden vil energieffektiviteten kunne forøges yderligere, og skiftet til renere brændsler eller vedvarende energi vil kunne drives videre. Derigennem vil CO₂-reduktionen kunne gøres meget stor i forsyningsystemet, og udledningerne af SO₂, NO_x og anden luftforurening vil også kunne begrænses.

Nye teknologier

Dagens teknologier til brug af biomasse i kraftvarmeproduktion giver en ret lav elvirkningsgrad og er relativt dyre. Det vil derfor i dag være naturligt at anvende biomasse, hvor der er et stort varmemarked og lille elbehov. Nye kombinationer med effektive naturgasfyrede kraftvarmeanlæg vil kunne øge udnyttelsen til elproduktion.

Kraftvarmeteknologierne er under fortsat udvikling, og elvirkningsgraderne ventes at vokse væsentligt i det kommende årti, både for konventionelle anlæg (kul, olie og naturgas) og for biomasseanlæg og vedvarende energi. Der findes store tekniske muligheder for øget anvendelse af vedvarende energi, og inden for de næste 20 år ventes økonomien for disse teknologier forbedret.



Der er væsentlige muligheder for udvikling af de eksisterende energiproduktionsanlæg. Virkningsgradsforbedringer på kul- og naturgasanlæg vil på kort sigt kunne mindske brændselsforbruget (og dermed CO₂-udledningen) med en tredjedel, alt andet lige. Hertil kommer muligheden for øget kraftvarmeudnyttelse, især i industrien.

Yderligere miljøforbedringer, herunder CO₂-reduktioner, kræver skift fra kul og olie til naturgas og vedvarende energi. Naturgas giver hurtige og relativt billige miljøforbedringer, og kan desuden udnyttes meget effektivt. På grund af ressourcetsituationen kan naturgas imidlertid ikke betragtes som løsning på meget lang sigt frem til år 2100.

Indretning af fremtidens energisystem og "eloverløb"

Udformningen af fremtidens energisystem må tage højde for flere usikkerheder: - om fremtidige prisrelationer, om miljøkravene, om den teknologiske udvikling, om forholdet mellem el- og varme-forbruget, om adgangen til vedvarende energiresourcer o.s.v. Disse usikkerheder taler for at indrette systemet fleksibelt og robust, alt andet lige. Det danske energisystem har allerede i dag en høj grad af fleksibilitet og robusthed.

I udviklingsforløbene regnes således med indpasning af mere vedvarende energi og en større kraftvarmeproduktion. Vedvarende energi er afhængig af naturforhold: vindforhold, sol, høstresultater, affaldsmængder osv. Kraftvarmeefterspørgslen følger det skiftende opvarmningsbehov over døgnet og året.

Disse variationer betyder, at energisystemet må planlægges, så de forskellige el- og varmeproduktionsteknologier spiller sammen med el- og varmebehovet, og at



der må sikres den fornødne reserveforsyning og tekniske reserve. Et særligt systemproblem bliver, at en samtidig stor kraftvarme- og vindkraftproduktion kan føre til en overskudsproduktion af el, det såkaldte "eloverløb".

Eloverløbet kan modvirkes teknisk ved anvendelse af f.eks. varmelagre eller udkobling af kraftvarmeproduktionen. Andre muligheder er anvendelse til drift af varmepumper eller geotermianlæg, afsætning til særlige forbrugere eller til udlandet, f.eks. til Tyskland, eller udveksling med vandkraftværker i Norden, som så fungerer som "ellager". Her kan det komme landet til gode, at der nu er kapacitetsstærke elforbindelser til både Norden og kontinentet.

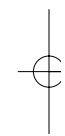
En stor udfordring bliver at forbedre det eksisterende systems evne til i stigende takt at kunne foretage en løbende indpasning af nye teknologier.

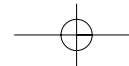
1.6 Udviklingsforløb

Der er mere end én mulig energifremtid for Danmark, fordi de tekniske og ressourcemæssige potentialer kan kombineres på mange måder. I denne rapport opstilles og sammenlignes to samlede udviklingsforløb for energiforsyningen i Danmark over 35 år for at illustrere det langsigtede perspektiv, især med hensyn til miljø- og ressourcenaspekterne:

Det passive forløb

I *det passive forløb* iværksættes ikke yderligere energipolitiske initiativer end de, der i dag allerede er besluttet og (helt eller delvis) gennemført. Ændringer sker kun ved udnyttelse af fremskridt i den tilgængelige teknologi.





Max indsats forløbet

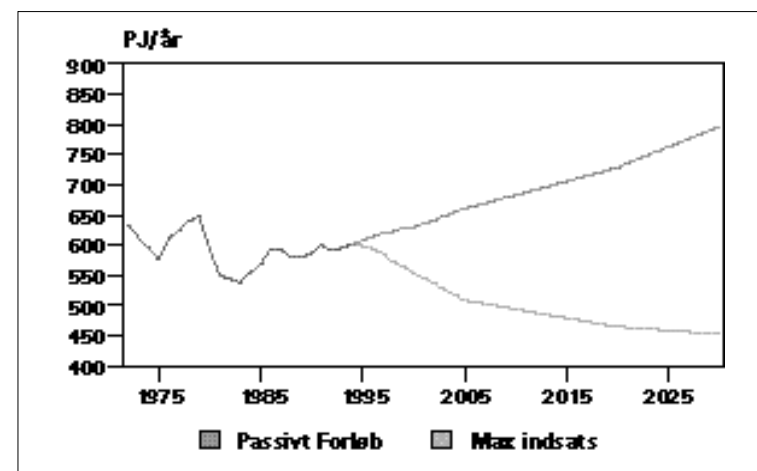
I *max indsats forløbet* gennemføres massiv indsats med hensyn til energieffektivisering kombineret med omfattende anvendelse af vedvarende energiresourcer.

De to forløb er ikke prognoser, men beregningseksempler. Forløbene skal belyse de langsigtede udviklingsmuligheder frem til 2030 under givne, forenkede forudsætninger.

- Begge udviklingsforløb bygger på de økonomiske vækstforudsætninger i Finansregørelsen fra september 1995.
- Det er forudsat, at de generelle samfundsforhold forbliver nogenlunde uændrede, uanset at man kan forestille sig flere forskellige billeder af fremtidens samfund.
- Der er kun regnet med teknologier, som allerede i dag kendes og benyttes, eller som i dag vurderes at blive teknisk-økonomisk mulige i løbet af forholdsvis kort tid.
- Forløbene bygger ikke på overvejelser om gennemførligheden. *Max indsats forløbet* er således ret utopisk, idet der er regnet med, at alle tekniske og adfærdsmæssige besparelser konsekvent gennemføres løbende fra nu af uden hensyn til omkostningerne. Omvendt har *det passive forløb* som udgangspunkt, at der ikke tages nye initiativer de næste 35 år.
- Forløbene er ikke økonomisk optimeret, f.eks. ved at kombinere de omfattende energibesparelser med de valgte omlægninger af forsyningsystemerne. Det er formentligt muligt at opstille mere økonomiske udviklingsforløb med knapt så gennemgribende energibesparelser og mindre anvendelse af vedvarende energi.

I begge udviklingsforløb anvendes Finansregørelsens forudsætning om en økonomisk vækstrate i BNP på 2,8% frem til 2005, og derefter 1,9% til 2030. Dette

FIGUR 1.4
Endeligt energiforbrug.



Kilde: Energistyrelsen.

medfører en fordobling af bruttonationalproduktet fra omkring 1.000 mia.kr. i dag til 2.000 mia.kr. i 2030 (faste priser).

Energiefterspørgslen afhænger af udviklingen i samfundsøkonomien og energieffektiviteten. Ud fra den historiske udvikling og brændselsfordeling i de enkelte sektorer og de forudsatte effektivitetsforbedringer er energiefterspørgslen i de to forløb beregnet frem til 2030.

Samlet forventes energiefterspørgslen i *passivt forløbet* at stige med 32 % og falde med 25% i *max indsats-forløbet*.

Målt i forhold til det danske bruttonationalprodukt giver begge forløb en mindsket energiintensitet, lavest i *max indsats forløbet* med over 60% forbedring.

Bruttoenergiforbruget afhænger bl.a. af forsyningsystemernes udformning og effektivitet.

Det passive forløb

I *det passive forløb* forudsættes, at den nuværende forsyningsform vedligeholdes



og udbygges i takt med energiefterspørgslen. Landets opdeling i fjernvarme- og naturgasforsynede områder opretholdes, og udbygningen med kraftvarmeforsyning fuldføres som planlagt. Elværkerne bygger effektive kulbaserede kraftvarmeverker, og anvendelsen af vedvarende energi øges i samme takt som hidtil. Vindmøller udbygges med 30 MW pr. år, og affaldskraftvarmeproduktionen fortsætter som planlagt. Endelig stiger anvendelsen af biogas fra lossepladser, biogasanlæg mv. op til 8 PJ i 2030. Det er antaget, at kulbaserede brændselsleanlæg anvendes efter 2015.

I forløbet udbygges der fortsat med kombineret el- og varmeproduktion. I takt med at elvirkningsgraderne på kraftværkerne øges, bliver der produceret mere og mere elektricitet ud fra samme varmebehov, hvorfor elproduktionen uden samtidig varmeproduktion næsten falder bort i slutningen af perioden. Efterhånden som den varmbundne elproduktion vokser, vil den resterende del af systemet

skulle udjævne variationerne for at undgå eloverløb.

I år 2030 er eloverløbet groft anslået til at udgøre 13% af elproduktionen. Dette stiller ganske betydelige krav til reguleringen af elsystemet.

Den forudsatte udbygning med kraft- og kraftvarmeverker medfører, at der frem til omkring 2004 installeres større effektkapacitet, end det forventede elforbrug og de forventede kraftværksskrotninger betinger. De nye værker har dog højere virkningsgrader, hvorfor især CO₂-emissionen bliver lavere, end den ellers ville have været.

Max indsats forløbet

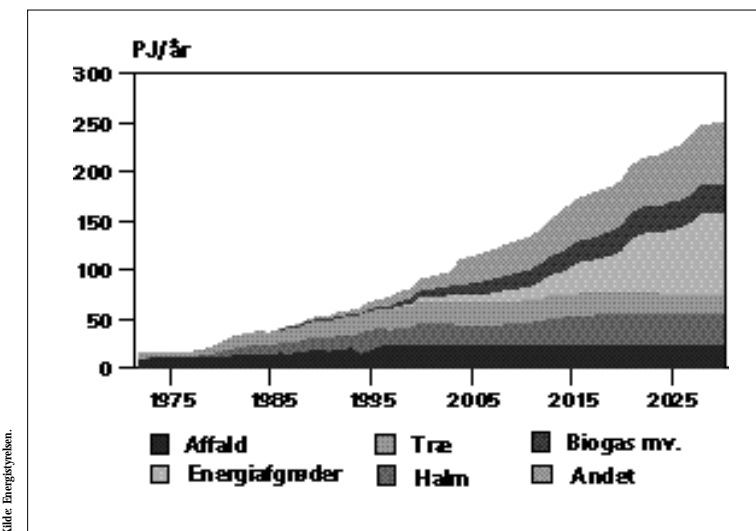
I *max indsats forløbet* udbygges den kollektive energiforsyning med vedvarende energianlæg i takt med skrotning af de eksisterende anlæg. Anvendelse af VE-teknologier sker efterhånden som energiefterspørgslen skal dækkes, og det sker med brug af alle typer vedvarende energi uden nærmere økonomiske afvejninger. De systemmæssige forhold er kun vurderet i grove træk.

Udviklingen i anvendelsen af vedvarende energi frem til 2030 er vist på figur 1.5.

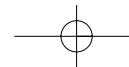
I slutningen af perioden anvendes naturgas kun i industrien og i minikraftvarmeverker samt som spids- og reserveeffekt i elsystemet.

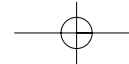
Det nuværende overskud af biomasse anvendes frem til omkring 2010-15, hvorefter yderligere biomasse frembringes ved dyrkning af energifgrøder. I 2030 er energifgrødeproduktionen vokset til godt 80 PJ/år, svarende til et areal på 300.000 - 400.000 ha middelgod jord eller 12-15% af det nuværende landbrugsareal. Biomasseforbruget til transportformål er 30 PJ/år.

FIGUR 1.5
Bidrag fra ikke-fossile kilder.



Kilde: Energistyrelsen.



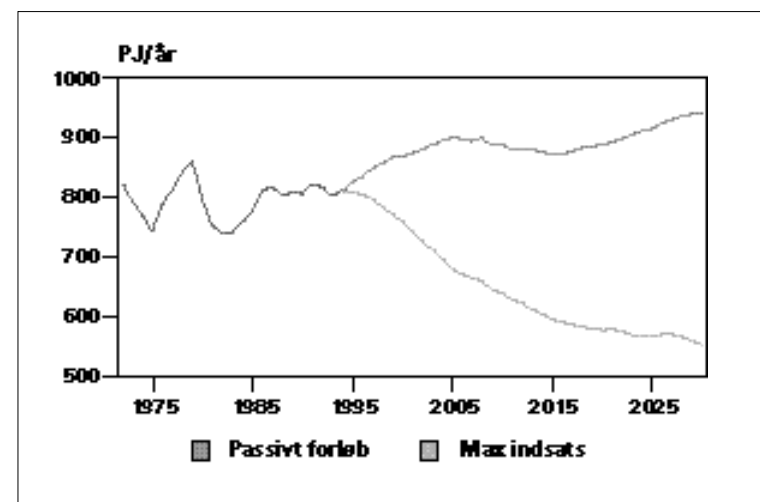


Da der forudsættes gennemført betydelige elbesparelser, er der ikke behov for ny elkapacitet før efter 2005.

Det samlede elforbrug falder, mens vindkraftproduktionen øges betydeligt. Behovet for elproduktion fra kraftvarmeværker falder derfor også. Trods øget isolering af bygningsmassen i kraftvarmeområderne stiger fjernvarmeforbruget svagt via større brugertilslutning. Der er derfor behov for supplerende varmforsyning, der forudsættes at ske med geotermi og store varmepumper.

I 2030 er eloverløbet groft anslået til 8% af elforbruget. Overløbet er beregningsmæssigt antaget udvekslet med de nordiske vandkraftsystemer, anvendt til delvis drift af geotermianlæg og varmepumper i kombination med varmelagre og fjernvarmesystemer samt til drift af elbiler.

FIGUR 1.6
Bruttoenergiforbrug.



Kilde: Energistyrelsen.

TABEL 1.3
Procentvise ændringer, 1994 til 2030

	Passivt forløb	Max indsats
Bruttoenergiforbrug	+16%	-32%
CO ₂ -emission	+8%	-65%
Anvendelse af vedvarende energi	+42%	+314%

Årlige omkostninger

De gennemsnitlige årlige omkostninger er opgjort for såvel *det passive forløb* som *max indsats forløbet*, for energisektoren eksklusive transport. *Max indsats forløbet* medfører omkring 6 mia. kr. større årlige omkostninger, stigende til omkring 9 mia. kr. pr. år fra 2020-2030.

Det er formentligt muligt at opstille et billigere udviklingsforløb, hvor knapt så gennemgribende og dermed billigere energibesparelser og udelukkelse af de dyreste VE- teknologier medfører lavere samlede omkostninger end i *det passive forløb*.

Transportsektoren

Transportsektorens energiforbrug forventes i år 2005 at medføre en CO₂- udledning, der i *det passive forløb* stiger med 27% i forhold til niveauet i 1988. Efter 2005 vokser udledningerne med 40% frem til år 2030 i forhold til 1988. I forløbet er indregnet den forbedring af transportteknologien, som forventes at finde sted "af sig selv", samt initiativer, der er besluttet i dag, herunder en stigning i benzinafgiften frem til 1998.

I *max indsats forløbet*, som indebærer en omfattende national og international indsats, opnås en CO₂-reduktion på 10% i forhold til 1988-niveauet frem til år 2005, og en reduktion på 35% frem til år 2030. Brændselsbesparelser udgør op til omkring 5 mia. kr./år sidst i perioden. Meromkostningerne til at nå disse besparelser er ikke opgjort, men der er formentlig gode muligheder for at gennemføre en række samfundsøkonomisk attraktive tiltag på området.

Sammenligninger af forløbene

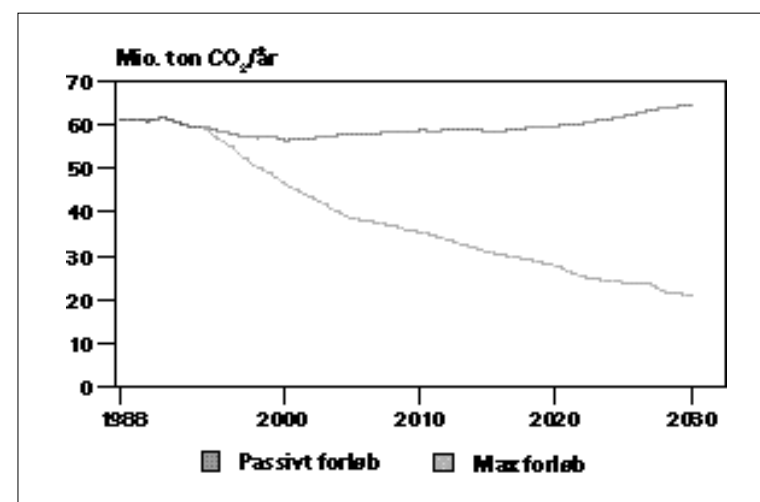
I *max indsats forløbet* er det muligt frem til 2030 at reducere det samlede energiforbrug med 32% i forhold til i dag, eller med 41% i forhold til *det passive forløb*.

CO₂-reduktionen afhænger af gennemførelsen af energibesparelser og omlægningen til vedvarende energi. Derfor nås i *max indsats forløbet* en stor reduktion i CO₂-emissionen på 65% i 2030. Allerede i 2005 er reduktionen 37%.

I *det passive forløb* vil anvendelsen af fossile brændsler stige med 15% frem til år 2030 og stadig dække over 90% af energiforbruget. I *max indsats forløbet* falder anvendelsen af de fossile brændsler med 60%, og deres andel af bruttoenergiforbruget til 55%. CO₂- emissionen pr. indbygger i Danmark reduceres fra nu 11 ton/år til 4 ton/år i år 2030.

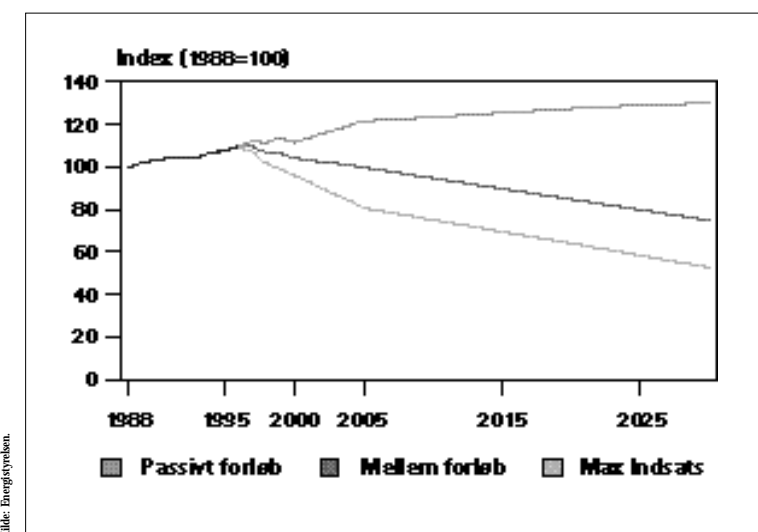
Samlet set medfører udviklingsforløbene i forhold til 1994 de i tabel 1.3 viste ændringer i landets energiforsyning i 2030.

FIGUR 1.7
CO₂ emissioner.

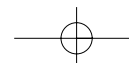


Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 1.8
Indenrigstransportens energiforbrug i det passive forløb, og i max indsats forløbet.



Kilde: Energistyrelsen.





1.7 Elementer til en strategi

En fremtidig strategi på energiområdet skal dels omfatte kortsigtede økonomiske og forsyningsmæssige forhold og dels indeholde mere langsigtede miljø- og ressourcemæssige overvejelser.

Lige så vigtig som CO₂-målsætningen har været som pejlemærke de sidste 5 år, lige så vigtigt er det nu at se frem mod de udfordringer, der kommer efter år 2005. Set i dette lys er de sidste tyve års danske erfaringer på energiområdet yderst nyttige. En væsentlig erfaring er, at omstilling tager tid, en anden, at et fleksibelt energisystem giver flere handlingsmuligheder. De nye udfordringer og løsningen af dem må derfor allerede nu diskuteres.

- Nye langsigtede mål må bl.a. overvejes ud fra vores nuværende viden om vores energireserver og om sammenhængen mellem vækst og bæredygtig udvikling. Et økologisk råderum for Danmark vil være en mulig inspiration for, hvordan vi overvejer langsigtede internationale mål for energianvendelsen. Samtidig må energiforsyningen naturligvis fortsat tilrettelægges ud fra økonomiske hensyn, således at samfundets og erhvervslivets samlede energiregning bliver lavest mulig.
- De langsigtede mål må ledsages af handlinger. Det drejer sig først og fremmest om at omlægge energiforbrug og energisystemer, så der på lang sigt kan ske en væsentlig reduktion af miljøbelastningen. Det vil kræve flere årtier at gennemføre den samlede omlægning, men handlingsmulighederne findes.
- Energisektoren er inde i en udviklingsproces i retning af ændrede kommercielle vilkår og nye rammer for organisationen. I fremtiden vil vi se nye arbejdsformer.

CO₂-reduktion inden år 2005

Analyserne antyder, at det vil være vanskeligt at opfylde 20%-målet inden år 2005, medmindre de skitserede og eventuelt yderligere initiativer iværksættes. En fortsat gunstig økonomisk vækst må derfor kombineres med en tilsvarende energipolitisk indsats for at nå reduktionsmålet.

Selv ved en mere moderat økonomisk vækst kan der vise sig behov for en yderligere indsats.

Langsigtede miljø- og ressourcemål

Der vil være behov for at overveje mål både nationalt og internationalt, der rækker ud over 2005. De langsigtede mål kan omhandle tre emnekredse:

- stabile rammer for energiresourcerne fordeling og udnyttelse
- langsigtede miljømålsætninger
- tilrettelæggelsen af udviklingen

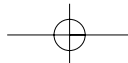
Nye mål kan være med til at styrke miljø- og ressourcehensynet, så der skabes en ny dynamik i samspillet mellem økonomi og miljø.

Både ønsket om reduktion af CO₂-udledningen og hensynet til landets forsyningsikkerhed med brændsler trækker i retning af at nedbringe landets behov for fossil energi. Det kan ske gennem

- at øge energieffektiviteten i slutforbruget
- at udvikle og udnytte VE-kilder
- at fastholde og udbygge et effektivt, fleksibelt og robust energiforsynings-system

Energieffektivitet i slutforbruget

Hvis vi i løbet af vores generation skal omstille os til en situation, hvor vi øger mængden af energitjenester, og på samme tid skal reducere brugen af fossile brændsler



til en brøkdæl, må vi øge vores tekniske og organisatoriske indsigt. Tekniske ændringer i energisystemer tager tid, og det gør ændringer i vores livsstil og holdninger også.

Vi må således vænne os til at operere inden for ressourcerammer, som afspejler sig i vores brug af energi.

Det indebærer, at vi skal være opmærksomme på det ressourceforbrug, der ligger bag den enkelte energitjeneste. Det er væsentligt at anlægge helhedsbetragtninger, hvori "vugge til grav"-vurderinger indgår. Det er i stigende grad nødvendigt, at mængden af energitjenester revurderes. Ikke alle energitjenester er lige nødvendige. Vil vi afstå fra visse energitjenester?

Ressourcebetragtningerne må desuden indgå i producenteres og andres udvikling og markedsføring af nye teknologier, ligesom forbrugernes fokus på en bevidst og konsekvent udvælgelse af den bedst tilgængelige teknologi må forstærkes. (En sådan udvælgelse er eksempelvis forudsat i *max indsats forløbet*).

De samlede vurderinger af energibesparelsepotentialerne viser, at der over den næste generation er et potentiale til at halvere energiforbruget i forhold til det nuværende. En del af dette potentiale vil blive modvirket af, at antallet af energitjenester forventes at vokse.

Allerede set på kort sigt foreligger der potentialer for energibesparelser, som ikke udnyttes. Det afspejler, at der i dag ikke sker en maksimal indsats i energieffektivisering.

En sådan indsats omfatter en vifte af forskellige virkemidler:

- information, rådgivning og kampagner over for forbrugere
- økonomiske incitamenter i form af afgifter og tilskud
- energisyn, energimærkning mv.
- krav, standarder og effektivitetsnormer for bygninger, maskiner, apparater mv.



- udskiftnings- og tilslutningskrav i tilknytning til kollektive forsynings-systemer
- forskning, produktudvikling, aftaler med producenter osv.

Samtidig må der indgå en vurdering af, hvorledes initiativerne indgår i en international sammenhæng. Europæisk og internationalt samarbejde, aftaler eller regler, f.eks. om normer for elapparater, vil i flere tilfælde bestemme et initiativs gennemslagskraft både her i landet og på verdensplan.

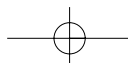
Vedvarende energi

Der er ligeledes store potentialer for at forøge udnyttelsen af vedvarende energi. Disse potentialer er i realiteten meget rigelige i forhold til landets energibehov, og der er således gode muligheder for på længere sigt at skabe en dansk energiforsyning baseret på vedvarende energikilder.

En væsentlig udvidelse af energiforsyningen fra vedvarende energikilder kræver:

- der skal findes en færdigudviklet, pålidelig og effektiv teknologi
- teknologien skal indpasses i det øvrige energisystem
- økonomien skal være i orden
- energitudnyttelsen skal afvejes mod andre hensyn, f.eks. natur- og landskabsbeskyttelse
- der skal være aktører og interessenter, som kan påtage sig at stå for udbygningen
- udnyttelsen af potentialet må organiseres rationelt

I max indsats forløbet er det uden videre forudsat, at disse forhold er bragt på plads. En udbygning med vindkraft, så den dækker en væsentlig del af elforsyningen vil f.eks. kræve,





- at der findes lokaliseringer, som er afvejet mod natur- og landskabshensyn,
- at udbygningen er organiseret i parker med store møller,
- at vindkraftudbygningen integreres i det øvrige elsystem, og
- at udbygningen sker ved kompetente aktører og sikres økonomisk

30

Tilsvarende vil f.eks. en systematisk brug i stor skala af geotermisk energi i de store fjernvarmesystemer bl.a. kræve, at den geotermiske varme indpasses i det aktuelle produktionsmønster af el og varme.

Andre typer af problemer skal løses i forbindelse med småskala anlæg for vedvarende energi, hvor forsyningen skal organiseres i forhold til et stort antal interessenter.

En dansk indsats for vedvarende energi kan med fordel tilrettelægges under indtryk af, hvad der rummer internationale perspektiver med hensyn til teknologudvikling og eksport.

Der er således behov for en indsats på flere niveauer - teknologisk, organisatorisk, økonomisk osv. - for at få den vedvarende energi fremmet til en hovedrolle i fremtidens energiforsyning. Det tager mange år at gennemføre denne indsats.

Energiforsyningssystemet

For at strække de nuværende reserver af fossile brændsler og samtidig reducere CO₂-udledningen mest muligt, er det nødvendigt at forsyningssystemet indrettes med henblik på en gennemtænkt, effektiv brændselsudnyttelse.

En fortsat effektivisering af hele energisystemet forudsætter således, at alle led må vurderes, fra udvindingen af energi, transport, konvertering, distribution til slutforbrug. Det betyder også, at de forskellige elementer må vurderes på tværs, - el, varme, naturgas, olie, kul, vedvarende

energi mv., - og at koblingsmulighederne udnyttes til kraftvarmeproduktion, varmepumper, løsning af reserve- og el-overløbsproblemer mv.

I fremtiden må det forventes, at der vil blive lagt mere vægt på indholdet af en energitjeneste, dvs. ydelsens pris og kvalitet, samt det ressourceforbrug, der ligger bag. Det bliver derfor ikke kun nettoenergi prisen, der fokuseres på. Hvordan vægten vil blive lagt, vil bl.a. afhænge af de forskellige incitamentter i form af afgifter, effektivitetskrav mv.

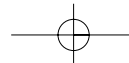
Via brugen af energitjenester er hver især med til at bestemme et ressourceforbrug, og dermed bidraget til den globale miljøbelastning. Ud fra en bæredygtighedssynsvinkel bør der sikres et helt andet kritisk forhold til ineffektiv energiforsyning, f.eks. udtrykt i efterspørgsel efter "grøn el", "skrabe-el" osv.

Den danske energisektor har længe været på vej ind i nye opgaver med øget vægt på energieffektivisering, vedvarende energi, kraftvarme mv. Det gør på forhånd sektoren godt rustet til en mere bæredygtig fremtid. Forventningen om nyorientering rejser naturligt spørgsmålet om den videre organisering.

Markedsåbning

I EU har man gennem flere år søgt at skabe enighed om fælles regler for øget konkurrence på el- og naturgasområdet. De øvrige nordiske lande gennemfører en elliberalisering, og Norge og Sverige er ved at etablere en fælles elbørs. Dette rejser spørgsmålet om, hvordan den danske energi- og miljøpolitik realiseres i et mere konkurrencepræget energimarked.

Markedsåbning vil ændre rammerne for realisering af den danske miljø- og energipolitik, f.eks. vil den hidtidige aftalebaserede styring af energisektoren næppe kunne opretholdes på samme måde. Der vil være behov for, at de offentlige



forpligtelser, som el- og gasselskaberne pålægges for at sikre miljøhensyn og forsyningssikkerhed, præciseres og fastlægges i forhold til selskabernes kommercielle råderum.

Mere konkurrencebetonede el- og gasmarkeder vil påvirke investeringsadfærdigheden på grund af øget usikkerhed om forrentningen af de gennemførte investeringer. Krav om hurtigere tilbagebetaling og høj risikodækning vil vanskeliggøre finansiering og gennemførelse af langsigtede og kapitalintensive investeringer. Brændselsbillige teknologier som f.eks. mange former for vedvarende energi vil komme i klemme.

Transport

Transportområdet står verden over for høje vækstrater. Ved en fortsat dansk vækst i transportsektoren bliver det stadig vigtigere at koordinere yderligere initiativer inden for alle dele af energiområdet for at opfylde den samlede nationale målsætning om 20% CO₂-reduktion i år 2005. Sker dette ikke, kan konsekvensen blive, at der i stedet for mulige, billige besparelser på transportområdet satses på forcerede og relativt dyre besparelser i den øvrige energisektor.

Der er behov for initiativer, der sigter på at transportsektorens mål om reduktion af CO₂-udledningen opnås. Samtidig må initiativerne vælges, så de er de mest hensigtsmæssige og samfundsøkonomisk set mest effektive vurderet på tværs af alle energiforbrugende sektorer.

Erhvervsfremme

Den internationale tendens til øget fokus på energieffektivitet og reduktion af miljøbelastning skaber efterspørgsel efter teknologier til at løse disse opgaver. Det bliver en vigtig opgave at fortsætte med at skabe de rette rammer og markedsforhold for fremtidens "succestekno-



logier" ved at arbejde for, at både produktudbuddet og brugernes krav rettes fremad. Indsatsen bør sættes ind i hele kæden fra fabrikant til forbruger - fra forskning og produktudvikling, omstilling af produktsortiment, markedsføring af nye teknologier osv. ud til påvirkning af den enkelte forbrugers valg.

Den danske eksport af energiidstyr er inde i en massiv vækst, hvor eksporten voksede med 60% fra 1992 til 1994. Udviklingen af dansk udstyr og know how er således på et niveau, så der opnås konkurrencemæssige og beskæftigelsesmæssige fordele. Styrkepositionerne er f.eks. vedvarende energi, energieffektivisering, fjernvarme, kraftvarme og effektiv kulteknologi. I en eksport- og erhvervsammenhæng gælder det om både at udnytte eksisterende danske styrkepositioner på det internationale marked, og at skabe nye.

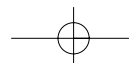
Dansk energipolitik på kort og langt sigt
Det danske samfund skal sikres en billig, sikker og miljøvenlig energiforsyning.

På kort sigt vil udfordringerne ligge i at udvikle CO₂-målene og de strukturelle ændringer på energimarkedet.

I et længere tidsperspektiv får hensynet til *forsyningsikkerhed* og *miljø* stigende betydning. Hvis der ikke gøres nye betydelige fund af olie og naturgas, vil knapheden på disse energiråvarer gradvis tage til i verden som helhed. Hvis der viser sig nye store olie- og gasforekomster, eller satses massivt på anvendelse af kul, vil CO₂-udledningen stige til det uacceptable. Der vil derfor under alle omstændigheder være behov for internationale initiativer, der sigter på reduktion af det fossile energiforbrug og CO₂-udledningen.

Danmarks situation kan ses som et billede af den globale situation. De danske olie- og gasressourcer vil imidlertid

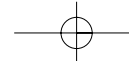
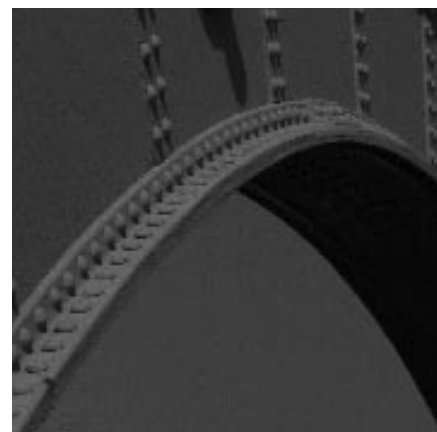
31





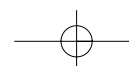
udtømmes før de globale fossile energiresourcer. Med dette udgangspunkt kan vi ruste os til at møde den langsigtede udvikling ved at tilrettelægge en dansk energipolitik, der allerede på kort sigt giver høj prioritet til reduktion af anvendelsen

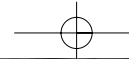
af fossile energiresourcer uden samtidig nedgang i den økonomiske velstand. Danmark kan dermed vælge at skabe sin energifremtid på en måde, der har relevans for kloden som helhed.



Som led i *Danmarks Energifremtider* har Energistyrelsen udsendt en række baggrundsrapporter:

- Teknologidata for el- og varmeproduktionsanlæg
- Teknologikatalog - energibesparelser i den offentlige sektor
- Teknologikatalog - energibesparelser i boligsektoren
- Teknologikatalog - energibesparelser i erhvervslivet
- Teknologidata for vedvarende energianlæg - del 1
- Teknologidata for vedvarende energianlæg - del 2: biomasseteknologier
- Energiforbrug, livsstil og adfærd
- Beregningsforudsætninger for Danmarks Energifremtider
- Fremtidige forsyningsmuligheder med olie og naturgas
- Danmarks vedvarende energiresourcer
- Energiforskning - status og perspektiver
- Den internationale udvikling på energiområdet
- Klimaproblemer og drivhuseffekten
- Eksport af danske energiprodukter og -ydelser
- Energy Use in Denmark and other OECD Countries

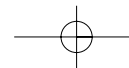




2.

Energisektorens udfordringer





2.1 Sammenfatning

Energihandlingsplanen *Energi 2000* fra 1990 indebar, at en sammenhængende indsats mod de truende klimaproblemer fik højeste prioritet. Handlingsplanens elementer er i vidt omfang gennemført og fulgt op siden.

De tidligere energiplaner fastlagde på lignende vis konkrete mål for energisektorens fremtid. I *Dansk energipolitik 1976* (DE 76) var det primært landets afhængighed af importeret olie, som skulle reduceres. I *Energiplan 1981* (EP 81) blev især samfundsøkonomi og i et vist omfang miljøhensyn prioriteret. Fra midten af 1980'erne fik udviklingen af vedvarende energi og energibesparelser ny vægt. Energiplanerne er blevet fulgt op af konkrete handlinger, og vi kan i dag se markante resultater.

Energisektoren står over for nye udfordringer. Belastningen af det globale miljø vokser i takt med befolkningsvækst, økonomisk vækst og et heraf afledt øget forbrug af energi. Sektoren påvirkes samtidig af den internationale åbning af energimarkederne. Tendensen går i retning af mere åbenhed, øget konkurrence og forstærket samhandel.

2.2 Dansk energipolitik

Efter olieforbrugs-krisen i 1973/74 blev energi taget op som et politikområde i datidens olieafhængige Danmark. Siden

er der udarbejdet tre egentlige energiplaner - *Dansk Enerkipolitik 1976* (DE76), *Energiplan 1981* (EP81) og energihandlingsplanen *Energi 2000* fra 1990. På transportområdet blev i 1990 udarbejdet *Transporthandlingsplanen for miljø og udvikling*. I 1993 blev fulgt op på handlingsplanerne i *Energi 2000 - opfølgningen* og *Trafik 2005*.

Energiplaner 1976-90

Dansk Enerkipolitik 1976

I 1976 blev den første samlede energipolitik fremlagt i *Dansk Enerkipolitik 1976*. Den overordnede målsætning var at sikre forsyningsikkerheden gennem opbygning af et flerstrengt energiforsynings-system, der skulle mindske afhængigheden af olietilførsler fra OPEC-landene. Denne målsætning førte til en lang række initiativer:

- beslutningen om udnyttelse af de indenlandske ressourcer af olie og naturgas i den danske del af Nord-søen,
- igangsætning af en overordnet varmeplanlægning, som dels skulle udnytte "overskudsvarmen" - dels udbygge med kraftvarme, og dels sikre udbygning af naturgasforsyningen,
- vedtagelse af love vedr. naturgas-, el- og varmforsyning, energibesparelser, udnyttelsen af Danmarks undergrund mfl.,
- indsats i form af tilskud, kampagner



- mv. til energibesparelser og efterisolering af bygninger mv.,
- indførelse af energiafgifter.

Parallelt reserveredes arealer til placering af atomkraftværker, og elsektoren begyndte at organisere sig med henblik på en atomkraftudbygning.

Energiplan 81

Næste energikrise indtraf samtidig med, at initiativerne i *DE 76* faldt på plads. Det lykkedes OPEC som kartel at presse olieprisen op til det femdobbelte i forhold til tiden før 1973, og samfundsøkonomierne og industrierne i hele OECD-kredsen oplevede markante stigninger i omkostningerne til energi. Den ny energiplan, *EP 81*, lagde specielt vægt på, at samfundets energi skulle sikres til lavest mulige omkostninger. Dette skulle primært ske ved omlægning fra olie- til kul-fyring på kraftværkerne, udbygning med kraftvarme samt udnyttelse af indenlandske energikilder som naturgas og vedvarende energi. Naturgas fik en stadig større betydning som brændsel i varmeværker, villaområder og industrien. Planen skitserede desuden en mulig udbygning med 60.000 små vindmøller, der skulle kunne dække ca. 10% af Danmarks elforbrug.



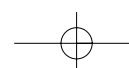
Til sammenligning er der i dag opført ca. 3.500 vindmøller, der tilsammen bidrager med godt 4% af elforbruget.

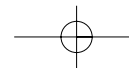
Beslutninger og aftaler midt i 1980'erne

I 1985 vedtog folkettingen, at kernekraft ikke skal indgå i dansk energipolitik. Beslutningen blev begrundet med de uløste problemer med affaldshåndteringen samt de øvrige risici, der er forbundet med udnyttelsen af kernekraft.

Samme år indgik energiministeren en aftale med elværkerne om udbygning med 100 MW vindkraft. Der skete samtidig en kraftig udbygning med privatejede møller.

I 1986 blev der indgået en aftale mellem den daværende regering (K, V, KRF og CD) og Socialdemokratiet om rammerne for den fremtidige eludbygning. Det blev således aftalt, at der over en femårig periode skulle ske en udbygning med decentrale kraftvarmeværker, svarende til en samlet kapacitet på 450 MW. De decentrale værker skulle fyres med indenlandske brændsler, dvs. naturgas, halm, træflis, biogas og affald. Aftalen fremhævede endvidere behovet for en forstærket indsats på energibesparelsesområdet. Som opfølgning på aftalen fik Amtskomunerne og Kommunernes Forsknings-





institut sammen med elværkerne til opgave at kortlægge elforbruget, vurdere mulighederne for elbesparelser og gennemføre lokale forsøg med forskellige virkemidler.

Parallelt blev det muligt for kommunale og andelsejede fjernvarmeværker mfl. at etablere decentrale kraftvarmeværker via en særlig elafregning, som var forhandlet mellem elværkerne og Energiministeriet.

Energi 2000 og dens opfølgning

I 1988 fremkom den daværende KVR-regering med en handlingsplan for miljø og udvikling som opfølgning på Brundtland-rapporten. Brundtland-rapporten anbefalede bl.a., at energiforbruget pr. indbygger blev halveret over de kommende 40-50 år.

Centralt i handlingsplanen indgik begrebet "bæredygtig udvikling" defineret som "den udvikling, der tilfredsstiller den nuværende generations behov uden at mindske fremtidige generationers muligheder for at tilfredsstille deres behov." Hensynet til bæredygtig udvikling skulle gennemtrænge hele den politiske og administrative struktur, og i sidste instans hele samfundet.

Den overordnede handlingsplan udpegede initiativer i en række sektorer, herunder opstilling af specifikke handlingsplaner for energi og transport.

Energi 2000

Energihandlingsplanen *Energi 2000* fokuserede på *reduktion af energisektorens bidrag til de globale miljøproblemer*, og især til udledningen af CO₂. Der udfordres en langsigtet politik, med det formål at begrænse energiforbruget og at reducere energisystemets skadelige miljøpåvirkninger.

Planen lagde vægt på *sammenhængende løsninger*, der på en gang tager hensyn til ressourceforbrug og til samtlige aspekter af miljøet. Reduktion af energisektorens miljøbelastning skulle ske på den mest omkostningseffektive og miljøforsvarlige måde, set for samfundet som helhed. Det fremtidige energisystem skulle være *fleksibelt og robust*, for at imødegå usikkerheden om udvikling i tekniske muligheder og økonomiske parametre, og usikkerhed om klimaproblemets omfang.

Den daværende KVR-regering iværksatte et *handlingsprogram*, der skulle skabe grundlag for:

- at nedbringe den danske udledning af kuldiioxid med 20% i år 2005 i forhold til niveauet i 1988
- yderligere reduktion af SO₂ og NO_x-udledninger frem til år 2005
- sikring af det danske samfunds behov for en sikker, effektiv og økonomisk energiforsyning
- reduktion af bruttoenergiforbruget med knap 15%

Handlingsplanen rummede fire hovedindsatsområder:

- besparelser i energiforbruget
- omlægning og effektivisering af forsyningssystemet
- omlægning til renere energikilder
- forskning og udvikling

Under disse fire hovedområder blev der opstillet i alt 72 konkrete initiativer, som skulle sætte udviklingen i energisektoren på et spor, der muliggjorde, at målene blev nået.

Skiftende regeringer har siden orienteret Folketinget om energiplanens udvikling gennem de årlige energipolitiske redegørelser. Planen fastlagde, at det *inden udgangen af 1995* skal vurderes, om



der er behov for justering af handlingsplanens målsætninger og virkemidler.

Transporthandlingsplanen for miljø og udvikling og Trafik 2005

Parallelt med *Energi 2000* udarbejdede trafikministeren i 1990 *Transporthandlingsplanen for miljø og udvikling*. Målet var at stabilisere CO₂-udledningen på 1988-niveauet i 2005, og at reducere den med 25% i 2030.

Miljømålene blev bekræftet i handlingsplanen *Trafik 2005* fra december 1993.

Opfølgning af Energi 2000 og andre initiativer

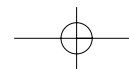
Energihandlingsplanen er blevet fulgt op af en række centrale initiativer, herunder:

- *Decentral kraftvarme mv.*: Aftalen af 20. marts 1990 mellem KVR-regeringen og Socialdemokratiet blev hovedgrundlag for selve *Energi 2000*. Aftalen omhandlede udbygning af decentral kraftvarme, øget tilslutning til kollektive forsyningssystemer og anvendelse af naturgas på centrale kraftværker, samt en vindkraftudbygning på yderligere 100 MW, som elværkerne skulle forestå.
- *CO₂-afgift samt tilskud*: "CO₂-pakken" fra maj 1992 omfattede fire tilskudslove, der bl.a. gav mulighed for at yde statstilskud i forbindelse med omstilling til eller udnyttelse af kraftvarme.
- *Biomassehandlingsplan*: Aftalen af 14. juni 1993 mellem regeringen, Venstre, Det Konservative Folkeparti og SF om øget anvendelse af biomasse i energiforsyningen og til industrielle formål.
- *Effektivitetsnormer for apparater mv.*: Lovgivningen fra marts 1994 åbnede for, at der kan stilles generelle energieffektivitetskrav til apparater og udstyr.
- *Integreret ressourceplanlægning*: Lovgiv-

ningen fra februar 1994 pålagde elseskaberne at gennemføre planer for elbesparelser og for udbygning.

- *Bygningsreglement*: Bygningsreglement 1995, med ikrafttræden 1. januar 1996, betød en reduktion i nettovarmebehov for nybyggeri på 20-25%.
- *Energimærkning*: EU-Kommissionen indførte fra 1. januar 1995 energimærkning af køle-/fryseapparater og vedtog energimærkning for vaskemaskiner og tørretumblere. Det blev endvidere planlagt at energimærke yderligere apparater.
- *Grønne afgifter*: Som led i skattereformen 1994-98 pålagde lovgivningen af juni 1993 husholdningerne en række forhøjede og nye grønne afgifter. Lovgivningen fra juni 1995 pålagde erhvervene at betale en svovlafgift, samt øgede CO₂-afgifter på tunge og lette processer samt nye afgifter på rumopvarmning, som vil blive optrappet til samme niveau, som gælder for husholdninger. Desuden åbnede lovgivningen op for anvendelse af aftaler mellem myndigheder og virksomheder.
- *Vedvarende Energi*: Miljø- og energiministeren fremlagde i november 1995 *Vedvarende Energi - nye initiativer*, som sigter på en udbygning med vindkraft, biomasse og solvarme.

Samlet set har disse initiativer sammen med de andre initiativer, der er udsprunget af *Energi 2000*, haft som mål at sikre en reduktion af energisektorens CO₂-udledning, og dermed medvirke til at skabe en bæredygtig udvikling i energisektoren på længere sigt. På afgiftsområdet er der skabt incitamenter for besparelser, effektivisering og brændselsomlægninger i slutforbruget. Med de grønne afgifter fra 1995 er der endvidere skabt øgede incitamenter for erhvervslivet.



2.3 De internationale udfordringer

En stærk økonomisk udvikling og en fortsat kraftig befolkningsvækst i en række folkerige u-lande er en realitet, som har store konsekvenser for det globale miljø, den økonomiske udvikling og forsyningsikkerheden.

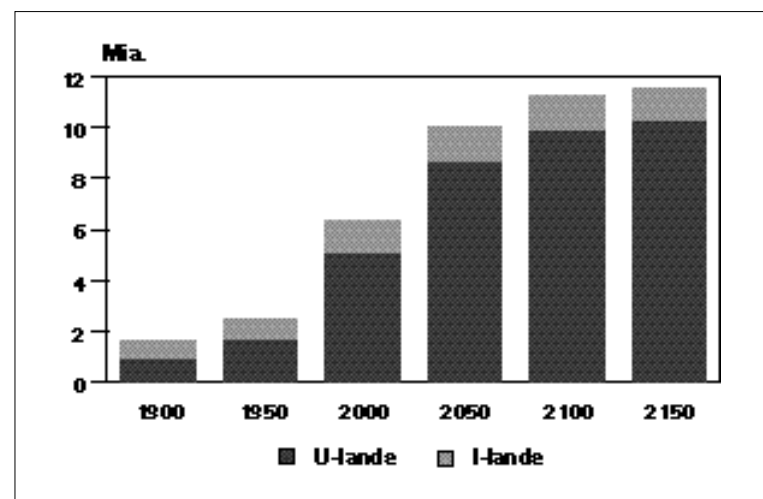
Udviklingspresset er knyttet tæt sammen med tendensen til en globalisering af den internationale økonomi og en stigende integration af de nationale økonomier og markeder, herunder også energimarkederne.

Jordens befolkning forudses at vokse fra de nuværende 5,7 milliarder til omkring 8,5 milliarder i år 2025 og 10 milliarder i 2050. Befolkningsfremskrivningen for den næste snes år peger på en sandsynlig forøgelse med 1,5 til 2 milliarder mennesker på kloden. Tilvæksten vil hovedsageligt ske i de mindst udviklede lande.

Befolkningsvæksten og den stærke økonomiske vækst vil øge presset på naturressourcerne, og føre til en kraftig stigning i energiforbruget i tredjeverdenslandene og de nye økonomier i Asien. Det stigende energiforbrug indebærer en øget risiko for menneskeskabte klimaændringer, tiltagende lokale og regionale forureningsproblemer og - på lidt længere sigt - en øget sandsynlighed for internationale forsyningskriser.

Danmark er som en lille og åben økonomi i høj grad påvirket af denne udvikling. Udfordringen består i at indrette energipolitikken, så den kan tage højde for, at flere og flere skal dele de samme ressourcer - i form af energiresourcerne, naturgrundlaget og verdens miljøtilstand.

FIGUR 2.1 Udviklingen i verdens befolkning, FN's middelforudsigt.



Kilde: FN's befolkningsprognose, 1992.

Det globale perspektiv for energiforbruget og det økologiske råderum

I dag beslaglægger den fjerdedel af jordens befolkning, som bor i de industrialiserede lande, tre fjerdedele af jordens forbrug af naturressourcer. Energiforbruget i den rige del af verden er ca. 20 gange større pr. indbygger end det gennemsnitlige forbrug i de fattige lande. En forøgelse af forbruget i de fattige lande til et niveau, der blot nærmer sig niveauet i vores del af verden, vil indebære et voldsomt forøget pres på naturressourcerne, og herunder et stærkt øget træk på de fossile energikilder kul, olie og gas. Olie- og gasressourcerne vil blive udtømt i løbet af nogle generationer, medens kulforekomsterne kan strække længere.

Forekomsterne er ulige fordelt i verdens lande, og dette kan fra tid til anden skabe markedsspændinger og forsyningskriser, især på længere sigt. Der ligger derfor fortsat en hovedopgave i at sikre en

effektiv udnyttelse og fordeling af Jordens olie- og gasressourcer.

For at konkretisere og operationalisere kravet om en bæredygtig udvikling er der i Holland sket en introduktion af begrebet "økologisk råderum". Det økologiske råderum defineres - ud fra et globalt synspunkt - som den mængde naturressourcer, der kan bruges pr. år, uden at vi forhindrer fremtidige generationer i at få adgang til den samme mængde og kvalitet. Et vigtigt aspekt har samtidig været, at alle mennesker skal have ret til sin del af det økologiske råderum, og dermed

have mulighed for at opnå den materielle velfærd, som det økologiske råderum og den teknologiske formåen betinger.

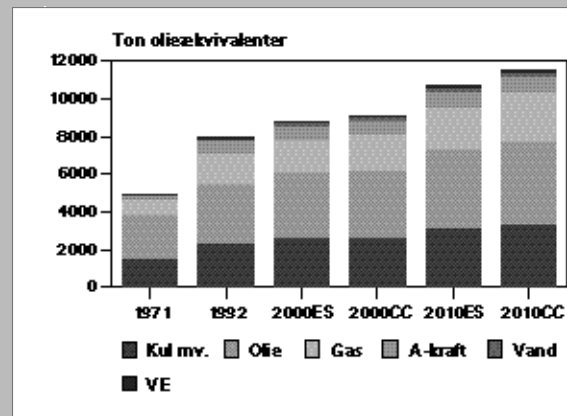
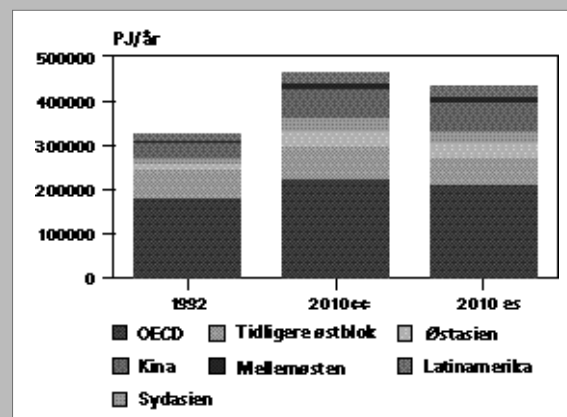
Skal der skabes en udvikling, som både sikrer, at koncentrationen af drivhusgasser, især CO₂, i atmosfæren stabiliseres, således at fremtidige generationers livsvilkår ikke forringes, og samtidig sikrer en ligelig belastning af miljøet pr. indbygger i verden, vil det kræve meget store reduktioner i ikke mindst de industrialiserede landes udledninger af drivhusgasser.

Efter de to oliekriser i 1970'erne lykkedes det mange af OECD-landene at

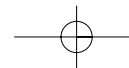
Verdens energiforbrug vokser

Det Internationale Energiagentur (IEA) peger i sine seneste vurderinger på, at det globale energiforbrug frem til 2010 vil stige 35-45%, med mindre landene tager langt skarpere virkemidler i anvendelse. Væksten i energiforbruget vil være stærkest i det sydøstlige Asien med mere end en fordobling af energiforbruget. Energiforbruget i OECD-landene ventes tillige at vokse med 16-25%, primært som følge af væksten i transportsektoren. Væksten vil altoverskyggende være baseret på kul, olie og naturgas.

OECD's andel af det globale energiforbrug vil være faldende frem mod 2010 i takt med større økonomisk vækst i specielt en række sydøstasiatiske lande. Men også efter 2010 vil OECD-landenes energiforbrug pr. indbygger være flere gange højere end niveauet i de fleste udviklingslande.



Figurene viser IEA's to udviklingsforløb for det globale energiforbrug, fordelt på regioner og brændsler. CC-forløbet bygger på en øvre kapacitetsgrænse, og ES-forløbet er et energispare-forløb.



bryde paralleliteten i væksten i bruttonationalprodukt og energiforbrug. Det vil være en endnu større og tidskrævende udfordring at bringe det fossile energiforbrug under kontrol globalt og samtidig sikre fortsat økonomisk vækst verden over.

Integration af verdensøkonomien

42

Gennem de senere år er der sket en øget integration af verdensøkonomien. Der er dannet nye regionale og internationale markeder. Denne markedsdynamik globalisering skaber en international dynamik gennem øget arbejdsdeling og samhandel mellem virksomheder, lande og regioner. Særlige konkurrencemæssige fortrin kan udnyttes på et større marked via udveksling af varer og tjenesteydelser.

Tidligere lukkede økonomier i Sovjet-blokken har på få år åbnet sig for omverdenen. En række større udviklingslande har tilsvarende opgivet tidligere tiders meget lukkede udviklingsstrategier. I EU påvirker gennemførelsen af Det Indre Marked energiområdet, der hidtil har været præget af nationale monopoler på el og gasområdet. Endelig har afslutningen af Uruguay-runden og oprettelsen af World Trade Organisation kodificeret en generel, international sænkning af told- og andre handelsbarrierer. Denne udvikling medvirker til øget økonomisk vækst og sætter nye rammer for den energi- og miljøpolitiske regulering i Danmark.

Globaliseringen øger konkurrencen mellem lande og virksomheder på mange planer. Landene konkurrerer indbyrdes med hensyn til at skabe gunstige betingelser for virksomhederne. Markedsåbningen mellem lande medfører således, at de nationale politikker kommer under pres, dels for at åbne for international handel, dels for at styrke virksomhedernes konkurrenceevne.

En "proaktiv" energi- og erhvervspolitik

En såkaldt "proaktiv" energi- og erhvervsfremmepolitik indebærer, at landet via samarbejde om en fremsynet miljø- og energipolitik udvikler og skaber efterspørgsel efter indenlandsk producerede produkter, f.eks. udstyr til vedvarende energi, tidligere end den tilsvarende efterspørgsel opstår i udlandet. Når det udenlandske marked så vokser op, vil danske virksomheder have en komparativ fordel, som danner grundlag for øget eksport, og dermed beskæftigelse.

Hvor energipolitikken i mange lande hidtil har skabt nationale svar på ydre trusler, især olieforsyningskriserne, bliver fremtidens udfordring at kombinere ambitiøse energi- og miljøpolitiske målsætninger med hensynet til erhvervenes konkurrencedygtighed.

Er energipolitikken ikke afstemt efter de internationale markedsvilkår, vil den internationale konkurrence kunne forringe landets udviklingsbetingelser. Er energipolitikken derimod fremsynet og en smule foran den internationale udvikling, vil det kunne give en række konkurrencemæssige fordele.

I Danmark har industripolitiske aspekter været et væsentligt hensyn i den førte energipolitik. Indsatsen på hjemmemarkedet har kunnet udnyttes til en eksportmæssig fordel, der nu giver et væsentligt bidrag til dansk økonomi og beskæftigelse, jf. afsnit 2.7. Alt tyder på, at markedet for rene og effektive energiteknologier vil være i fortsat vækst i fremtiden.

Det bedste bidrag Danmark kan levere til en bæredygtig, global udvikling, er at gå i spidsen og vise, at det kan lade sig gøre at reducere CO₂-udslippet uden at

sætte økonomien over styr. Og i kraft af denne indsats samtidig udvikle nogle af de teknologier, der kan bidrage til at sikre en samlet international reduktion.

Den europæiske udfordring

Europa står for det første over for at skulle skabe en bæredygtig økonomisk vækst, der på en gang medvirker til øget beskæftigelse og et lavere forbrug af energi og naturressourcer.

For det andet er Europa ved at etablere ændrede markedsbetingelser for bl.a. energisektoren.

Europakommissionens hvidbog

Europakommissionens hvidbog "Vækst, konkurrenceevne og beskæftigelse" fra 1993 peger på en udviklingsmodel, hvor beskæftigelse og ressourcebevidsthed prioriteres højere end nu:

- "Selv om hurtige teknologiske fremskridt vil løse mange problemer, kan energi ikke længere betragtes som en ubegrænset ressource, især ikke i betragtning af de eksterne omkostninger i form af klimaforandringer, forsurening, helbredsrisici, atomaffald og risikoen ved atomkraft."
- "...Herefter er det et spørgsmål, om ikke stadig større del af de økonomiske væksttal vedrører illusoriske snarere end reelle økonomiske fremskridt."
- "Den måde, energi anvendes på, er et centralt element i den nye udviklingsmodel. Sideløbende med liberaliseringen af det indre el- og gasmarked bliver fællesskabet nødt til at træffe strategiske valg, der hidtil udelukkende har været medlemsstaternes ansvar. Disse valg vedrører især en kraftig udvikling henimod en styring af efterspørgslen og spredning af udbuddet til fordel for mere miljøvenlige teknologier"

Bæredygtig udvikling

Den markedsøkonomiske udviklingsmodel, som mange udviklingslande stræber efter, ligner på mange måder den model, som de industrialiserede lande længe har benyttet. Det er imidlertid en samfundsmodel, hvor der ikke automatisk opnås en optimal fordeling af arbejdskraft og naturressourcer.

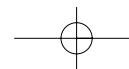
For de europæiske lande har konsekvensen i de senere år været en utilstrækkelig udnyttelse af arbejdskraftressourcerne - med arbejdsløshed som et konkret udslag. Samtidig er der sket en voldsom udnyttelse af naturressourcerne - med miljøbelastning og grænseoverskridende forurening til følge. EU har desuden meget små olie- og gasreserver i forhold til forbruget, og er således afhængig af import fra Norge, Rusland, Mellemøsten og Nordafrika.

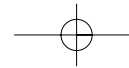
Internationalt erkendes det, at denne udvikling næppe er bæredygtig i miljø-mæssig forstand. FN's Verdenskommission for miljø og udvikling udsendte i 1987 *Brundtland-rapporten*, som peger på behovet for en såkaldt bæredygtig udvikling. Maastricht-traktaten fra 1991 prioriterer udtrykkeligt bæredygtighed som et nyt gennemgående princip i EU's miljøpolitik, også udtrykt i det europæiske miljøhandlingsprogram *Mod en bæredygtig udvikling*.

Markedspolitikken

EU har ikke nogen veldefineret, traktatfæstet energipolitik. Det betyder, at fremdriften i EU's energipolitik oftere er et resultat af forskellige initiativer, der har energimæssige implikationer, end egentlig begrundet i energi- og miljøpolitiske hensyn. Energiforsyningsituationen og organisationen i medlemslandenes energisektorer er meget forskellige. Konsekvensen heraf har været meget divergerende holdninger til EU-energi politik og vanskelig

43





heder med at få vedtaget forpligtende regler, der kan løse fælles energi- og miljøproblemer.

EU er for 50-70% vedkommende afhængig af import af energi. Denne afhængighed forventes at stige de kommende år. Der arbejdes aktivt for at sikre energiimport fra producentlandene uden for EU, bl.a. via *Energicharteret*, som skal åbne for energihandel øst-vest. Charteret er underskrevet af 50 lande, herunder storproducenterne Norge og Rusland.

Inden for EU har skabelsen af Det Indre Marked været hovedtema siden 1980'erne. Drivkraften bag denne udvikling har hovedsageligt været ønsket om at øge den økonomiske vækst gennem nedbrydning af de hidtidige nationale barrierer. Danmark har i de generelle drøftelser om EU's fremtidige energipolitik arbejdet for, at miljøhensyn integreres i langt højere grad i energi- og indre markedspolitikken.

2.4 Miljømæssige udfordringer

Energianvendelsen - særligt brugen af fossile brændsler - har en række afledede effekter på miljøet. Miljøvirkningerne er lokale og regionale såvel som globale.

De globale virkninger handler især om bidraget til drivhuseffekten ved udledning af CO₂ og andre drivhusgasser. Mere end halvdelen af verdens samlede, menneskeskabte CO₂-emission kan føres tilbage til fossile brændsler.

Lokal luftforurening og regionale smog- og forureningsproblemer kan også i høj grad tilskrives energianvendelsen på grund af udledningen af SO₂, NO_x og partikler.

Hertil kommer effekter på lokalt niveau, som er knyttet til støj, visuelle forhold, energiafgrøder mv.

Europa's energifremtider

Europakommissionen har i oktober 1995 publiceret flere skitser for Europas energifremtider 2020:

- Grundforløbet regner med en vækst i energiforbruget på 24% frem til år 2020, mens CO₂-emissionen stiger med 13,5%. Øget elproduktion er hovedansvarlig for denne stigning, selv om den nye udbygning mest sker som naturgasfyrede combined cycle anlæg, ny kulteknologi og kraftvarme. Europas naturgasimport vil vokse med 300 mia. m³ i år 2020 i forhold til 1995.
- En anden skitse, "Forum", regner med, at nye, effektive teknologier trænger igennem parallelt med skabelsen af et globalt marked, bl.a. gennem en verdensomspændende offentlig indsats og ved at integrere miljøomkostninger i energipriserne. Skitsen skaber større økonomisk vækst end grundforløbet, hvorfor energiforbruget vokser til næsten det samme som i grundforløbet. Til gengæld reduceres CO₂-emissionen med 12,2% i forhold til 1995.

"Forum"-skitsen er interessant, fordi den også giver positive resultater i forhold til forsyningsikkerhed, konkurrenceevne, lav energiintensitet og teknologisk udvikling.

Drivhuseffekten

Energisektorens udledninger er en væsentlig bidragsyder til den øgede drivhuseffekt med global opvarmning, efterfølgende klimaforandringer og havstigninger til følge.

I det 20. århundrede er der sket en voldsom forøgelse af anvendelsen af fossile brændsler. Siden år 1900 er verdens samlede energiforbrug blevet sytten gange større som følge af den kraftige økonomiske vækst i verdens industrilande og den stærke befolkningsstigning fra 1,6 milliard mennesker ved århundredeskiftet til 5,7 milliarder i dag.

De fossile brændsler kul, olie og gas indeholder kulstof i varierende mængde, og danner derfor bl.a. drivhusgassen CO₂ ved afbrænding. Det øger CO₂-koncentrationen i atmosfæren, og den opkoncentrerede CO₂ forsvinder kun meget langsomt fra atmosfæren.

Biomasse - træ, halm, biogas, affald mv. - anvendt som brændsel er CO₂-neutral, eller *drivhusneutral*, fordi den mængde CO₂, der frigives ved forbrænding (eller anden nedbrydning), svarer til den mængde CO₂, der blev optaget ved biomassedannelsen. Efter tilplantning af ny skov o. lign. kan der således høstes CO₂-neutral biomasse. I tilgift hertil vil den del af skoven, der ikke høstes, udgøre et kulstoflager, og dermed bidrage til nedbringelse af atmosfærens CO₂-indhold.

CO₂-koncentrationen i atmosfæren er de seneste 150 år steget med 30%. Atmosfærens indhold af de andre naturligt forekommende drivhusgasser, metan og lattergas viser også markante stigninger.

Ifølge FN's klimapanel IPCC's nyeste skøn er det overvejende sandsynligt, at en fortsættelse af den hidtidige udvikling vil kunne føre til alvorlige globale klimaændringer. Atmosfærens stigende indhold af drivhusgasserne kuldioxid, CFC'er, metan og lattergas, forventes således at medføre en global temperaturstigning på omkring 1,5 til 3,5 °C og en havstigning på 15-95 cm ved slutningen af næste århundrede. De hurtige ændringer i temperatur- og nedbørsforhold vil forårsage en reduktion af den biologiske mangfoldighed i de naturlige økosystemer. Globalt set forventes produktionen af afgrøder at kunne opretholdes på det nuværende niveau. Der vil dog være store regionale forskelle og især i de fattige tropiske lande vil der være risiko for sult og hungersnød.

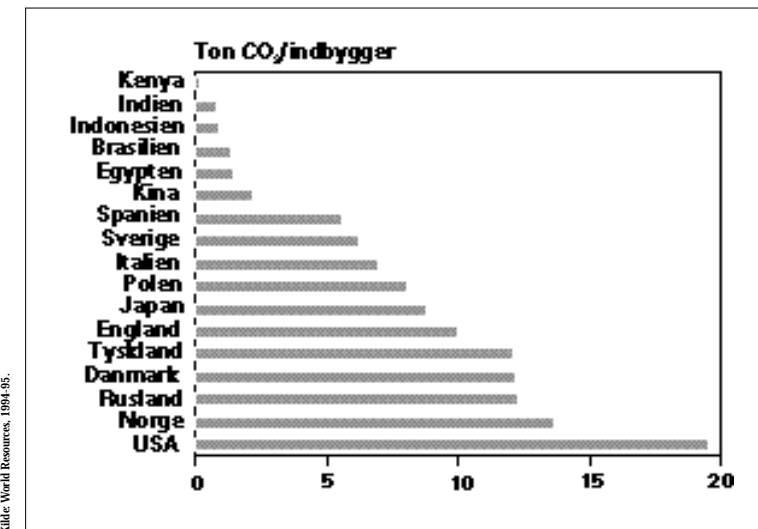
Optøning af permafrostområderne i de polare egne vil udgøre et særligt problem. Dels vil det medføre store ødelæggelser på f.eks. veje, bygninger og ledningsnet, og dels vil optøningen kunne føre til en kraftig feedback-mekanisme med øgede emissioner af drivhusgasserne kuldioxid og metan, hvilket der ikke er taget hensyn til i IPCC's skøn. For befolkningerne, der lever i lavtliggende kystområder, vil havstigningerne øge sårbarheden over for oversvømmelser og landerosion.

Økologisk råderum og CO₂-udledning

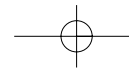
Fastlæggelsen af et økologisk råderum involverer CO₂-emissionerne. Et krav om undgåelse af forringelse for fremtidige generationer må betyde at væksten i koncentrationerne af drivhusgasser må bringes til ophør på et ufarligt niveau, jævnfør Klimakonventionens målsætning. For CO₂ vil dette kræve drastiske reduktioner i emissionerne.

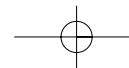
I dag er CO₂-koncentrationen i atmos-

FIGUR 2.2
CO₂ pr. indbygger i udvalgte lande.



Kilde: World Resources, 1994-95.





færen omkring 360 ppmv. Før industrialiseringen var den 280 ppmv.

Klimapanelet IPCC anslår, at CO₂-udledningen øjeblikkeligt skal mindst halveres, hvis en yderligere stigning i atmosfærens CO₂-koncentration skal forhindres. Dette lader sig naturligvis ikke gennemføre.

I stedet har klimapanelet set på, hvad en fortsat CO₂-udledning vil skabe af CO₂-koncentrationer. Hvis verdens samlede CO₂-budget er 2.500 mia.t frem til år 2100, vil koncentrationen øges til 450 ppmv, mens et verdensbudget på 4.000 mia.t vil resultere i 550 ppmv. Til sammenligning skønnes alle kendte gas- og olieforekomster at give 3.000 mia.t CO₂ ved afbrænding. Hvis også alle Jordens kulforekomster blev brændt af, ville udledningen være omkring 14.000 mia.t.

Klimapanelet har ud fra forskellige niveauer for slutkoncentrationer af CO₂ opstillet en række scenarier, hvor væksten i CO₂-udledningerne gradvis bremses, for efterhånden at blive reduceret.

Energistyrelsen har eksemplificeret det scenario, hvor stabiliseringen sker på 450 ppmv. I beregningen er antaget at de rige industrilande, som også har den højeste udledning pr.capita efter en kort årrække starter på reduktionen.

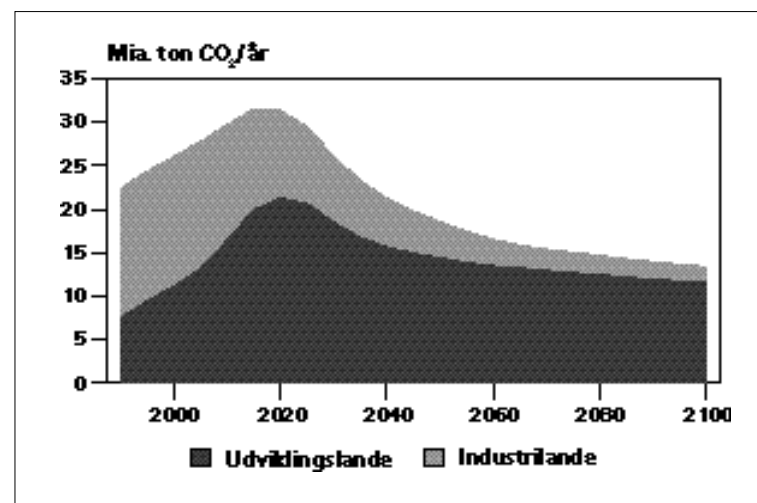
Udviklingslandene, som i dag har udledninger pr.capita, som udgør en brøkdel af industrilanden, fortsætter i en periode med at øge udledningen som led i deres økonomiske vækst. Med en 20-30 års forsinkelse starter så også reduktionen i udviklingslandene.

Den årlige reduktion i industrilandene vil skulle op på ca. 3% p.a. for at udledningerne pr.capita i alle lande skal nærme sig hinanden.

Scenariet er vist i figur 2.4 og 2.5.

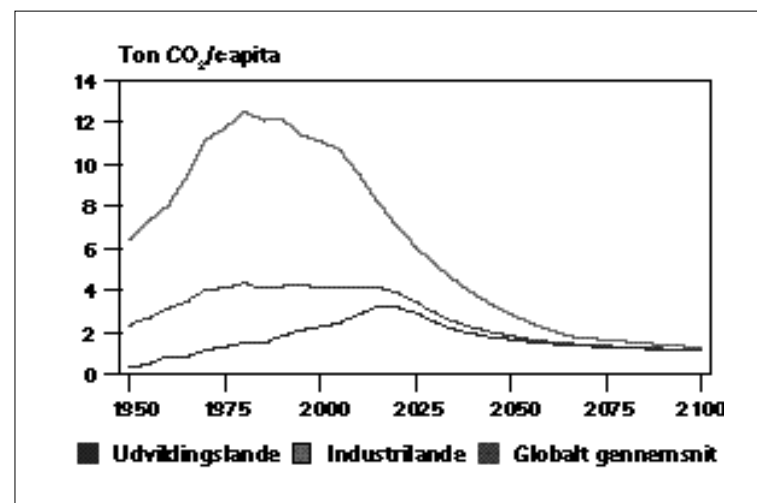
For Danmark vil en sådan udvikling betyde, at CO₂-udledningen pr. indbygger

FIGUR 2.3
Beregning af udviklings- og industrilanden CO₂-udledning i et scenario, hvor slutkoncentrationen bliver 450 ppmv.



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 2.4
Emissioner pr. capita i udviklingslande og industrilande i et scenario med 450 ppmv som slutkoncentration.



Kilde: Energistyrelsen.

skal reduceres fra ca. 12 ton i 1994 til 1,2 ton i år 2100, hvilket svarer til et forbrug i år 2100 på cirka 100 PJ fossile brænd-

sler for hele Danmark. Til sammenligning udgør brugen af fossile brændsler i 1994 760 PJ ud af Danmarks samlede energiforbrug på 817 PJ.

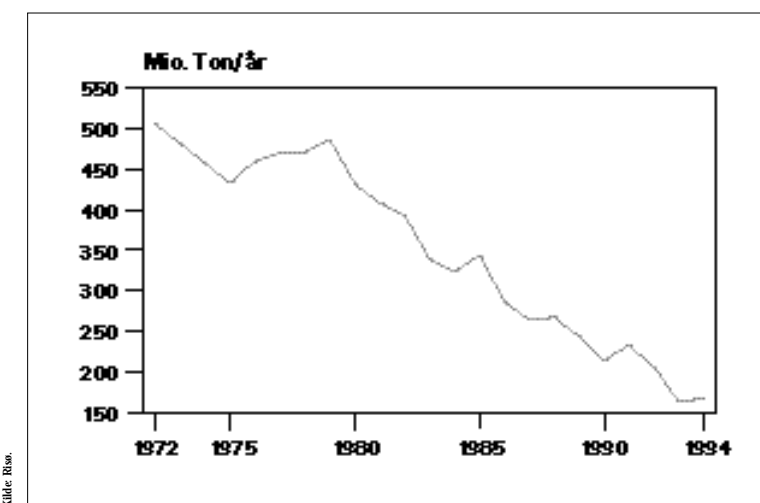
Forsuring, smog og lokal forurening

Energisektorens aktiviteter giver ligeledes anledning til regional og lokal luftforurening i form af forsuring, smog og udledning af uforbrændte partikler. De industrialiserede lande har tidligt gjort en indsats mod denne form for forurening gennem krav om anvendelse af renere brændsler og installering af filtre, røgrensning mv. EU har endvidere vedtaget direktiver for luftforurening fra større energianlæg.

De hastigt voksende storbyområder i Fjernøsten mfl. møder i disse år luftforureningsproblemer, og der er et stort pres for at nedbringe forureningen.

Den regionale luftforurening fra energianlæg omfatter svovldioxid (SO₂), kvælstofoxider (NO_x), ammoniak (NH₃) samt

FIGUR 2.5
Udviklingen i Danmarks SO₂-emissioner 1972-94. Kilde: Risø.



Kilde: Risø.

en række flygtige organiske forbindelser, som indgår i dannelsen af ozon. Hertil kommer en række tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer. Effekterne er forsuring, gødningseffekter (eutrofiering), smogdannelse, direkte effekter på planter, dyr og mennesker, materialeskader og generelt stigende baggrundsværdier af tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer.

Miljøpåvirkninger er tilknyttet hele energikæden, fra udvindingsprocessen til behandling, transport, afbrænding/omdannelse og deponering/genanvendelse af restprodukter.

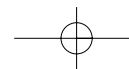
Den regionale luftforurening respekterer ikke landegrænser. F.eks. stammer kun 13% af det svovl, som falder ned i Danmark fra indenlandske kilder, resten kommer udefra, fortrinsvis fra Storbritannien og Tyskland. Til gengæld bidrager Danmark med en betydelig del af svovlforureningen i Sydsverige.

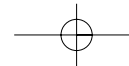
Udledningerne af svovldioxid er i disse år ved at blive begrænset ved at reducere svovlindholdet i brændslerne, afsvovling af røgen i kraftværkerne samt ved at fjerne svovlet under forbrændingsprocessen (fluid bed teknik). Kvælstofilter (NO_x) opstår som led i selve forbrændingsprocessen, og udledningen kan begrænses både ved at styre forbrændingen og ved efterfølgende rensning (f.eks. katalysatorer i biler og røggasrensning i kraftværker).

Anden luftforurening, især lokalt, opstår ved dårlig forbrænding i motorer, mindre brændefyr mv. Det drejer sig bl.a. om kræftfremkaldende aromatiske kulbrinteforbindelser (PAH-forbindelser) og dioxiner.

Natur- og landskabsbeskyttelse

Energianvendelsen sætter spor i natur og landskab som følge af minedrift, udnyttelse af olie- og naturgasfelter, marker til





energiagrøder, arealer til deponering af aske og affald, og placering af vindmøller, kraftværker, master osv.

F.eks. er kraftværkerne i Danmark store tekniske anlæg, typisk kystnært placeret, med en stor og kontrastfuld visuel effekt. Udnyttelsen af store mængder vedvarende energi i form af biomasse og vindkraft vil også føre til ændringer i landskabernes karakter.

48

Det danske landskab er i dag langt overvejende et kulturlandskab, præget af tidernes forskellige anvendelser af areal- og naturressourcer, bestemt af samfundets behov. Højspændingsmaster, vindmøller eller etablering af store kraftværker bruger af landskabet som ressource.

Landskabet er selvfølgelig ikke på forhånd reserveret til alene at opfylde energibehovet. Der må ske en afvejning omkring brugen af landskabets og naturens værdier, og denne afvejning inddrager nødvendigvis brugerne af landskabet og naturen - f.eks. landbrugsinteresser, fredningsinteresser og lokale hensyn.

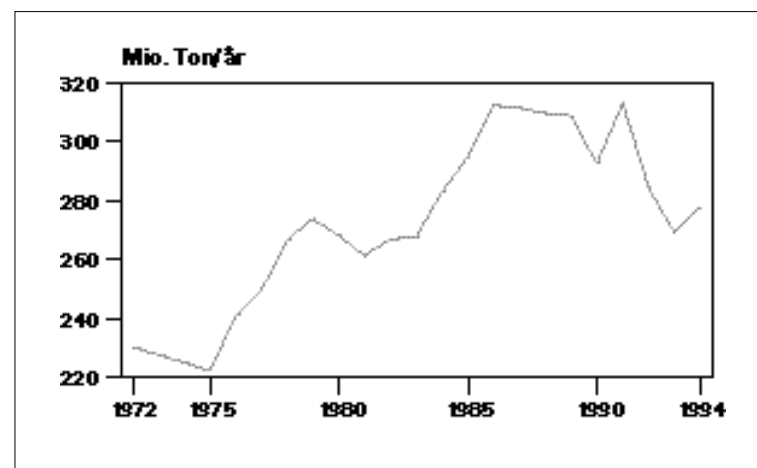
Udfordringen for energisektoren i forhold til areal- og naturressourcerne vil i fremtiden dreje sig om indpasning og afvejning af landskabelige hensyn i forhold til energibehov. Det stiller krav om udvikling af landskabsvenlige teknologier på energiområdet; energisektoren vil i høj grad skulle arbejde med landskabet, frem for at se natur og landskab som konfliktområder.

Den internationale miljøindsats

Efter "Brundtland-rapporten" fra 1987 blev klimaspørgsmålet taget op i internationalt regie.

- I 1988 organiserede FN klimapanelet Intergovernmental Panel for Climate

FIGUR 2.6
Udviklingen i Danmarks NOx -emissioner 1972-94.



Kilde: Risø

Change (IPCC), sammensat af over 2.000 forskere og eksperter fra hele verden. Panelet har til opgave at analysere og vurdere forskningsresultater på klimaområdet.

- Konferencen i Toronto 1988 anbefalede en stabilisering af den menneskeskabte drivhusgasemission i år 2000 og en 20% reduktion i år 2005. På lang sigt blev anbefalet en halvering af CO₂-emissionerne.

IPCC's første vurderingsrapport 1990 gav anledning til, at FN's 45. generalforsamling startede forberedelserne til en klimakonvention. Forberedelsesforhandlingerne mandede ud i 154 landes underskrivelse af FN's rammekonvention for klimaændringer på Verdenstopmødet for miljø og udvikling i Rio de Janeiro 1992.

Klimapanelet har udsendt sin anden vurderingsrapport i december 1995. Den konkluderer,



- at det er usandsynligt, at den konstaterede globale temperaturstigning alene kan skyldes naturlige variationer i klimasystemet. Det er med andre ord sandsynligt, at der er en sammenhæng mellem drivhuseffekten og den menneskeskabte udledning af drivhusgasser,
- at det over de næste 20-30 år er muligt at reducere energiforbruget med 10-30% med små eller ingen omkostninger og

FN's Klimakonvention

Klimakonventionens mål er en stabilisering af koncentrationen af drivhusgasserne i atmosfæren på et niveau, som kan forhindre en farlig menneskeskabt indvirkning på klimasystemet. Konventionen indeholder tre centrale elementer. De industrialiserede lande forpligtes til at stabilisere emissionen af drivhusgasser inden år 2000 i forhold til 1990 niveauet. Landene skal rapportere om planer og programmer for begrænsning af drivhusgasser og om overførelse af finansielle og teknologiske ressourcer til udviklingslandene for at fremme udvikling på et bæredygtigt grundlag.

Konventionen trådte i kraft i marts 1994, og den er på nuværende tidspunkt ratificeret af 143 lande, hvad der gør konventionen til en af de bredest dækkende i FN systemet. Dette indikerer til en vis grad emnets politiske betydning og alvor på globalt plan.

Den første Partskonference, som er konventionens besluttede organ, blev afholdt i Berlin i foråret 1995. Her blev der opnået enighed om, at den nuværende forpligtelse ikke er tilstrækkelig til at opfylde konventionens langsigtede målsætning om en stabilisering af koncentrationerne i atmosfæren. Man enedes om at igangsætte en proces, der vil gøre det muligt at skærpe de industrialiserede landes forpligtelser efter år 2000. Anden Partskonference finder sted i 1996. Senest på den tredje Partskonference i 1997 skal der forhandles målsætninger og virkemidler for reduktion af drivhusgasserne for årene 2005, 2010 og 2020. Disse nye forpligtelser omhandler alene industrilandene, de såkaldte Annex 1-lande (OECD-lande og landene med overgangsekonomier i Østeuropa).



- at der er et teknisk reduktionspotentiale for energiforbruget på 50-60%.

Rapporten er grundlag for forhandlingerne frem til 1997.

Europakommissionen og medlemslandene har haft en meget fremtrædende rolle og ført an i klimaforhandlingerne. EU forpligtede sig på Rio Konferencen til at stabilisere CO₂-emissionerne som samlet gruppe i år 2000 på 1990 niveau. Sammenslutningen af små østater (AOSIS) har desuden presset på for en 20% reduktion af drivhusgasserne i 2005 i forhold til 1990.

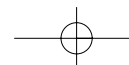
49

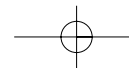
Især Tyskland, Holland og Danmark har i EU været blandt de lande der har lagt en ambitiøs linie for klimaforhandlingerne. Siden udvidelse af EU i 1995 har Østrig - og til dels Sverige - ligeledes tilhørt denne gruppe af lande. Storbritannien har i marts 1995 udmeldt, at man i 2010 venter at reducere mængden af CO₂ med 5-10% i forhold til 1990. Med hver deres tilgang udgør disse lande drivkraften både i EU og internationalt.

I forhold til den mere regionale og lokale luftforurening i Europa har ECE under FN haft en aktiv rolle ved at etablere konventioner for svovl, NOx og flygtige organiske stoffer (VOC).

2.5 Forsyningsikkerhed

Forsyningsikkerhed, forstået som adgangen til tilstrækkelige mængder af energi til lavest mulige og nogenlunde stabile priser og uden politiske bindinger, har traditionelt været et grundlæggende mål for dansk energipolitik. Som det fremgår af afsnit 2.4 har ønsket om at reducere energisektorens belastning af miljøet siden 1980'erne i stigende grad udgjort drivkraften for dansk energipolitik. Vare-





TABEL 2.1
Udvalgte landes klimamål

	Nationale mål	CO ₂ udslip per capita i 1990	Udslip i 1990 i mio ton CO ₂	Anslået udslip i år 2000 i mio. ton CO ₂	Ændring 1990-2000	Forventninger til indfrielsen	
50	Danmark	5% reduktion i.f.t. 1990 niveauet. 20% reduktion inden 2005 i.f.t. 1988	11,2	58,4	53,8	-8%	Målet i år 2000 vil kunne nås.
	Sverige	Stabilisere CO ₂ -udslip inden 2000	7,1	61,3	63,8	+4%	Små muligheder for at indfri målet
	Tyskland	25-30% reduktion i CO ₂ -udslippene inden 2005 i.f.t. 1990	13,1	1032	-	-	Usikkert om målet vil blive indfriet
	USA	Stabilisere nettoudslip af klimagasser på 1990-niveauet inden 2000	20,2	5013	5163	+3%	Antages at indfri målet om stabilisering af nettoudslippet af Klimagasser
	Japan	Stabilisere CO ₂ -udslip per capita inden 2000 i.f.t. 1990, men også stabilisere det samlede udslip	9,7	11,73	1200	+2,3%	Stabilisering af CO ₂ per capita målet antages at blive indfriet

tagelsen af miljøhensynet hænger på mange måder sammen med ønsket om at opretholde en høj forsyningsikkerhed.

Ressourcer og forsyningsikkerhed 1996

Fortsat økonomisk vækst og voksende befolkning ventes at medføre betydelige stigninger i energiforbruget, med mindre der træffes effektive beslutninger på nationalt og internationalt niveau, der reducerer energiforbrugets kobling til den økonomiske udvikling. Størstedelen af

forbrugsstigningen vil blive dækket af fossile brændsler, fordi de fortsat vil være de billigste forsyningsformer. Denne udvikling kan få alvorlige konsekvenser for det lokale, regionale og globale miljø, men vil også have negative konsekvenser for de industrialiserede landes forsyningsikkerhed. Det er dermed særdeles relevant at inddrage langsigtede forsyningsikkerhedsaspekter i forbindelse med udformningen af grundlaget for en kommende dansk energipolitik, der skal strække ind i det næste århundrede.

Ressourcerne af fossile brændsler kan -

ECE-protokoller om atmosfærisk forurening

Danmark deltager i ECE-protokollerne om svovl, NO_x og flygtige organiske stoffer. Danmark har i 1994 bundet sig til at reducere svovlemissionen til 90.000 tons i år 2000, eller en 80% reduktion i forhold til 1980. Danmark har desuden erklæret, at man vil foretage en 30% reduktion i NO_x-udledningen i 1998, sammenlignet med 1986. For de organiske stoffer forpligter Danmark sig til 30% reduktion i 1999.

Fremtiden vil rumme yderligere reduktionskrav for svovl-, NO_x- og VOC-udledningerne.

med kul som undtagelse - kun dække forbruget i få generationer endnu med den nuværende forbrugsvækst. Der vil imidlertid gå lang tid, inden udtømmingen for alvor vil slå igennem på priserne, og således kan medvirke til at begrænse forbruget.

Med den nuværende stigningstakt i olieforbruget svarer de kendte oliereserver til ca. 30 års forbrug. Herudover findes meget betydelige olieforekomster bundet i tjæresand, olieskifer og orimulsion, der i dag anvendes til elproduktion. Disse forekomster er mere energikrævende og dyre at producere og raffinere. De kendte naturgasressourcer svarer til ca. 65 år med det nuværende forbrug. Både olie og gasressourcerne er koncentreret i meget få lande, og denne koncentration stiger i takt med udtømmingen af ressourcerne. Trefjerdedele af de nu kendte oliereserver ligger i OPEC-landene, hvor reserverne samtidig er billigere at udvinde. OPEC ventes derfor på længere sigt igen at få en stigende markedsandel på oliemarkedet og dermed en stigende indflydelse på den fremtidige oliepris.

De samlede påviste reserver af kul og



brunkul er anslået til over 260 års forbrug på 1992-niveau. De ultimative reserver vurderes til at være godt 5 gange større. Den geografiske fordeling af ressourcerne er modsat olie- og gasressourcerne jævnt fordelt i verden.

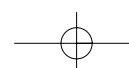
Danmark vil være selvforsynende med olie og naturgas frem til begyndelsen af næste århundrede. Ny efterforskning vil naturligvis kunne føre til fund, som vil øge og forlænge selvforsyningen. Ud fra kendte fund må det forventes, at Danmark på mellemlangt sigt bliver nettoimportør og dermed afhængig af det internationale brændselsmarked.

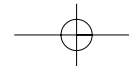
Sammenholdt med stigende koncentration af de globale ressourcer kan der allerede inden for de næste 15 år opstå en situation, hvor meget få og muligvis politisk mindre stabile lande - Rusland og en håndfuld OPEC-lande - vil kontrollere godt 60% af den globale olieproduktion og ca. 45% af Europas forsyninger med naturgas.

Perspektiver

På lang sigt får forsyningsikkerheden således en helt anden dimension end tidligere. Udsigterne til stigende pres på de fossile energiresourcer, kombineret med stigende miljø- og klimaproblemer, levner meget få perspektiver i en langsigtet forsyningsstrategi, hvor man udelukkende baserer sig på disse brændsler. Det stigende pres på ressourcerne ventes således inden for en overskuelig fremtid at få en markant indflydelse på den danske energisektor.

Tidsperspektivet er meget væsentligt, fordi vi befinder os i en situation, hvor vi på den ene side skal opfylde samfundets behov for energi på den mest effektive og miljøvenlige måde, og på den anden side skal forberede systemet på en fremtidig integration af nye teknologier, som vi i dag





har meget lidt kendskab til. Derudover er energisystemer ofte kendetegnet ved at have lange tekniske og økonomiske levetider, og der er således allerede nu behov for en indsats for at udvikle nye teknologier, der kan indgå i fremtidens energiforsyning.

2.6 Markedsstruktur og organisation

Organiseringen af energiforsyningen i Danmark er under stadig forandring. I nogle perioder gradvis, til andre tider med hurtige skift. Eksempelvis skabtes efter energikrisen i 1973 de danske selskaber for kraftvarmeforsyning og for naturgas, som nu har gennemført de store projekter.

Den nuværende organisering af energisektoren er karakteriseret ved et stort politisk og demokratisk engagement og en betydelig inddragelse af forbrugere, borgere og lokalpolitikere i den energipolitiske beslutningsproces. Denne "danske model", baseret på ønsket om konsensus og en høj grad af målopfyldelse, har de sidste 20 år øvet stor indflydelse på energiområdet.

For de kommende år tegner der sig følgende perspektiver:

- opgaverne på energiområdet er under forvandling, bl.a. med tendens til øget deregulering, øget samhandel og voksende internationalisering
- der er voksende interesse for øget kommerialisering
- de store projekter fra 1980'erne vil have afviklet anlægsgælden inden for ti år
- der er fortsat et effektiviserings- og udviklingspotentiale i mange danske energiselskaber
- EU, WTO, IEA, Norden osv. drøfter åbning af markederne på tværs af grænser

Markedsåbning

En række lande, herunder de øvrige nordiske lande, har de seneste år gennemført - eller påtænker at gennemføre - struktur-reformer i specielt elsektoren, med det formål at øge konkurrencen og prisgennemsigtigheden og give forbrugerne en mulighed for selv at vælge producent. Situationen har ofte som udgangspunkt været kendetegnet ved et statsligt monopol eller en dominerende statslig aktør på elområdet, som er blevet opsplittet i et netselskab med ansvar for "naturlige" monopolfunktioner knyttet til forsyningsnettets drift og et eller flere selskaber for produktion og salg, der skal fungere på kommercielle vilkår i fri konkurrence med andre konkurrerende leverandører.

Baggrunden for disse reformer har været forskellige. I *England* har motivet, ud over ideologiske og politiske ønsker om privatisering, også været begrundet med ønsket om at løse problemerne med en ineffektiv elsektor, som var bundet til at støtte den nationale kulmineindustri. I *Norge* var baggrunden blandt andet ønsket om at frigøre sig fra regionalpolitiske hensyn, som førte til overinvesteringer i vandkraftkapacitet. I såvel *Norge* som i *Sverige og Finland* er de hidtidige statslige el-selskaber blevet opsplittet i separate statslige produktions- og transmissionsselskaber.

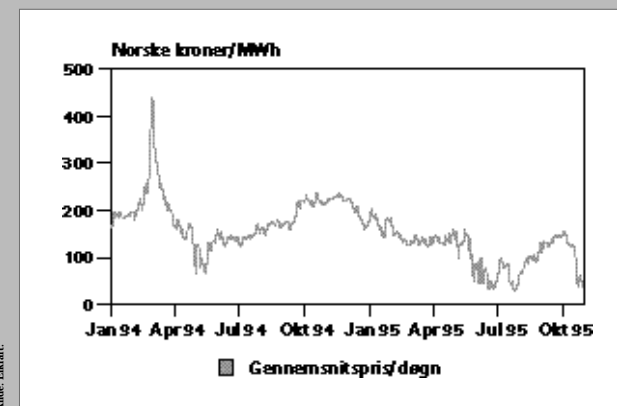
Et fælles træk for reformerne i disse lande er desuden, at den såkaldte "deregulering" ofte nødvendiggør øget regulering af energiselskaberne bl.a. for at sikre forbrugerbeskyttelse og overholdelse af konkurrenceregler. Samtidig synes det offentlige at få en mere central rolle i løsningen af planlægningsopgaver, overvågning af energisystemet og videreførelse af "public service obligations" som fremme af vedvarende energi og energieffektivisering.



Effektivisering af el-selskaber

Reformerne i England og Norge har gennem personalereduktioner, ændret investeringsstrategi og lukning af urentable anlæg ført til væsentlige effektivitetsforbedringer i selskaberne. Resultatet heraf kan dog ikke entydigt siges at have ført til generelt lavere elpriser. I England har resultatet hidtil været, at kurserne på el-selskabernes aktier er ottedoblet. På den norske børs er elpriserne stærkt svingende, især afhængigt af vandmagasinernes aktuelle størrelse (Kilde: Elkraft).

Udviklingen i norske elpriser i perioden januar 1994 til oktober 1995. Gennemsnitpriser pr. døgn i norske kroner pr. MWh.



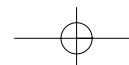
Andre lande som *Frankrig, Irland* og en del sydeuropæiske lande har indtil videre ønsket at fastholde et statsligt monopol, selv om der overvejes forskellige reformer med det mål at øge konkurrencen i elsektoren.

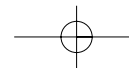
Over for lande, som historisk har udgangspunkt i statslige forsyningselskaber, står Tyskland, Holland og Danmark, hvor elsektoren i højere grad er baseret på en decentral ejerstruktur, og hvor det i vidt omfang har været op til de lokale ejere at sikre omkostningseffektiviteten. De danske el-selskaber følger nøje udviklingen mod mere konkurrenceprægede spilleregler på elområdet. I forventning om en fortsat markedsåbning af energimarkederne indgås strategiske alliancer med udenlandske selskaber ligesom organisationen tilpasses en fremtidig konkurrencesituation.

EU's direktivforslag om el- og gasliberalisering

Ønsket om større konkurrence i energisektoren og udformningen af de formelle spilleregler for udveksling af elektricitet og naturgas, der kan tilgodese dette ønske, betragtes af EU som en væsentlig forudsætning for gennemførelsen af det indre energimarked. Nedbrydning af de nationale produktionsselskabers monopol og en større udveksling af energi mellem landene på kommercielle betingelser vil øge effektiviteten og dermed skabe grundlag for øget økonomisk vækst.

Åbningen af de europæiske energimarkeder skal primært ske gennem fælles EU-regler, som fastlægger rammerne på henholdsvis el- og gasområdet. Man har gennem flere år diskuteret to direktivforslag, som vil afskaffe de ene- og særrettigheder, som påvirker handelen mellem medlemslandene, og i stedet indføre ikke-diskriminerende vilkår gennem et bevillings- eller licitationssystem for produktion og transmission. Endvidere skal der





åbnes mulighed for, at konkurrerende leverandører af elektricitet og gas kan indgå kommercielle kontrakter med store energiforbrugere og distributionsselskaber og forhandle med de involverede ejere af ledningsnettet om adgang til transport gennem det pågældende net (forhandlet tredjepartsadgang).

Der er fortsat stor uenighed mellem de store lande om direktivforslagene. Især Frankrig - som har Europas største elskab, det statsejede EDF - modsætter sig en ukontrolleret åbning af elhandelen for tredjepart. Det er endnu et åbent spørgsmål, om det vil være muligt at nå til enighed om fælles regler. EU-traktatens konkurrenceregler giver imidlertid i nogen grad mulighed for at åbne adgangen til el- og gasmarkederne ved at anvende EF-domstolen til at forbyde restriktioner i udlandshandelen. I Danmark førte denne option til, at Regeringen i 1994 ophævede DANGAS' importeneret.

Det er ikke på nuværende tidspunkt muligt at få et entydigt billede af konsekvenserne for forsyningssikkerhed og miljø af en markedsåbning af den danske elsektor. Erfaringer fra andre lande peger på, at med den øgede konkurrencesituation vokser incitamentet til at gennemføre effektivitetsforbedringer. Forrentningskravet til nyinvesteringer tilgodeser desuden investeringslette teknologier, såsom gasfyrede kraftværker, frem for mere "tunge" teknologier som eksempelvis kul- og kernekraftanlæg. Omvendt kan konkurrenceparameteren let blive indsnævret til kWh-prisen, hvor hensynet til elbesparelser risikerer at blive klemt, og hvor mere lempelige miljøkrav i andre lande kan bruges til at "dumpe" prisen.

Et dansk hovedsynspunkt i drøftelserne i ministerrådet har derfor været, at sikring af miljøhensyn og forbrugerbeskyttelse må være en forudsætning for markedsåbning. Dette kan bl.a. ske ved at

give prioritet til besparelser, vedvarende energi og kraftvarme og ved at sikre disse økonomisk.

Det nordiske samarbejde

Danmark har traditionelt haft en stor samhandel af el med Norge og Sverige. Eludvekslingen har givet en række systemmæssige og økonomiske fordele, som kan gøres op i trecifrede millionbeløb. Med omreguleringen i Norge og Sverige og planerne om at etablere en fælles norsk/svensk elbørs med fri adgang til at handle elektricitet for alle forbrugere og producenter, er rammerne for det hidtidige samarbejde ændret.

De nordiske energiministre blev i juni 1995 enige om de fremtidige principper for det nordiske elsamarbejde. Man vil fortsat sikre udviklingen af et effektivt elsamarbejde, som tager højde for de strukturelle og lovgivningsmæssige forskelle mellem landene - specielt efter markedsreformerne i Norge, Sverige og Finland. Danmark vil indtil videre ikke deltage som direkte part i den norsk-svenske elbørs, men danske selskaber vil få ret til på lige vilkår med norske og svenske selskaber at handle på elbørsen.

De danske energiselskaber

Energisektoren består i bred målestok af brændselsforsyning og -indvinding, energiforsyningssystemer, miljøforanstaltninger, energitjenesteydelser og leverancer af udstyr, apparater, og tilrettelæggelse af forbrug mv. De danske energiselskaber er en del af den samlede aktivitet.

De danske el-, fjernvarme- og naturgasselskaber er groet frem i en udramatisk udvikling, der i alt har været et århundrede. I de seneste tyve år er det fremkomsten af naturgasselskaber og kraftvarmeselskaber, sammen med nye små elproducenter, som har præget billedet. Frem til i

dag er der opstået en mangfoldighed af selskaber i forskellige størrelser, ejerforhold mv.

Elforsyningen

Den danske elforsyning er i det væsentlige kendetegnet ved en forbrugerejet struktur, der er bygget op nedefra, baseret på distributionsselskaber, som er andelselskaber, kommunale forsyningsselskaber og i et vist omfang aktieselskaber. Distributionsselskaberne ejer produktionsselskaberne, som samarbejder i ELSAM og Elkraft.

Særligt for den danske elsektor gælder, at der er en stor binding mellem kraft- og varmeproduktion, samt at sektoren har store opgaver i forbindelse med opfyldelsen af de miljømæssige målsætninger. Strukturen i elsektoren har hidtil alt i alt spillet godt sammen med de danske energipolitiske målsætninger.

Sektoren er reguleret gennem elforsyningsloven fra 1976, der fastlægger, at elpriserne skal være omkostningsægte ("hvile i sig selv" princippet) og giver

mulighed for gunstige henlæggelses- og afskrivningsregler. Disse regler betyder dels stabile priser og gode finansieringsmuligheder, men betyder samtidig, at det ikke har været muligt for danske elskaber gennem opsparing af overskud at skabe en egentlig egenkapital. Sådanne regler findes næppe tilsvarende i andre lande.

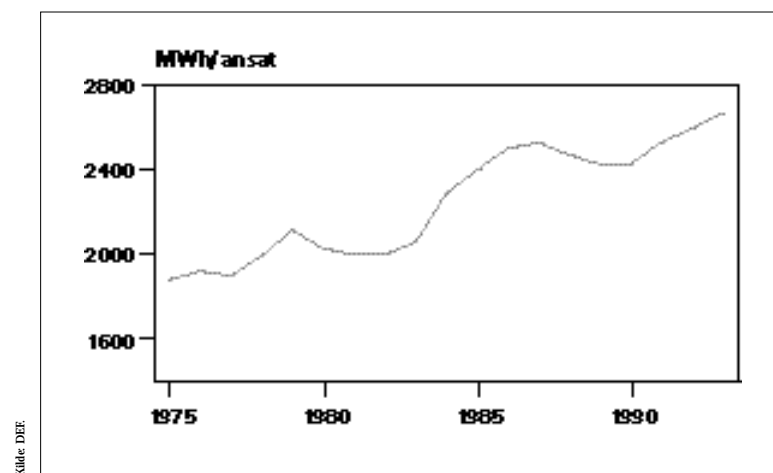
Elforsyningsloven indeholder ikke bestemmelser, der tager højde for en situation med konkurrence i hele eller dele af sektoren. Man kan groft forenklet sige, at elforsyningsloven fokuserer på at definere de forsyningsopgaver og fællesopgaver - "public services" - som man ønsker at sikre via regulering, mens loven ikke behandler konkurrencespørgsmål eller f.eks. energihandel med udlandet.

Elselskabernes egenkapital udgør i alt nogle få mia.kr. på landsbasis, eller under en brøkdel af værdien af det samlede elsystem. Genanskaffelsesværdien er således skønnet til at ligge et sted mellem 100 og 150 mia.kr. Til gengæld er gælden lille, i alt måske 5-10 mia.kr. på landsbasis, og det betyder, at selskaberne umiddelbart set er velkonsoliderede. Gennem en ændring af elforsyningsloven er der skabt mulighed for, at elværkerne via rationaliseringer kan oparbejde overskud. Overskuddet kan anvendes til nye aktiviteter, som har en naturlig tilknytning til hovedvirksomheden eller giver mulighed for at udnytte særlig ekspertise i elforsyningen, f.eks. til eksportaktiviteter.

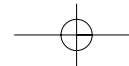
En voksende del af elproduktionen leveres i dag fra et stigende antal uafhængige elproducenter i form af private vindmølleejere og omkring hundrede ikke elværksejede kraftvarmeproducenter. Denne udvikling har betydet et opbrud med den hidtidige struktur.

Sektorens mangfoldighed gør det svært at se en fælles linje i forhold til effektivisering og markedsåbning. Nogle af selskaberne har søgt at tilpasse sig ud-

FIGUR 2.8
Elsalg pr. fuldtidsansat i dansk elforsyning.



Kilde: DFE.



viklingskravene gennem en række fusioner, nye samarbejdsaftaler og alliancer. Andre selskaber har endvidere engageret sig i nye opgaver - bl.a. i form af udviklingsprojekter, elbesparelser, vindkraftudbygning, decentral kraftvarme og integreret ressourceplanlægning. Atter andre af selskaberne har valgt en mere forsigtig holdning.

En situation med et mere åbent elmarked vil aktualisere nye overvejelser om elforsynings spilleregler. Spørgsmålet er, i hvilket omfang administrativ detailstyring skal afløses af rammestyring. I denne forbindelse må også fællesopgaver mv. og deres finansiering, f.eks. via en fælles tarif, afklares.

Den nuværende "hvile i sig selv"-regulering sikrer, at alle gevinster eller tab føres tilbage til elforbrugere, som også betaler alle omkostninger, herunder henlæggelser og afskrivninger. Den manglende mulighed for at opnå en økonomisk gevinst har betydet, at salg, fusioneringer osv. af hele selskaber alene er sket mellem elselskaberne indbyrdes, f.eks. ved dannelsen af Sjællandske Kraftværker I/S gennem fusionering af IfV's og SEAS's produktionsanlæg. Overtagelser i regulært spekulations- og profitøjemed har ikke umiddelbart været tillokkende, uanset at hverken de indbyrdes aftaler mellem selskaberne eller elforsyningsloven som sådan hindrer salg af hele selskaber, uafhængigt af ejerform.

En åbning af elmarkedet i Danmark vil næppe kunne forenes med "hvile i sig selv"-princippet, idet muligheden for at kunne akkumulere et overskud er en forudsætning for fuldt ud at kunne deltage på et kommercielt grundlag i et konkurrencemarked. Der er derfor grund til at overveje, hvilke dele af elforsyningen, som i givet fald skal reguleres efter de eksisterende prisregler, og hvilke dele, det er hensigtsmæssigt at åbne for konkurren-

ce. Det må her antages, at der fortsat vil være behov for en tæt prisregulering af transmissionselskaberne og distributionselskaberne, mens produktion og salg i stigende grad vil kunne reguleres af markedskræfterne.

Samtidig må der tages hensyn til gennemførelsen af de energi- og miljøpolitiske mål og sikring af effektivitet i alle dele af sektoren, hvilket det foreliggende udkast til EU-direktiv sikrer mulighed for. Elselskaberne kan pålægges fællesopgaver ("public service obligations"), også vedrørende forsyningsikkerhed og miljø, bl.a. ved at vedvarende energi og kraftvarmeværker kan gives en fortrinsstilling.

For at kunne håndtere en markedsåbning for el kan der blive behov for formelt at udpege en systemoperatør for eltransmissionsnettet. Systemoperatøren skal i givet fald varetage en række pligter ved drift af nettet og i øvrigt være uafhængighed af særinteresser.

Kapitalstærke udenlandske selskaber og finansielle interesser må ventes at agere på et konkurrencemarked via priser, alliancer, overtagelser mv. med henblik på at søge profit. De danske produktionsselskaber vil i denne situation skulle konkurrere på linje med udenlandske og andre aktører, og hér bliver konkurrenceevnen i form af kapitalgrundlag, effektivitet og omkostninger til drift og brændsel mv. afgørende.

Hovedudfordringen ser umiddelbart ud til at være, om man er i stand til at finde og bevare en ny, robust organisations- og reguleringsform, som sikrer effektiv løsning af et ændret opgavesæt, hvor lokalt samarbejde om udvikling, energieffektivisering, kraftvarme og vedvarende energikilder har en fremtrædende plads, samtidig med at udlandsopgaver og samarbejdet med vores nabolande øges.



Kraftvarme og fjernvarme

Danmark er i OECD-sammenhæng ret unik ved, at op mod halvdelen af opvarmningen er fjernvarmebaseret. Andelen vokser, samtidig med at kraftvarme får den altdominerende rolle. Det betyder omvendt, at en tredjedel af elproduktionen nu sker i kraftvarmeproduktion, og med stadig stigende andel.

Varmeselskabernes økonomi er således nært knyttet til elområdet.

Fjernvarmesystemet kan også have en vigtig rolle på længere sigt, fordi det muliggør effektiv udnyttelse af vedvarende energikilder som biomasse og geotermi.

Fjernvarmesystemet som sådan minder om andre ledningssystemer som el, vand og kloak: Det er dyrt at etablere basissystemet, og der er derfor tungtvejende økonomiske fordele ved at have en maksimal tilslutning af forbrugere. Dækningsgrader på 90% eller mere er ikke ukendt i kraftvarmeområder.

De store fælleskommunale selskaber for transmission af kraftvarme blev dannet som interessentskaber i 1980'erne. Selskaberne udbyggede de overordnede varmetransmissionsnet ved låneoptagelse, ligesom i naturgasprojektet. Disse selskabers økonomi har været sikret gennem varmeplanlægningen og afgifts- og tilskuds politikken. Herudover er den såkaldte "kraftvarmefordel" fra samproduktionen af el og varme tilfaldet varmesiden gennem lave varmepriser fra elværkerne.

Landets øvrige godt 400 varmeværker er dels andelsejede, dels kommunale. Der er tæt kontakt til forbrugere og lokalpolitikere. Disse værker har også i mange tilfælde optaget lån mv. som led i udbygning og kraftvarmeetablering. Ligesom de fælleskommunale selskaber har også de mindre varmeværker været tilgodeset af fordelagtige afgifts- og tilskudsordninger,

som sammen med den lave afregningspris for varmen har betydet, at varmeselskaberne har kunnet tilbyde generelt lavere varmepriser, end der kan opnås ved individuel varmforsyning.

Varmeværkernes økonomi vil i fremtiden være flettet tæt sammen med naturgas- og elpriser. Samtidig vil nye opgaver vise sig vedr. varmebesparelser og effektivisering, og værkerne kan med fordel deltage i integreret ressourceplanlægning, som det sker i Hovedstadsområdet.

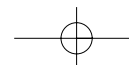
Naturgasforsyning

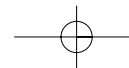
Nordsøens danske ressourcer ventes at være delvis udtømt om to-tre årtier, afhængigt af, om der gøres nye naturgasfund. Herefter kan naturgasforsyningen ske via import fra f.eks. Norge eller Rusland.

Organisationen i det statslige aktieselskab DONG og de 5 regionale og 2 kommunale selskaber er i dag indrettet på drifts- og markedsopgaver. Politisk har der været taget initiativer til støtte for naturgasprojektets økonomi og markedsgrundlag, bl.a. gennem varmeplanlægningen og afgifts- og tilskudspolitikken. Naturgassen har således hidtil været afgiftsfritaget.

Grundlaget for den danske naturgas sektor er under forandring. DANGAS' import-eneret blev ophævet i april 1994, og der er igangsat overvejelser om yderligere tilpasninger i naturgassektoren. Regeringen traf således samtidig principiel beslutning om, at DANGAS' øvrige enerettigheder ophæves i forbindelse med sikring af en overgangsordning for det danske naturgasprojekt, hvori indgår indførelse af en afgift på naturgas samt indførelse af en tilskudsordning. Regeringen har endvidere tilkendegivet over for Kommissionen, at man vil udarbejde en samlet plan for omlægning af sektoren.

Der må på sigt forudses konkurrence





fra andre gasselskaber. Inden for det næste tiår vil størstedelen af gælden i DANGAS være afviklet. Markedsmulighederne i Danmark er i højere grad centreret om industrien og nye kraftvarmeværker. Efterspørgslen efter naturgas vokser internationalt. DUC's koncession udløber i år 2012.

Ved en markedsåbning er selskabernes udfordring dels at etablere sig som driftsselskaber på det danske marked, og dels at skabe et nyt handelsmønster i import og eksport af naturgas, eventuelt i konkurrence med udenlandske selskaber, eventuelt også på indvindings- og markedssiden.

På markedssiden vil der i fremtiden kunne ses bestræbelser på at udnytte naturgassen mere effektivt, og at finde vekselvirkning med energisystemet i øvrigt. Dette kan bl.a. omfatte gasbesparelsesprogrammer, indsats i vedvarende energi, integreret ressourceplanlægning og samarbejde med kraftvarmeværker og industrien.

Vedvarende energi og energieffektivisering

I fremtiden vil CO₂-indsatsen over for forbrugs- og markedssiden blive styrket. Energibesparelser og miljøhensyn skal i højere grad varetages i slutforbruget. Samtidig vil fremskaffelse af energieffektive "renere teknologi"-løsninger og af vedvarende energikilder spille en afgørende rolle.

Vedvarende energi

De vedvarende energianlæg vil fortsætte deres vækst de kommende år. Nogle af opgaverne vil være tæt knyttet til de overordnede energisystemer. Vindmølleparker og havmøller hænger således tæt sammen med elforsyningen og driften af elsystemet, mens f.eks. geotermianlæg og bio-

massekraftvarmeværker er knyttet til fjernvarme- og elproduktion. Det taler for at vælge aktører inden for el- og fjernvarmeselskaberne.

Andre opgaver er overvejende lokalt forankrede, f.eks. opgaver, der vedrører solvarme, biogas mv. Her kan lokale selskaber som f.eks. gasselskaber, eldistribution, varmeværker mv. tænkes at have en hovedrolle.

Der kan tænkes kombinationer af disse aktørmuligheder, herunder også mere kommercielle organisationsformer. For at udnytte potentialerne må flere forhold være opfyldt:

- der skal findes en færdigudviklet, pålidelig og effektiv teknologi
- økonomien skal være acceptabel
- teknologien skal indpasses i det øvrige energisystem
- det skal være muligt at afveje udnyttelsen med andre hensyn, f.eks. natur- og landskabsbeskyttelse
- der skal sikres aktører og interessenter, som vil stå for udbygningen
- udnyttelsen af potentialet må organiseres rationelt

En massiv udbygning med vindkraft, så den dækker en væsentlig del af elforsyningen vil eksempelvis kræve,

- at der findes lokaliseringer, som kan afvejes med natur- og landskabshensyn,
- at udbygningen er organiseret i parker med store møller,
- at vindkraften og det øvrige elsystem integreres, og
- at udbygningen sker ved kompetente aktører og sikres økonomisk

Tilsvarende vil en systematisk brug af storskala geotermi i de store kraftvarmesystemer kræve, at der sikres en veks-



virkning med varmeselskaberne og elforsyningen.

Småskala vedvarende energi skal omvendt organiseres i forhold til et stort antal interessenter.

Energieffektivisering i slutforbruget

I Danmark er der over 2 mio. private husholdninger, en række offentlige institutioner og adskillige tusinder store og små erhvervsvirksomheder, der alle er med til at træffe beslutning om effektivisering af deres energiforbrug. Et forbrug, der tillige er splittet op på en række slutanvendelser.

Den enkelte beslutningstagers tekniske og økonomiske viden om besparelsesmulighederne er mange gange begrænset, ligesom der kan være tale om barrierer i form af manglende opmærksomhed eller finansieringsproblemer. Indsatsen, herunder også den offentlige, må derfor målrettes mod disse barrierer.

I Energi 2000 blev der peget på et behov for at styrke dele af energiforbrugssiden organisatorisk på en måde, der fremmer samarbejdet og informationsudvekslingen mellem aktørerne og sikrer sammenhængen mellem indsatsen på energiforsynings- og energiforbrugssiden.

På energiforbrugssiden har effektiviserings- og besparelsesindsatsen været en blanding af offentligt og - i mindre grad - privat initiativ. Det offentlige indsats har haft form af tilskud og afgifter, reguleringer (f.eks. gennem bygningsreglementet) samt informationsindsats, herunder Energispareudvalget. Herudover har der været konsulentordninger, og elselskaberne har haft en række spareaktiviteter, herunder kampagner og rådgivning.

Såfremt en liberalisering af dele af energisektoren også omfatter el- og gasdistributionsselskaberne, er det et åbent spørgsmål, om disse selskaber først og fremmest vil satse på lavest mulige priser



og størst mulig omsætning, og således nedprioritere indsatsen for energibesparelser. Dette perspektiv aktualiserer behovet for en samlet vurdering af den fremtidige organisering af besparelsesinitiativerne.

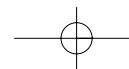
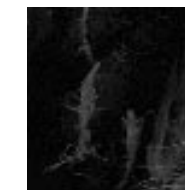
Der skal også i fremtiden sikres gode betingelser for lokale initiativer og debat, hvilket bl.a. kan understøttes ved, at der etableres lokale centre for information og rådgivning om energispørgsmål. På lokalt niveau vil energi ofte kunne indgå i sammenhæng med en bredere indsats om miljø, byøkologi, lokal Agenda 21 (fremme af bæredygtig udvikling i lokalsamfund) mv.

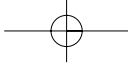
Til støtte og supplement herfor kunne der tænkes oprettet et centralt videncenter for energieffektivisering.

Også andre aktører og organisationsformer bør overvejes. Det kan f.eks. være selvstændige energiselskaber/bsparelseselskaber, eller det kan være private firmaer, der tager opgaven op ud fra markeds- og profitinteresser.

2.7 Økonomi og beskæftigelse

Energi indgår traditionelt i nationaløkonomien som en *passiv, men nødvendig omkostning*. Samfundet ønsker billig, driftssikker og miljøvenlig energi, som er til rådighed i tilstrækkelige mængder. Enerkipolitikken har i de sidste tyve år søgt at indfri disse ønsker med vekslende held.





Med de nye udfordringer i retning af øget internationalt samarbejde, globalisering af økonomien og udsigt til stærke begrænsninger på udnyttelsen af fossil energi vil energisektoren få en ny rolle. Sektoren kan anvendes som et *dynamisk redskab* i samfundsøkonomien.

Energisektorens andel af samfundsøkonomien

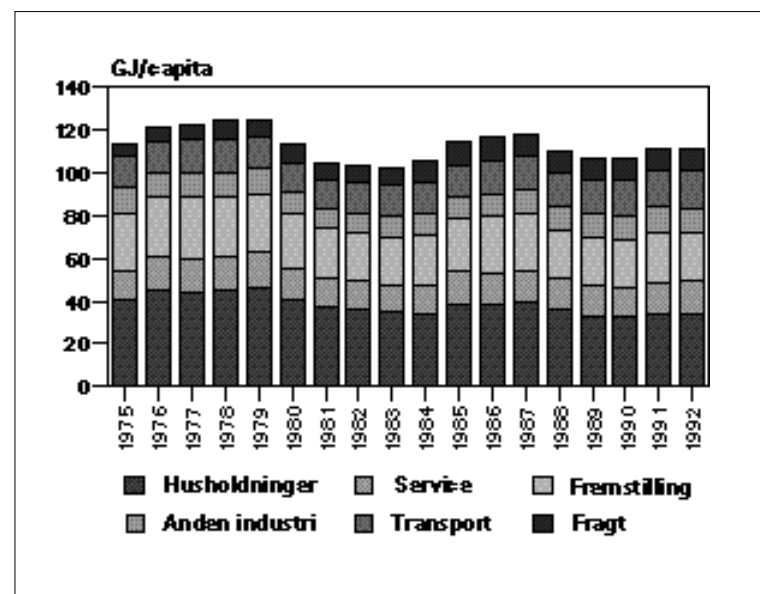
Energiområdet omfatter såvel indvindingselskaber, forsyningselskaber som leverandører af udstyr, maskiner, miljøudstyr, rådgivning osv. Energiområdet havde - opgjort bredt - i 1990 en samlet omsætning i størrelsesordenen 60-80 mia.kr. Heraf blev eksporteret i størrelsesordenen 16 mia.kr. En væsentlig del af eksporten var olieprodukter og naturgas. I de senere år er eksporten af danskproducerede leverancer og udstyr som vindmøller, fjernvarmeudstyr mv. vokset ganske væsentligt og udgør over 6 mia.kr. i 1995.

Danmark har i disse år et nettooverskud i handlen med olie. Til sammenligning havde Danmark i starten af 1980'erne en årlig importregning på over 20 mia. kr. i datidens priser. Via den førte energipolitik er der således skabt et meget gunstigt indenlandsk aktivitetsniveau til gavn for handelsbalance mv.

Den tidligere sammenhæng mellem økonomisk vækst og øget energiforbrug er desuden brudt, til glæde for både samfundsøkonomien og miljøet. Gennem de seneste 20 år har Danmark oplevet en økonomisk vækst på næsten 50%. Samtidig er bruttoenergiforbruget i dag på samme niveau som i begyndelsen af 1970'erne.

Forklaringen er især en forøget energieffektivitet efter kraftvarmeudbygningen og gennemførelsen af en række besparelser, specielt i rumopvarmning. Medvirkende

FIGUR 2.9 Danmarks energiforbrug 1975-1992, fordelt på slutanvendelser.



Kilde: Baggrundrapporten "Energy Use in Denmark and other OECD Countries".

er også, at der generelt er sket en teknologisk udvikling, så udstyr, processer og apparater bruger mindre energi.

Danmark har i perioden bevæget sig fra energikrævende industriproduktion i retning af serviceerhverv. En vækst i serviceerhvervene medfører ikke samme stigning i energiforbruget som en vækst i industriproduktionen.

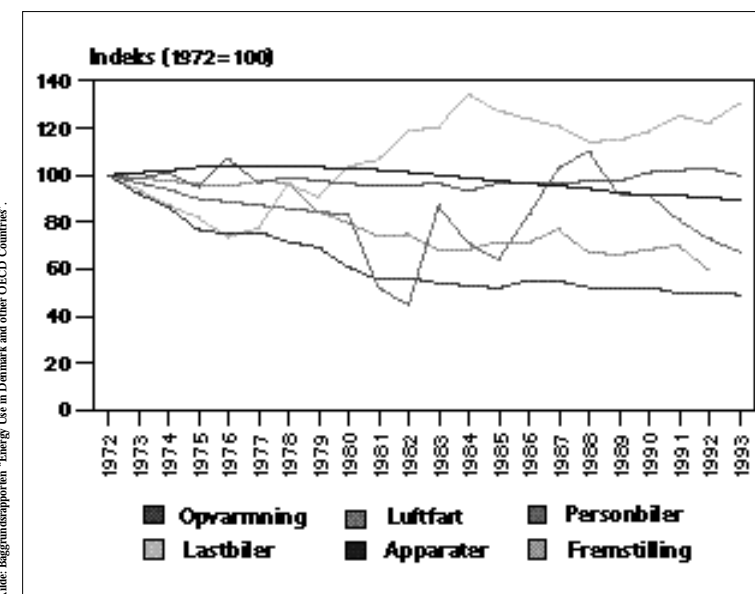
Den økonomiske vækst dækker også over, at der sker en forøgelse af antallet af tjenesteydelser - og dermed antallet af energitjenester - transportarbejde, gods-transport, opvarmede bygninger, varer osv. Dette tal¹ er vokset med 41% i de seneste tyve år.

Produktionserhvervene

Den teknologiske udvikling i produktionserhvervene har siden begyndelsen af 1970'erne medvirket til at sænke energi-

¹ Målt som kombination af nøgletal for udviklingen i de enkelte sektorer, f.eks. folketal, bruttonationalprodukt i de forskellige samfundssektorer, transportarbejde, gods-transport osv.

FIGUR 2.10 Udviklingen i energiintensitet i Danmark, fordelt på sektorer. 1972 = 100.



Kilde: Baggrundrapporten "Energy Use in Denmark and other OECD Countries".

forbruget pr. produceret enhed. De stigende energipriser i starten af 1980'erne satte ekstra skub i industriens faldende energiintensitet. Dansk erhvervsliv har således opnået en vis forbedring af energieffektiviteten, samtidig med, at den danske

Lavenergikøleskabet

Et "klassisk" eksempel på markedsført energieffektiv teknologi er lavenergikøleskabet. Prototypen på lavenergikøleskabet blev udviklet i 1986-88 på DTU, og siden startede Gram produktionen af LER 200, som i starten var en begrænset salgssucces. I 1990'erne er nye typer lavenergikøle- og fryseskabe kommet på markedet, og i de nord-europæiske lande er deres markedsandel hastigt voksende.

erhvervsstruktur i en international sammenligning er relativt energi-let. Generelt set udgør fremstillingserhvervenes omkostninger til energi således en mindre del af det samlede omkostningsbillede, og dermed er energiomkostningernes indflydelse på konkurrenceevnen, alt andet lige, blevet mere beskedne.

Privatforbruget

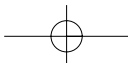
De private husholdningers udgift til el og varme (inkl. afgifter) har i de senere år ligget nogenlunde konstant omkring 6% af det samlede private forbrug. Husholdningernes energiintensitet har været konstant faldende siden 1970'erne.

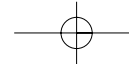
Fokus på nye teknologier

Mange overvejelser om økonomi og markedsforhold fokuserer på den eksisterende forsyningsstruktur og på gradvise forandringer af en kendt forsyningsverden. I en fremtid, hvor der skal leveres flest muligt energitjenester ved lavest muligt ressourceforbrug, bliver energieffektivitet og miljøkrav til produkter og teknologi - bygninger, biler, apparater, maskiner, kraftværksanlæg osv. - helt afgørende. Ligeledes kommer energieffektive og miljøvenlige teknologier til udnyttelse af vedvarende energi og renere brændsler i centrum.

Derfor bliver en ny, vigtig opgave at skabe de rette rammer og markedsforhold for fremtidens "successteknologier", ved at arbejde for, at både produktudbuddet og brugernes krav ændrer sig. Indsatsen kommer derved til at dreje sig om en hel kæde fra fabrikant til forbruger - fra forskning og produktudvikling, omstilling af produktsortiment, markedsføring af nye teknologier osv. ud til påvirkning af den enkelte forbrugers præferencer.

Der bliver samtidig behov for at fortsætte udviklingen af en sådan ny refe-





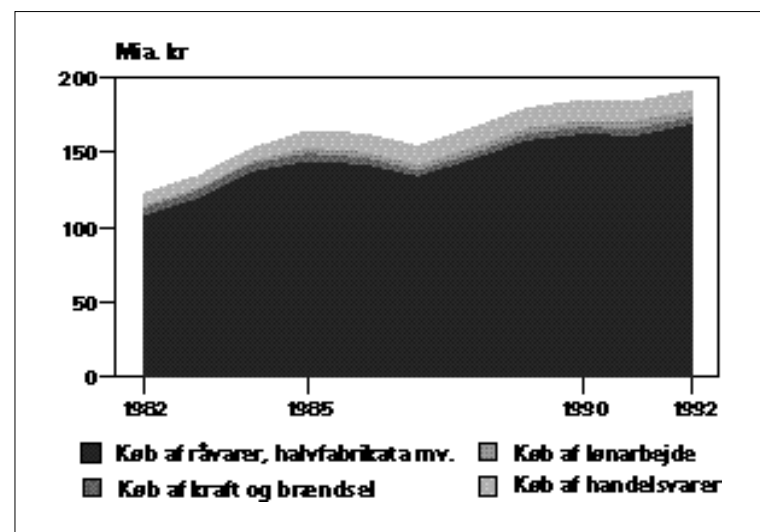
rence, både internationalt, i EU, på nordisk og på dansk plan

Eksport og erhvervsfremme

Dansk eksport med tilknytning til energisektoren omfatter et meget bredt spektrum, spændende fra eksport af energiråvarer (olie og naturgas) og af energianlæg (f.eks. kraftværker, forbrændingsanlæg, fjernvarmesystemer, varmepumper og vindmøller) over leverancer af komponenter (f.eks. armaturer, kedler, pumper og måleudstyr) til rådgivningsydelser eksempelvis vedrørende energieffektivisering og projektering af energisystemer.

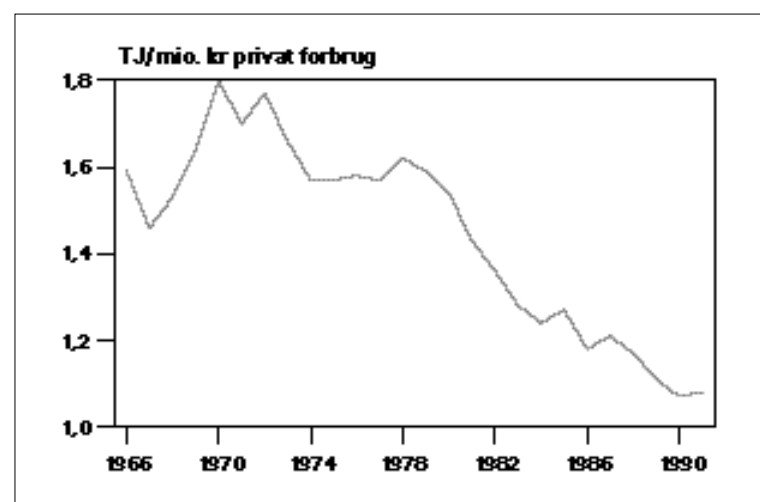
Den hidtidige energipolitik har ført til, at der er blevet skabt de rette rammebetingelser for opbygningen af en dynamisk industri på hjemmemarkedet, som i dag har væsentlige styrkepositioner på eksportmarkederne. Det gælder ikke mindst vindmølleindustrien, hvor det danske hjemmemarked i firserne havde stor betydning for industriens udvikling. Tilsvarende gælder det produktion af fjernvarmerør og -udstyr, hvor de store kraftvarmeprojekter har medvirket til at give branchen særlig erfaring og know how, så den i dag er internationalt førende. Endnu en mulig styrkeposition er kulfyngsteknologi, hvor danske elværker er internationalt førende i høj virkningsgrad og lave anlægsomkostninger. Der er dog indtil nu kun set beskedne eksportleverancer heraf, mens der til gengæld har været en vis eksport af low NO_x-brændere og røggasrensingsudstyr.

FIGUR 2.11 Industriens omkostninger i Danmark 1982-92, fordelt på typer. 1980 prisniveau.



Kilde: Nationalregnskabsstatistikken.

FIGUR 2.12 Energiintensitet i private husholdninger i Danmark 1966-92. Leveret el og varme til boligsektoren i TJ pr. mio. kr. privatforbrug.



Kilde: Danmarks Statistik.

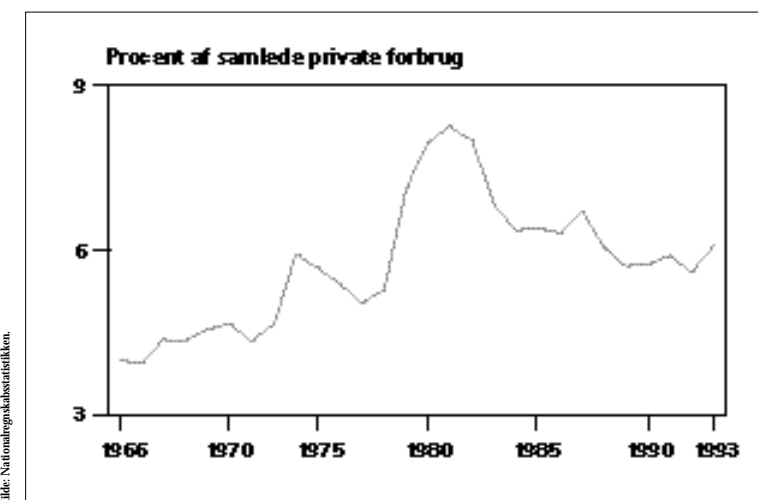
Eksport af energiteknologi

Den danske energieksport er vokset nærmest eksplosivt i de seneste år. En ny kortlægning, viser en stigning på mindst 60% de sidste par år. Det er vedvarende energianlæg (vindmøller, biomasseanlæg mv.), energistyring og -effektivisering, og fjernvarme/kraftvarmeudstyr, som tegner sig for væksten, så eksporten i 1994 udgør over 6 mia.kr.. Væksten ventes at fortsætte, fordi markederne for disse produkter er i ekspansion.

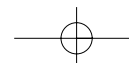
Eksportsuccesen kan ses i sammenhæng med, at Danmark via den hidtidige energipolitik er foregangsland netop på områderne vedvarende energi, energieffektivisering og kraftvarme/fjernvarme, og at efterspørgslen nu vokser internationalt.

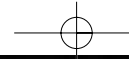
Eksportmæssigt er den danske vindmøllebranche et af de mest positive eksempler på de fordele, Danmark kan opnå ved at gå forrest i den internationale udvikling. Der er opstillet danske vindmøller i 40 lande, og eksportandelen anslås til at udgøre 84 % af den samlede omsætning. Hvis den nuværende andel på 40 % af verdensmarkedet fastholdes, venter branchen, at der vil være et eksportpotentiale på 20-30 mia. kroner i løbet af de kommende ti år. Med gunstige vindplaceringer nærmer produktionsprisen fra nye vindmøller sig i dag produktionsprisen på konventionelle værker.

FIGUR 2.13 Omkostninger til energiforbrug ekskl. transport som procent af privatforbruget.



Kilde: Nationalregnskabsstatistikken.

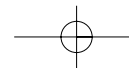




3.

Energiforbrug og besparelser





3.1 Sammenfatning

Dette kapitel belyser den hidtidige udvikling i energiforbruget i boligsektoren, den offentlige sektor og erhvervslivet samt de tekniske og adfærdsmæssige potentialer for energibesparelser. Transportsektorens energiforbrug, der udgør godt 20% af landets samlede energiforbrug, er behandlet i kapitel 4.

Det samlede bruttoenergiforbrug har siden midten af 1970'erne været nogenlunde konstant, men fordelingen på hovedsektorerne er ændret, idet omfattende varmebesparelser og stor udbygning med kraftvarme har opvejet stigningen på de andre områder.

På baggrund af gennemgang af tekniske og adfærdsmæssige besparelsesmuligheder inden for opvarmning, elapparater, processer mv., er de samlede besparelsespotentialer beregnet for forskellige år i fremtiden. Besparelsespotentialerne er opgjort i forhold til det nuværende forbrug for to forløb. I det ene forløb, *passivt forløbet*, fastlægges det fremtidige forbrug under forudsætning af, at der ikke sker anden udvikling end den, som den almindelige teknologiske udvikling medfører "af sig selv". I det andet forløb, *max indsats forløbet*, beregnes det fremtidige forbrug efter gennemførelse af maksimale tekniske og adfærdsmæssige besparelser. I begge forløb er besparelsespotentialerne opgjort under forudsætning af, at det nuværende forbrug fastholdes uændret i hele perioden.

I det *passive forløb* er det samlede besparelsespotentiale frem til 2030 beregnet til 14%, mens det i *max indsats for-*

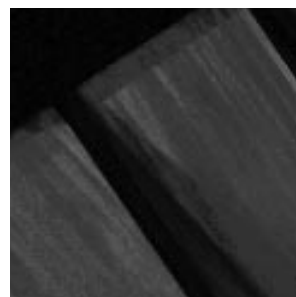
løbet er 48%. Det er forudsat, at de tekniske og adfærdsmæssige besparelsespotentialer realiseres ved anvendelse af de mest energieffektive apparater, processer mv. i takt med, at de eksisterende nedslides og udskiftes.

Det hidtidige energiforbrug

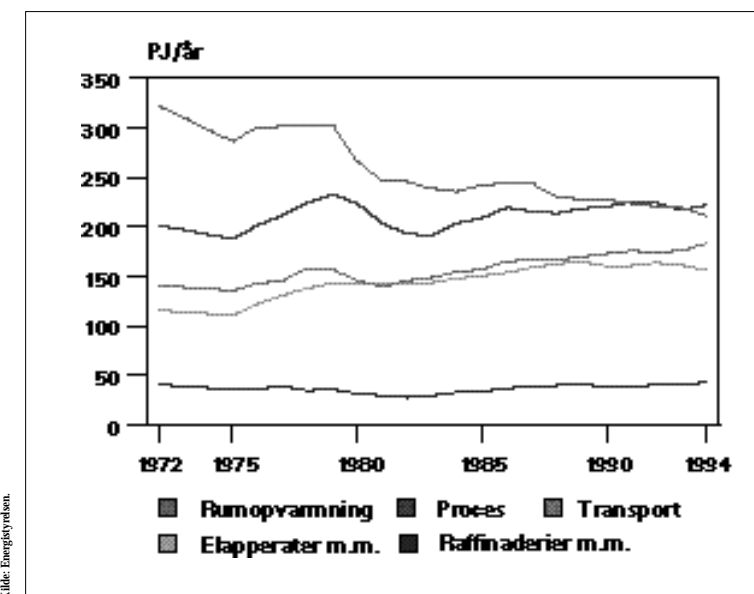
En meget stor del af Danmarks energiforbrug er betinget af vores boligforhold og den tilhørende livstil. Det direkte energiforbrug i boligerne er faldet, men energiforbruget til de serviceydelser, transport og varer, der efterspørges som en naturlig del af vores levevis, er steget.

Det samlede bruttoenergiforbrug i Danmark er i dag på nogenlunde samme niveau som i 1972 med en svagt faldende tendens. Denne udvikling dækker dog over væsentlige ændringer i forbruget af brændsler og i de enkelte sektors energiforbrug. Energiforbrugets fordeling på hovedanvendelsesområder er vist på figur 3.1

Når det samlede energiforbrug ikke er steget siden midten af 1970'erne, er grunden hovedsagelig, at bruttoenergiforbruget til opvarmning er faldet. Det skyldes omfattende varmebesparelser samt en kraftig udbygning med kraftvarme. Faldet har været så stort, at det har kunnet opveje stigningen inden for de andre områder. Forbruget i produktionserhvervene (industri, landbrug, handel og service mv.) er steget 10 % i perioden, energiforbruget til elapparater og lys er steget 40 % og forbruget i transportsektoren 25%.

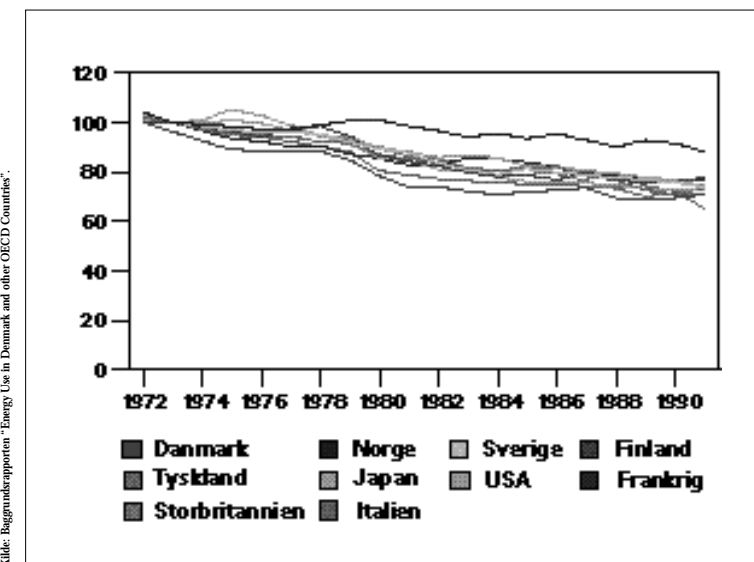


FIGUR 3.1
Bruttoenergiforbrug fordelt på anvendelse



Kilde: Energistyrelsen

FIGUR 3.2
Endeligt energiforbrug for udvalgte OECD-lande forudsat konstant 1973 struktur. (100 = forbrug i 1973).



Kilde: Baggrundsrapporten "Energy Use in Denmark and other OECD Countries".

Der er sket en kraftig "elektrificering" i Danmark på grund af et stigende antal elektriske apparater og med automatisering af flere og flere processer. En stigende andel af bruttoenergiforbruget anvendes derfor til fremstilling af elektricitet. Justeret for elimport/eksport er andelen steget fra 22% i 1972 til 38% i 1994.

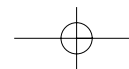
I perioden 1972-92 er energiintensiteten, dvs. forholdet mellem energiforbrug og bruttonationalproduktet, blevet forbedret med over 30%. Denne forbedring er større end i andre industrialiserede lande, jævnfør figur 3.2.

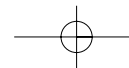
Det fremtidige energiforbrug

Det fremtidige energiforbrug afhænger bl.a. af den generelle økonomiske udvikling, den teknologiske udvikling, brugerens energimæssige adfærd og de beslutninger, der gennemføres som led i energi- og miljøpolitikken.

I baggrundsrapporterne er de forventede fremtidige energiforbrug for en lang række nye apparater, processer mv. analyseret. Deres specifikke forbrug er givet for årene 1995, 2005 og 2020 med forskellige forudsætninger om den teknologiske udvikling. Dels er det antaget, at der ikke sker anden udvikling, end den, der alt andet lige, ville finde sted "af sig selv", og dels at der gøres alt, hvad der både er teknisk og adfærdsmæssigt muligt for at nedbringe energiforbruget. Samtidig er meromkostningerne for at opnå besparelserne skønnet. Dette betyder eksempelvis, at der kun medtages merinvesteringer til det mest energieffektive køleskab i forhold til det forventede gennemsnitskøleskab uden særlige forbedringer og kun meromkostninger til det mest energieffektive vindue i forhold til et vindue med en almindelig termorude.

Forudsætningerne for en "alt andet lige"-udvikling er, at de effektivitetsforbedringer, der har fundet sted i de seneste





år ved anvendelse af nye materialer, apparater, processer samt adfærdændringer, også fortsætter i fremtiden, idet der tages hensyn til effekten af de initiativer og politiske tiltag, der er besluttet. Eksempelvis er virkningerne af de eksisterende konsulentordninger, grønne afgifter mv. medregnet, mens der f.eks. ikke er medtaget mulige virkninger af ikke vedtagne forslag til EU-normer for elektriske husholdningsapparater.

68

Skøn over de fremtidige energifterspørgsler i slutanvendelserne under hensyntagen til den økonomiske udvikling mv. er beskrevet i kapitel 7. I det følgende ses alene på de tekniske og adfærdsmæssige muligheder for at reducere energiforbruget i boligsektoren, den offentlige sektor og erhvervslivet, mens transportsektoren er behandlet i kapitel 4.

De tekniske og adfærdsmæssige muligheder for at forbedre de enkelte energiforbrugende apparater, processer mv. er vurderet under forudsætning af, at mulighederne er uafhængige af samfundsudviklingen i øvrigt. De ændringer i energiforbruget, der skyldes ændringer i de økonomiske forhold, ændringer i livsstil, i antallet af apparater, opvarmet areal og udviklingen i produktionserhvervene behandles nærmere i kapitel 7.

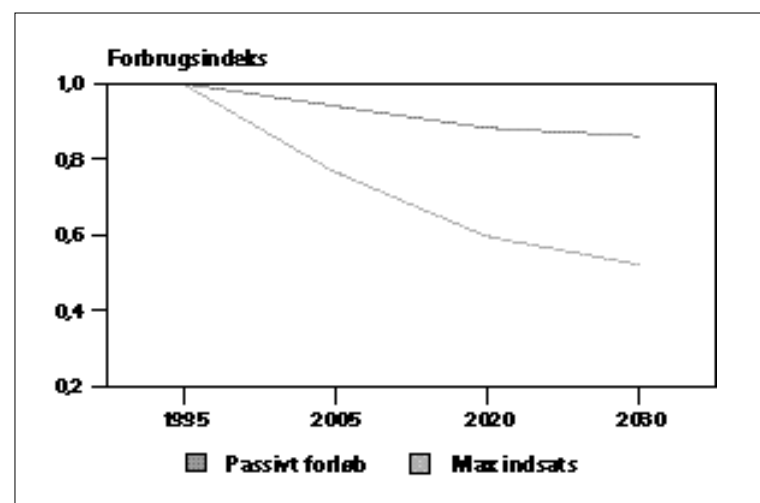
De tekniske og adfærdsmæssige besparelsesmuligheder er angivet under forudsætning af, at besparelserne opnås i takt med en løbende udskiftning af apparaterne, som led i gennemførelse af større ombygningsarbejder, renovering af procesudstyr mv. For at belyse størrelserne af besparelsesmulighederne er der beregningsmæssigt antaget to fremtidige udviklinger, kaldet *det passive forløb* og *max indsats forløbet*.

I passivt forløbet forudsættes en løbende udskiftning af apparater, processer mv. med tilsvarende nye med de energiforbrug på udskiftningstidspunktet, som alene er en følge af den almindelige teknolo-

giske udvikling, der finder sted "af sig selv". I *max indsats forløbet* sker den løbende udskiftning i stedet for med de mest energieffektive på udskiftningstidspunktet. Forskellen mellem energiforbrugene og det nuværende energiforbrug er således et udtryk for de tekniske besparelsesmuligheder i de to forløb. Hertil kommer de adfærdsmæssige besparelsesmuligheder, der på nogle områder er betydelige.

Den løbende udskiftning medfører, at energibesparelserne først opnås i takt med, at de eksisterende apparater, udstyr, processer mv. bliver nedslidt. Til gengæld giver dette normalt de laveste meromkostninger. Det er dog muligt at opnå en hurtigere energibesparelse ved at fremskynde udskiftningen. Dette er eksempelvis gennemført ved at yde tilskud til køb af nye fryserere. Selv om der herved kasseres apparater, som stadig er funktionsdygtige og derfor repræsenterer en vis værdi, vil dette dog være økonomisk fordelagtigt, såfremt værdien af energibesparelsen over-

FIGUR 3.3
Udvikling i samlet forbrugsindeks for varme-, proces- og elforbrug for alle sektorer (bortset fra transportområdet), forudsat uændret forbrug.



Kilde: Energistyrelsen.

stiger meromkostningen ved den fremrykkede udskiftning.

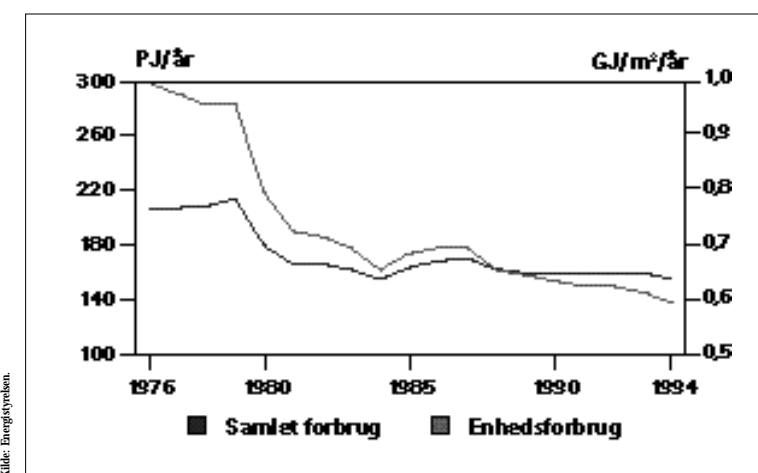
For landet som helhed, bortset fra trafikområdet, er de forventede udviklinger i energifterspørgslen for de to forløb i forhold til 1995 vist på figur 3.3. Beregningen er foretaget under forudsætning af, at der ikke sker nogen vækst i forbruget, dvs. at der ikke sker nogen økonomisk udvikling, og både privatforbrug, industriens og det offentliges forbrug i hele perioden er konstant og har samme fordeling som nu.

I *max indsats forløbet* reduceres det samlede energiforbrug med 48% i forhold til dagens niveau og i *det passive forløb* med 14%.

Hvilke politiske initiativer, virkemidler og andre tiltag, der skal til for at realisere de påviste besparelser, behandles ikke nærmere i dette kapitel. Der er dog i sidste afsnit anført eksempler på de seneste års besparelsesinitiativer mv.

I de følgende afsnit er besparelsesmulighederne for de enkelte sektorer omtalt mere detaljeret.

FIGUR 3.4
Samlet og specifikt rumopvarmningsforbrug i boligsektoren.



Kilde: Energistyrelsen.

3.2 Boligsektoren

Hidtidige energiforbrug

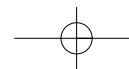
Opvarmning

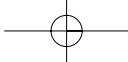
Energiforbruget til rumopvarmning og varmt vand har ændret sig markant siden begyndelsen af 70'erne. Både forbrugets størrelse og opvarmningsformen har undergået store forandringer. I 1976 var energiforbruget til opvarmning og varmt vand 206 PJ, mens det i 1994 var 155 PJ, hvoraf energiforbruget til varmt brugsvand skønmæssigt udgjorde 30 PJ.

Energiforbruget pr. m² opvarmet areal er faldet markant. Bruttoenergiforbruget til at opvarme en kvadratmeter bygningsareal er blevet halveret i de sidste 25 år. Men også den mængde varme, der direkte afgives fra boligernes radiatorer - nettoforbruget - er blevet reduceret væsentligt i perioden. Efterisolering af de danske huse og beboernes mere energibevidste adfærd er de væsentligste årsager til reduktionen af nettovarmeforbruget. Investeringer i effektive fyringsanlæg, varmesystemer og automatisk reguleringsudstyr har mindsket energitabet i boligernes individuelle anlæg. En planlagt og målbevidst satsning på kollektive energiforsyningssystemer har sammen med en større dækning med kraftvarmebaseret fjernvarme øget effektiviteten af det samlede forsyningssystem.

Informationsaktiviteter, flere tilskudsordninger og energiafgifter har bidraget til at skabe en holdning til, at energiforbruget er værd at beskæftige sig med om ikke for andet så for egen økonomisk vinding. Det er blevet mere og mere integreret i den almene viden, at isolering og termostatventiler er fornuftige og nødvendige foranstaltninger.

69





Elektriske apparater

Elforbruget til apparater i boliger, herunder også belysning, er steget kraftigt fra begyndelsen af 70'erne frem til 1988 - fra 4,7 TWh/år til 7,9 TWh/år. Efter 1988 har forbruget været stort set konstant på trods af et stigende apparatudbud, jævnfør figur 3.5.

Udviklingen har været karakteriseret af et stigende antal elforbrugende apparater i boligerne. Det stærkt stigende elforbrug har øget den politiske opmærksomhed over for elforbruget og mulige besparelser herpå.

Et skøn over fordelingen af elforbruget på energitjenester fremgår af figur 3.6.

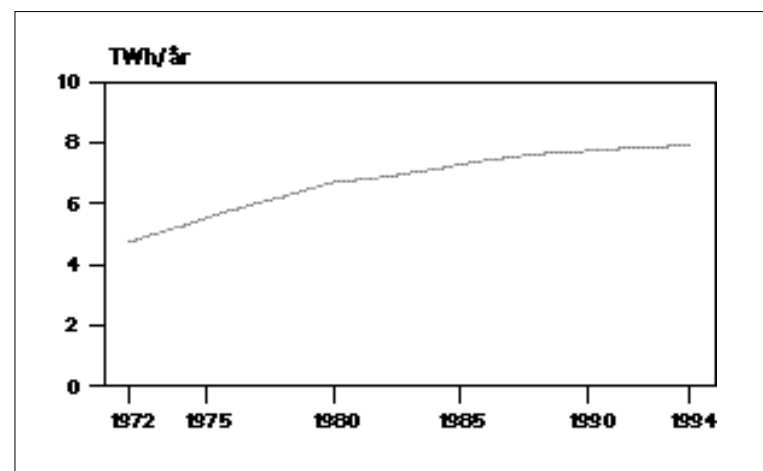
Besparelsespotentialer for opvarmning

Mulighederne for at nedsætte rumvarmeforbruget er meget store. Det er principielt muligt at efterisolere alle konstruktioner, således at det næsten ikke er nødvendigt at tilføre varme, eller de eksisterende bygninger kunne teoretisk set nedrives og erstattes med nyt lavenergi-byggeri med et energiforbrug på 10-20% af det nuværende. En beskrivelse af det tekniske potentiale inddrager derfor en vis rimelighedsbetragtning ud fra brugsmæssige og økonomiske hensyn.

På baggrund af vurderingerne af de tekniske muligheder og de tilhørende omkostninger, der er beskrevet i teknologikataloget om energibesparelser i boligsektoren, vurderes det, at nettovarmeforbruget pr. m² i den eksisterende boligmasse i *det passive forløb* vil blive reduceret med 10% frem til år 2030. Denne vurdering bygger på, at der kun gennemføres en række begrænsede, energibesparende foranstaltninger f.eks. i forbindelse med vedligeholdelsesarbejder.

En mere konsekvent gennemførelse af effektive løsninger som led i udskiftninger

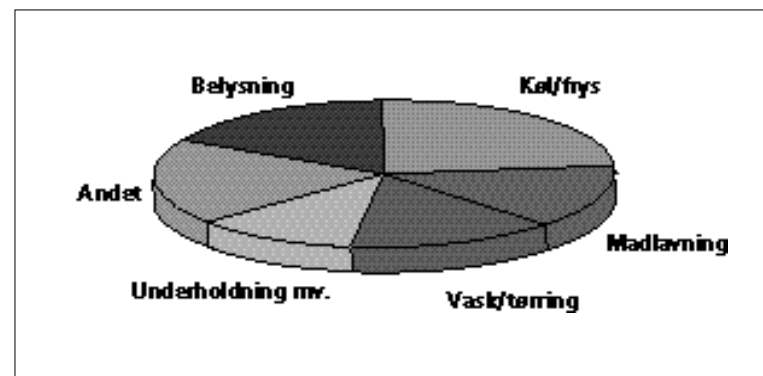
FIGUR 3.5
Elforbrug i boligsektoren.



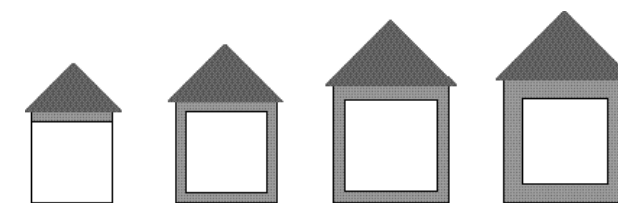
Kilde: DFEU.

og renoveringer i de kommende 35 år kan beregningsmæssigt reducere varmebehovet pr. m² i de eksisterende bygninger med 40% i forhold til dagens niveau. Dette forudsætter, at der alle steder, hvor det er muligt, gennemføres energibesparende foranstaltninger ud over, hvad der er normalt, f.eks. at der monteres lavenergiruder i stedet for almindelige termoruder,

FIGUR 3.6
Fordeling af elforbruget i 1994 til apparater mv. i boligsektoren.

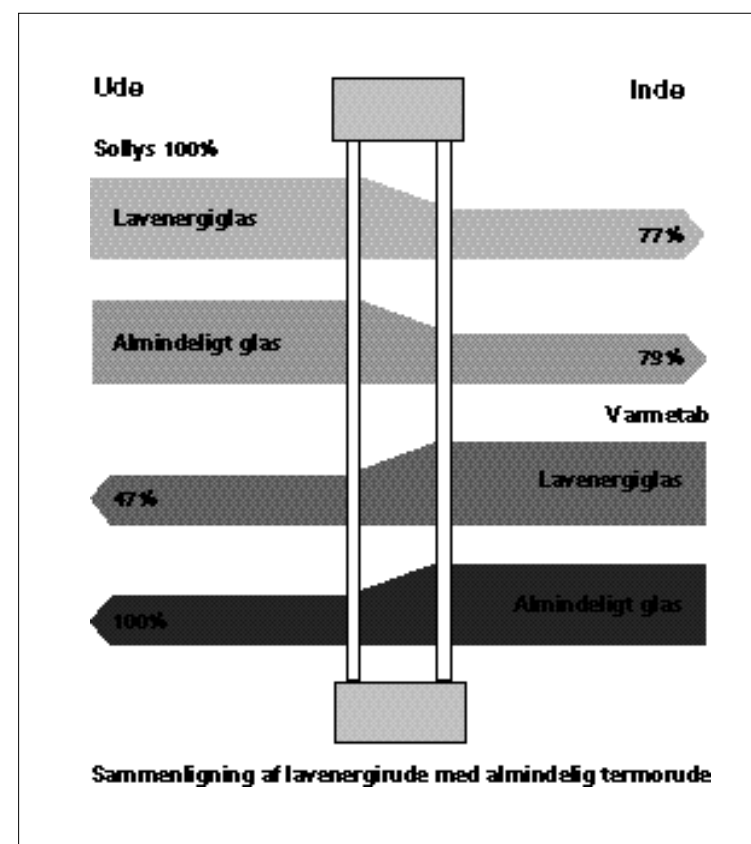


Kilde: DFEU.



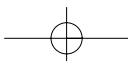
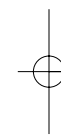
Opførelsesår	1950	1980	2000	2020
Isoleringstykkelse, mm.				
Loft	50	200	250	450
Ydervæg	0	125	150	350
Gulv	30	75	125	200
Nettovarmebehov GJ/m ²	0,75	0,40	0,25	0,07

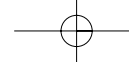
71



at tagkonstruktioner efterisoleres med dobbelt tykkelse i forbindelse med tagrenoveringer, at indvendig eller udvendig murisolering foretages med større tykkelser osv.

Gennemførelse af energibesparende foranstaltninger i boligsektoren omfatter også forbedringer af fyrings- og varme anlæg. Det vil i mange tilfælde være relevant at efterisolere de tekniske installationer og montere reguleringsudstyr, således at varmetabene reduceres. Desuden er der muligheder for installation af gas- og olie-fyringsanlæg med kondenserende drift, dvs en driftsform, hvor også varmeindholdet i røgen udnyttes. Endelig er der forventninger til, at der i fremtiden udvikles gasdrevne varmepumper og små kraftvarmeanlæg til installation i enfamiliehuse, hvorved brændselsudnyttelsen yderligere forbedres. Disse muligheder er dog ikke indregnet i besparelsespotentialer, men medtages som en del af effektiviseringsmulighederne i det samlede energiforsyningssystem, jævnfør kapitel 6.





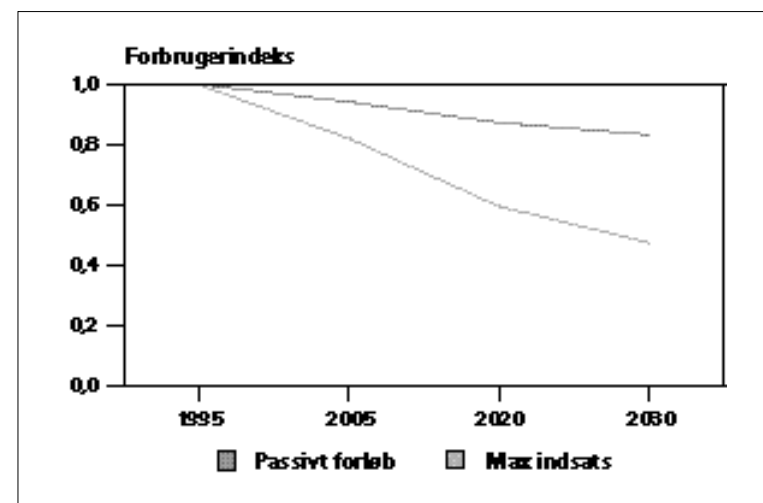
På opvarmningsområdet skønnes der at være adfærdsmæssige besparelspotentialer på 10-20%. Besparelserne kan f.eks. opnås ved at sænke rumtemperaturen i rum, der ikke benyttes, ved omhyggelighed omkring udluftning og ved sparsomt brug af varmt vand til personlig hygiejne.

Den samlede effekt ved isolering, forbedringer af varmeanlæg og energirigtig adfærd er under forudsætning af, at der ikke er nogen vækst i det private forbrug, vist på figur 3.7. Samlet forventes det, at tekniske og adfærdsmæssige besparelser frem til 2030 kan reducere energiforbruget til opvarmning med 17% i passivt forløbet og med 53% *max indsats forløbet*.

Gennemførelse af besparelserforanstaltninger i den eksisterende bygningsmasse bør ud over de tekniske effektiviseringsmuligheder ske under hensyntagen til indeklimaforhold og med anvendelsen af miljøvenlige materialer samt med klar prioritering af brugerønsker til såvel funktion som æstetik. Mennesker i Danmark opholder sig en meget stor del af tiden inde i bygninger enten hjemme, på arbejdet eller i fritiden. Ikke desto mindre eller netop derfor er indeoplevelsen af uden-dørs miljøet utrolig vigtig for velfærden.

Dagslys, udsyn, farveoplevelser er ligesom indetemperaturer, luftfugtighed, afgangning fra byggematerialer, støj, luftbevægelser, luftskifte og overfladetemperaturer parametre, der bestemmer, om et ophold i et lokale opleves som rart eller ubehageligt. Integration af disse hensyn med ressourcehensyn indeholder nøglen til, at energieffektivisering kan blive en succes.

FIGUR 3.7
Beregnet udvikling i forbrugsindeks for rumopvarmning i bolig sektoren forudsat uændret forbrug.



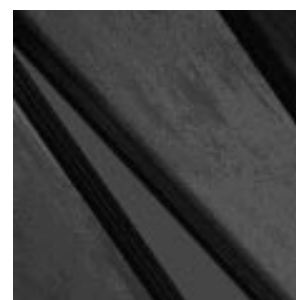
Kilde: Energistyrelsen.

Besparelspotentiale for elforbruget

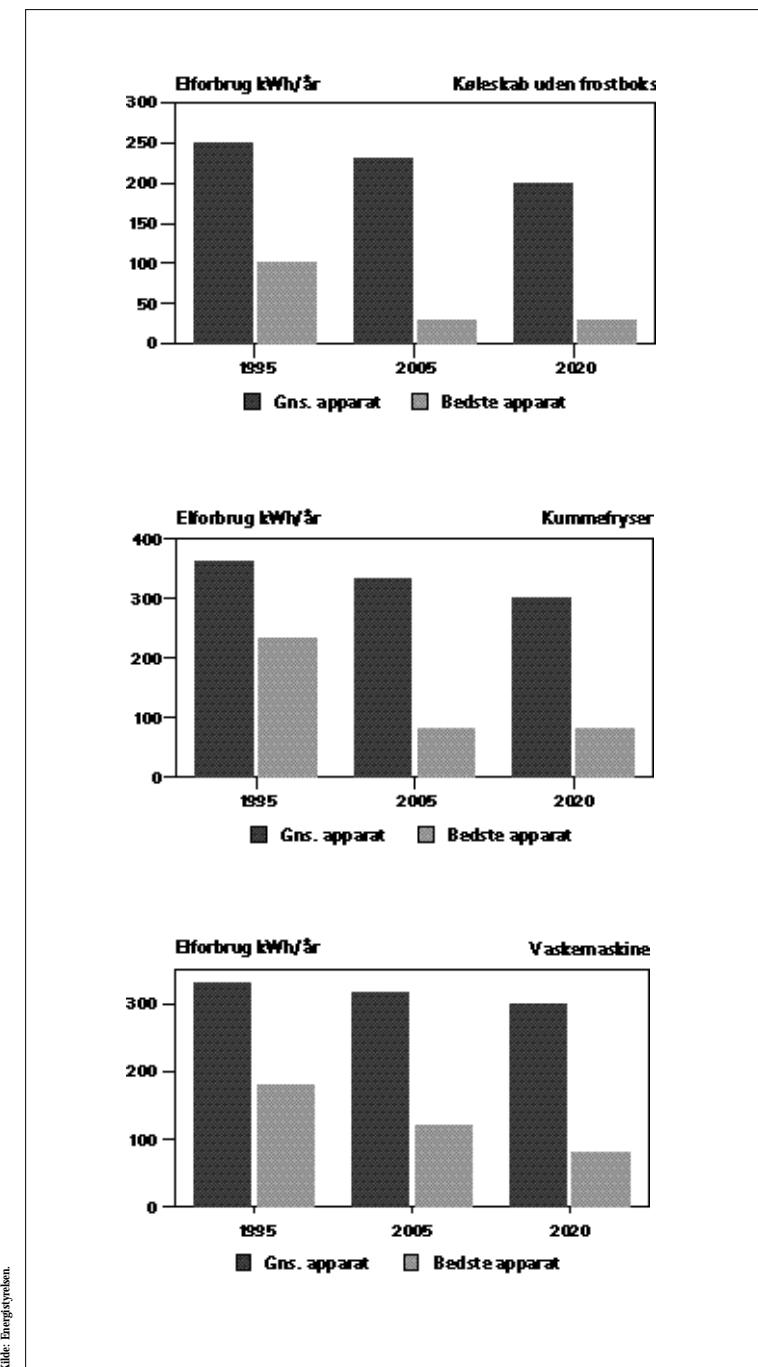
Der er også et stort teknisk besparelspotentiale for elapparater i boligsektoren. De største tekniske og adfærdsmæssige besparelspotentialer er inden for køl/frys, vaskeapparater samt inden for kommunikation og underholdning, hvor det skønnes muligt at reducere elforbruget med op til 70-80% i forhold til det gennemsnitlige forbrug i 1995.

På en række områder forudsætter opnåelsen af de maksimale besparelser, at der udvikles og markedsføres nye besparelseteknologier. Således forventes udvikling af en ny isoleringsteknik med vacuum kombineret med bedre kompressorer at kunne give et lavt elforbrug på køl/frys området.

For vaskemaskiner kan den teknologiske udvikling gå i flere retninger, f.eks. maskiner med varmt- og koldtvandsindtag, med varmeveksling med vand fra



Eksempler på årligt elforbrug for 3 apparater.



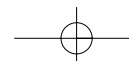
Kilde: Energistyrelsen.

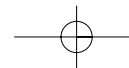


eksisterende varmtvandssystem, med vacuum i tromlen eller med ultralyd samt vask med lavere temperaturer med enzymer. For tørretumblere kan de største elbesparelser opnås f.eks. med anvendelse af varmepumpe, varmeveksling, recirkulation, eller gastørretumbler inden for naturgasforsynede områder. I *det passive forløb* antages udvikling for tørretumblere at medføre en delvis effektivisering af den eksisterende teknologi, og delvis at vaskemaskiner får større centrifugeringshastighed.

For opvaskemaskiner forventes den teknologiske udvikling at gå i retning af effektive maskiner med varmeveksling eller med varmt- og koldtvandsindtag. Det antages derimod for mindre sandsynligt, at der udvikles opvaskemaskiner med ultralyd.

For kommunikation/underholdning, dvs. TV/video og PC-ere mv., forventes den teknologiske udvikling bl.a. at indebære reduceret effektforbrug til stand-by, anvendelse af ny energibesparende teknik til TV-skærme og til skærme til stationære computere, og energispareautomatik på printere, telefax mv., når de ikke bruges. Multifunktionsmaskiner forventes også at kunne resultere i et lavere energiforbrug. Uden denne udvikling forventes det i passivt forløbet, at der sker en reduktion af elforbruget for TV/video ved stand-by, samt at alle PC-ere, skærme og computere med tiden udstyres med "sleeping" funktioner.





Nogle af elbesparelserne medfører et øget forbrug af andre energiformer f.eks. ved varmtvandstilslutning af vaske- og opvaskemaskiner eller ved anvendelse af gas-tørretumblere. Dette energiforbrug er ikke modregtet i elbesparelserne. Elbesparelser medfører desuden, alt andet lige, at energiforbruget til rumopvarmning stiger. Dette merforbrug, typisk svarende til halvdelen af elbesparelsen, er der taget hensyn til ved beregningerne af det samlede energiforbrug.

74

Foruden det teknologisk betingede energiforbrug for et givet apparat, når det er i drift eller står stand by, så har den måde, brugeren anvender teknikken på, stor indflydelse på forbruget, jævnfør tabel 3.1. Eksempelvis er der i dag et stort besparelsespotentiale ved at vaske ved lavere temperaturer, end der traditionelt anvendes.

Det adfærdsmæssige potentiale for besparelser på elforbruget til husholdningsapparater, som det skønnes at være i dag er vist i tabel 3.1. Det adfærdsmæssige besparelsespotentiale er knyttet til brugssituationen, men afhænger også af teknologien, idet en mere energieffektiv teknologi til dels vil "reducere" det adfærdsmæssige potentiale. Hvis f.eks. fremtidens vasketeknologi foregår ved hjælp af enzymer ved lave vandtemperaturer, forsvinder det potentiale, der er i dag ved at nedsætte vasketemperaturen. Det vil i stedet være indeholdt i det tekniske besparelsespotentiale.

TABEL 3.1

Adfærdsmæssige besparelsespotentialer for husholdningsapparater i 1995

	%
Energitjeneste	20
Belysning	20
Køl/frys	5-10
Madlavning	10-15
Vask, opvask og tørring	5-40
Kommunikation/underholdning	30-70
Øvrige	10

Som det fremgår, er besparelserne ikke uvæsentlige. For vask kan der opnås en besparelse på op til 40% ved at sænke vasketemperaturen. For kommunikation og underholdning er der store besparelsesmuligheder ved at slukke for stand-by funktionen på TV, stereo, video mv., når apparaterne ikke anvendes.

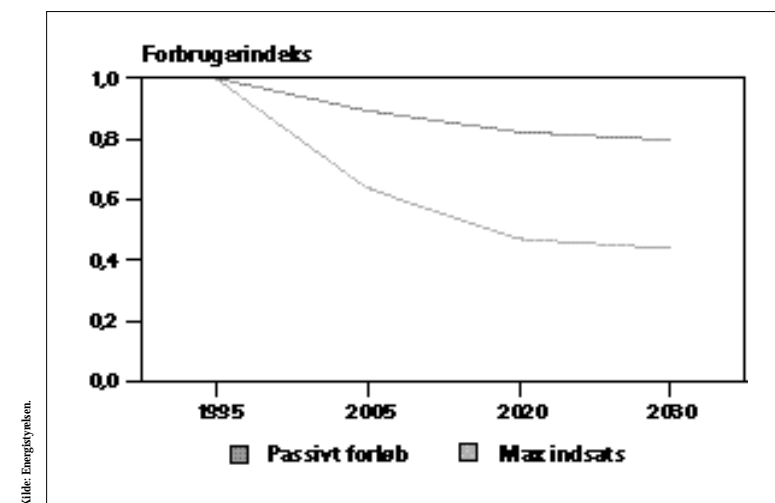
Samlet fås et teknisk og adfærdsmæssigt elbesparelsespotentiale på 56% i forhold til i dag som vist på figur 3.8. Dette er som tidligere anført under forudsætning af, at det nuværende forbrug er uændret.

Omkostninger ved besparelser

Opnåelse af de beskrevne energibesparelser medfører i langt de fleste tilfælde, at der skal investeres i lidt dyrere apparater, eller gennemføres energibesparende tiltag med højere omkostninger. Ses der bort fra omkostningerne ved at planlægge eller udvælge det mest energirigtige udstyr, er der i teknologikatalogerne givet en række skøn over disse meromkostninger for 1995 samt for 2005 og 2020.

FIGUR 3.8

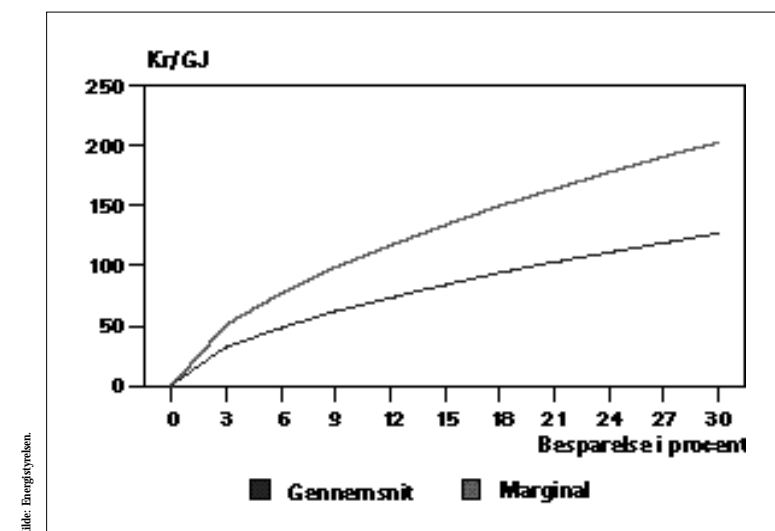
Beregnet udvikling i forbrugsindeks for elforbrug til apparater mv. i boligsektoren forudsat uændret forbrug.



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.9

Marginale og gennemsnitlige merinvesteringer for besparelser i rumvarmeforbruget i boligsektoren.



Kilde: Energistyrelsen.

Opvarmning

For varmebesparende tiltag på boligområdet er der fundet den på figur 3.9 viste sammenhæng mellem energibesparelse og merinvesteringer pr. sparet GJ. På figuren er vist de gennemsnitlige og marginale merinvesteringer, der kræves for at spare 1 GJ i afhængighed af besparelsesprocenten. Eksempelvis findes, at der for investeringer på 100 kr/GJ kan realiseres besparelser på henholdsvis ca. 8% eller 20% afhængig af, om der anvendes en marginal eller en gennemsnitsbetragtning.

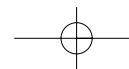
Kurverne illustrerer, at det bliver dyrere og dyrere at realisere besparelserne. På opvarmningsområdet er de billigste foranstaltninger typisk ekstra tætning af fuger, brug af lavenergiruder i stedet for almindelige ruder, mens de dyreste ofte er isolering af gulve og isolering af lignende svært tilgængelige bygningsdele. Det største overskud af den samlede investering fås, når omkostningen for det sidste tiltag, marginalomkostningen, netop er lig med værdien af varmebesparelsen.

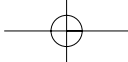
Elapparater

For udvalgte elforbrugsområder i boligsektoren er der overslagsmæssigt fundet de på figur 3.10 viste marginalinvesteringer som funktion af besparelserne i perioden 1995-2005.

Det fremgår af figuren, at der kan opnås både billige og store besparelser på køl-/frys-området og delvis også for vaskeapparater (vaskemaskiner, opvaskemaskiner og tørretumblere), hvorimod der for belysning er et mindre besparelsespotentiale.

75





3.3 Energiforbrug i den offentlige sektor

De væsentligste områder inden for den offentlige sektor er undervisning, sundhedsvæsen, institutioner, administration, forsvaret og offentlige værker.

Elforbruget i den offentlige sektor var 4,3 TWh og varmeforbruget 24 PJ i 1994, hvilket svarer til knap 15% af elforbruget og en tilsvarende del af varmeforbruget i Danmark.

76

figur 3.11 viser udviklingen i energiforbruget i den offentlige sektor i perioden 1970-1994.

Elforbruget fordeler sig på udvalgte energitjenester som vist på figur 3.12.

Varmeforbruget i den offentlige sektor i 1994 fordelt på energiformer fremgår af figur 3.13.

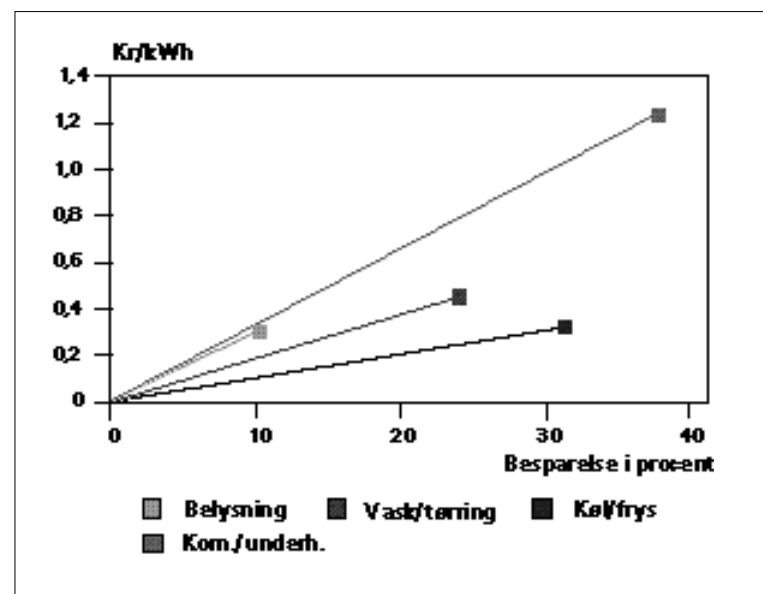
Besparelsesmuligheder

De tekniske besparelsesmuligheder for rumvarme, elapparater og processer i den offentlige er analyseret i teknologirapporten om energibesparelser i den offentlige sektor. Ligesom for boligsektoren er det forudsat, at besparelserne opnås i takt med den løbende udskiftning og fornyelse af apparater, procesudstyr mv.

Rumvarme

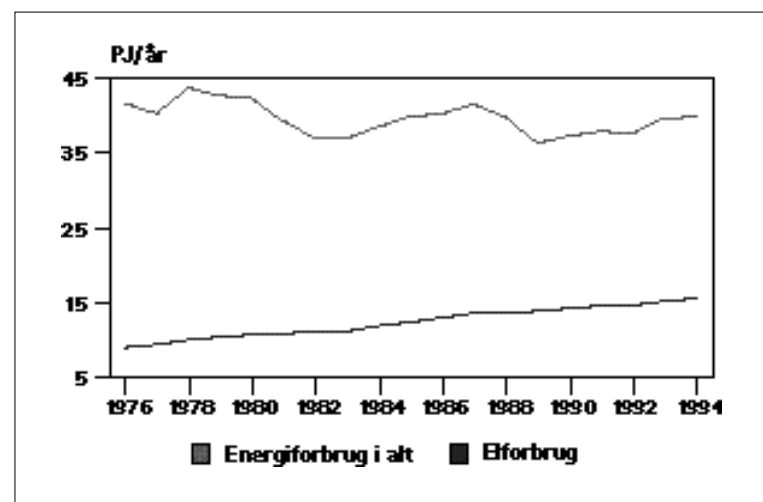
For rumvarme er det antaget, at der er samme tekniske besparelsesmuligheder som for boligsektoren, og det er således muligt at opnå betydelige reduktioner af nettovarmebehovet. Det er ligeledes antaget, at merinvesteringerne hertil er de samme som for boligsektoren.

FIGUR 3.10 Marginale merinvesteringer for elbesparelser i boligsektoren.



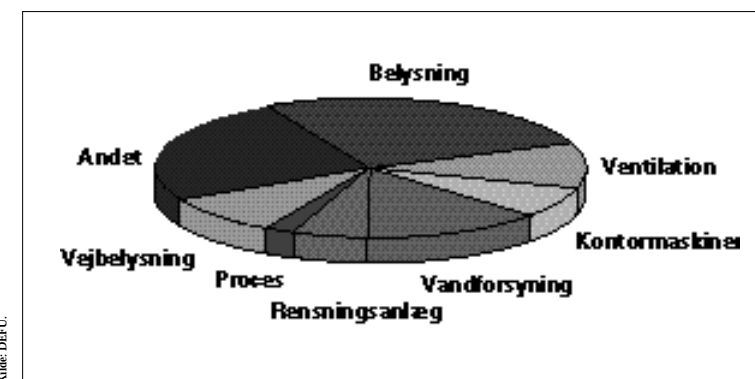
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.11 Endeligt energiforbrug i den offentlige sektor.



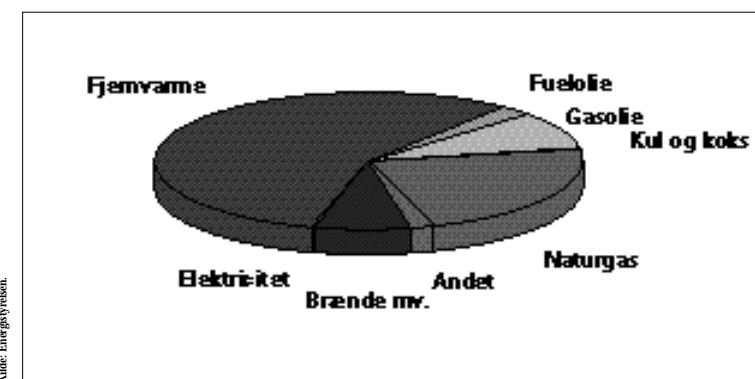
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.12 Fordeling af elforbruget i 1994 i den offentlige sektor.



Kilde: DEPU.

FIGUR 3.13 Endeligt energiforbrug til opvarmning i 1994 i den offentlige sektor fordelt på energiarter.



Kilde: Energistyrelsen.

Elapparater

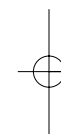
På belysningsområdet er det rent teknisk muligt at nå ned på meget lave energiforbrug. Det tekniske besparelsespotentialer nås ved anvendelsen af energieffektive lyskilder, armaturer og forkoblinger, lyse-lofts- og vægfarver sammen med dagslystyring og bevægelsesmeldere.

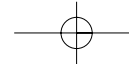
De tekniske muligheder for en effektivisering af lyskilder, armaturer og forkoblinger består på mellemlangt sigt i at øge lysudbyttet fra lyskilderne, forbedre opretholdelsen af lysstrøm og belysningsstyrker samt ændret belysningsform og dermed større belysningsvirkningsgrad. På langt sigt kan der udvikles armaturer, som sammen med lyskilde og forkobling ved styring altid udsender samme lysstrøm. Gennem ændret bygningspraksis kan sikres et jævner dagslysfald. Endvidere kan lysledersystemer udvikles til transport af dagslys.

Energibesparelsespotentialer inden for ventilation kan i eksisterende byggeri realiseres ved udskiftning af motorer og ventilatorer til de mest energieffektive. I nybyggeriet er der yderligere muligheder for elbesparelser ved omhyggelig projektering og udnyttelse af mulighederne for reduktion af behovet for ventilation. Desuden er kvalificeret service og vedligehold nødvendige foranstaltninger for at undgå en gradvis forringelse af anlæggene. Der er behov for nytænkning og forskning for rigtig dimensionering af ventilationsanlæg til køling og for ved bygningsudformning og drift af elapparater at reducere behovet for ventilation.

På kontorområdet er det primært forventningerne til energieffektive computere, nye kopieringsmetoder og i øvrigt udbredt overgang til elektronisk informationsudveksling, der giver mulighed for store elbesparelser.

77





Samlet besparelspotentiale

For den offentlige sektor som helhed er det samlede tekniske og adfærdsmæssige besparelspotentiale frem til 2030 beregnet til 20% i passivt forløbet og til 40% i max indsatsforløbet. Forløbene er vist på figur 3.14.

Omkostninger ved elbesparelser

78

På figur 3.15 er vist de marginale merinvesteringer pr. sparet kWh for udvalgte energitjenester inden for den offentlige sektor afhængig af realiseringen af besparelspotentialet i perioden frem til 2005.

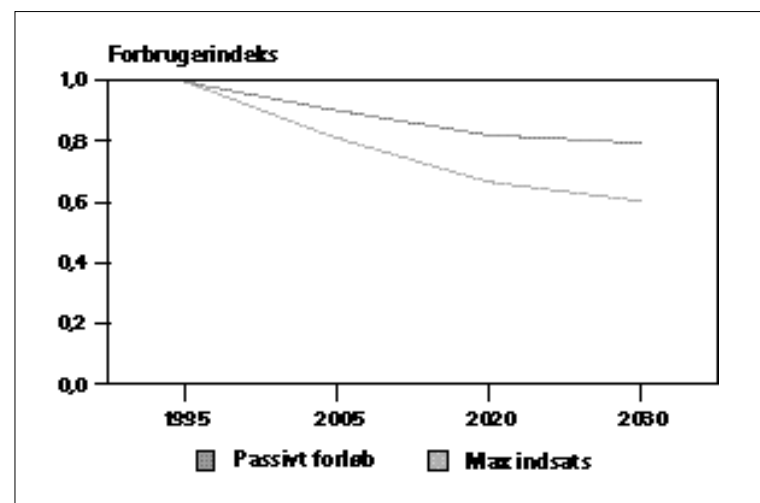
De største besparelser findes for belysning og elektronik, mens der inden for ventilation og vejbelysning kun er forholdsvis små besparelsemuligheder. De billigste besparelser findes på elektronikområdet, mens vejbelysningen er vurderet at være dyrest.

3.4 Erhvervsområdet

Erhvervsområdet er opdelt i 4 sektorer: industri, landbrug (incl. gartneri, skovbrug og fiskeri), bygge- og anlægssektoren samt privat handel og service.

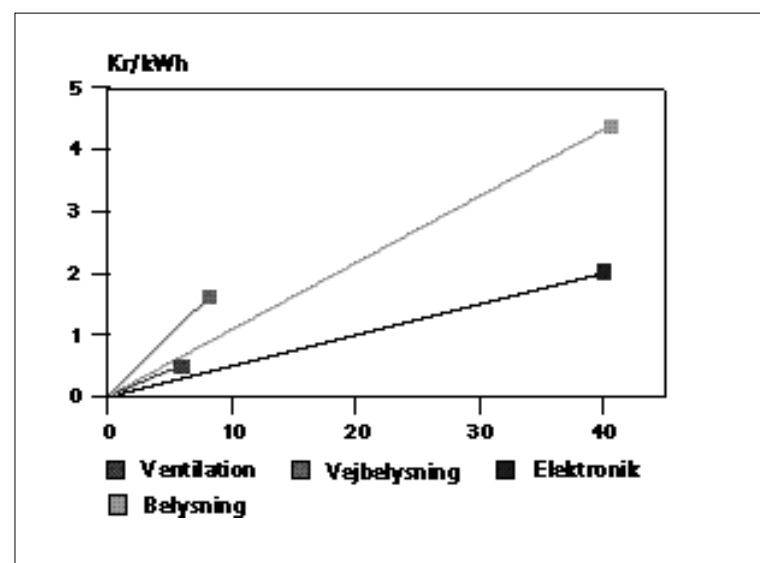
Udviklingen i energiforbruget i perioden 1976-94 og fordelingen mellem sektorer fremgår af figur 3.16. Som det ses, står industrien for ca. 60% af erhvervenes energiforbrug.

FIGUR 3.14
Beregnet udvikling i forbrugsindeks for el- og varmekonsum i den offentlige sektor forudsat uændret forbrug.



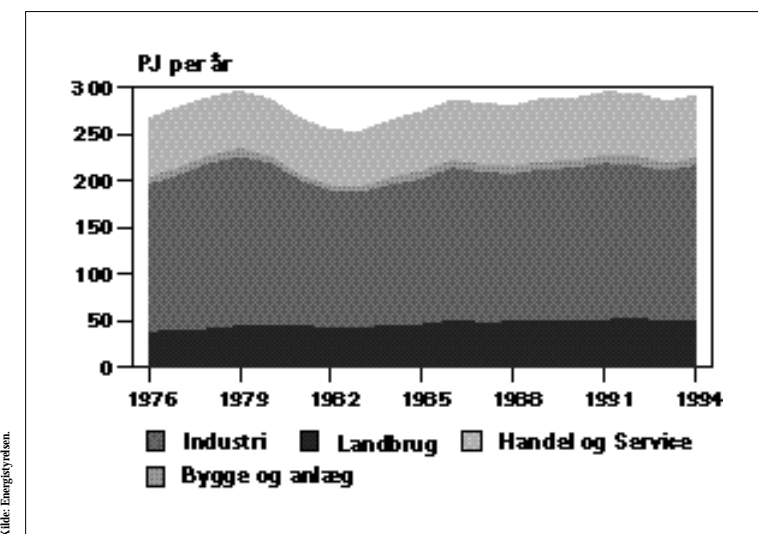
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.15
Marginale merinvesteringer for elbesparelser i den offentlige sektor.



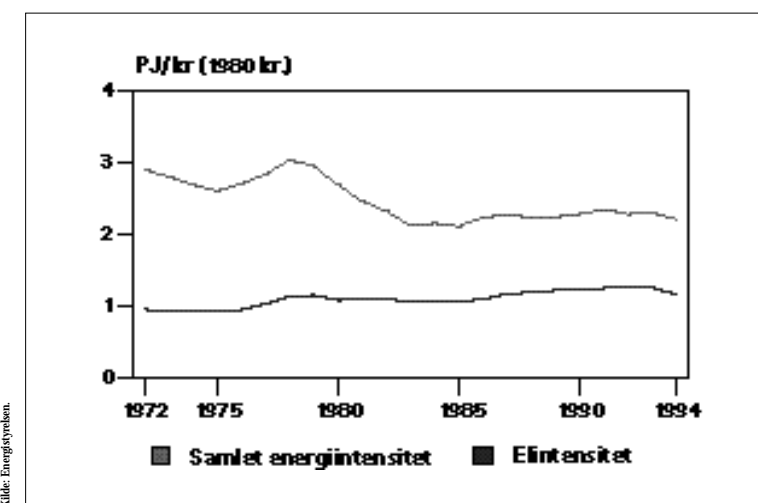
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.16
Energiforbruget i erhvervene fordelt på sektorer.



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.17
Energi- og elintensitet i industrien. Prisniveau 1980.



Kilde: Energistyrelsen.

Elandelen er steget som følge af stigende automatisering af produktionen og stigende anvendelse af elforbrugende udstyr.

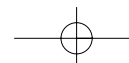
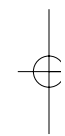
Udviklingen i industriens energiintensitet (energiforbrug pr. produceret enhed målt som værditilvækst) viser et betydeligt fald i perioden frem til 1983. Men siden 1983 har energiintensiteten været nogenlunde konstant jævnfør figur 3.17, hvilket bl.a. skyldes et kraftigt fald i energipriserne i 1985/86. Desuden var det forudgående fald i industriens energiintensitet relativt stort og større end i andre lande.

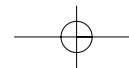
I industrien er der sket et betydeligt skift mellem energiarterne. I 1970'erne voksede industriens kulforbrug, men i takt med udbygningen af naturgasnettet er der sket en vækst i forbruget af naturgas. Olieforbruget har været jævnt faldende over perioden, mens elforbruget har været jævnt stigende.

Undersøgelser tyder på, at udviklingen især kan forklares ved vækst i produktionen og stigende elintensitet. Derimod synes energiforbruget i industrien kun i begrænset omfang at være påvirket af strukturændringer i form af skift fra relativt energiintensive brancher til mindre energiforbrugende brancher.

Energiforbruget i privat handel og service er i de seneste årtier vokset betydeligt. Bruttoenergiforbruget knyttet til privat handel og service udgjorde i 1994 knap en femtedel af det samlede forbrug. Stort set hele sektorens brændselsforbrug

79





anvendes til rumopvarmning og varmt vand. Elforbruget går fortrinsvis til belysning, køling og ventilation, og har været jævnt stigende i forhold til bruttofaktorkomsten.

Besparelsmuligheder

Der er i teknologikataloget om energibesparelser i erhvervslivet gennemført en række analyser af de tekniske og adfærdsmæssige muligheder for at opnå energibesparelser.

Besparelspotentialerne er opgjort uden hensyntagen til omkostningerne og tidsforbruget ved at indføre teknologien. Besparelserne opnås ved anvendelse af de mest energieffektive komponenter, den bedste regulering og de mest energieffektive systemløsninger. Hertil kommer besparelser i slutforbruget ved nøje at vurdere det behov, som energitjenesten skal dække. Endelig er bedre drift og vedligehold gennem automatisering omfattet.

På kort sigt er besparelserne baseret på kendt og afprøvet teknik, mens der på længere sigt også medtages besparelsmuligheder, som forventes at fremkomme f.eks. på grund af en øget forsknings- og udviklingsindsats.

Ud over de tekniske besparelspotentialer er der et adfærdsmæssigt potentiale, der kan realiseres via mere energirigtig adfærd hos erhvervslivets ejere og ansatte, f.eks. mere systematiske vaner med at slukke for energiforbrugende apparater, når der ikke er brug for dem. Da de tekniske besparelspotentialer inkluderer en udbredt automatisering, vil de fleste adfærdsmæssige potentialer blive reduceret i takt med realiseringen af de tekniske besparelser. Tilbage bliver dog energieffektivisering ved god vedligeholdelse og rengøring af apparater samt ved god driftsplanlægning med prioritering af de mest energieffektive maskiner.

Det adfærdsmæssige energisparepoten-

tiale er generelt lavt, især i industrien og i privat handel og service.

Landbrug mv.

Hovedparten af elsparepotentialet i sektoren er fundet inden for ventilation, tørring, pumpning og køling. Elforbruget til ventilation kan reduceres ved i større udstrækning at anvende naturlig ventilation, ved styring af anlæg ud fra vindforhold og forureningsgrad og ved brug af effektive motorer og ventilatorer. Med brug af mere effektive pumper, bedre regulering, større fordamper- og kondensationsflader, isolering af køletanke mv. kan elforbruget til pumpning, tørring og køling nedsættes. Desuden er der muligheder for energibesparelser ved etablering af industriel kraftvarme, især i gartnerier.

Industri mv.

Hovedparten af elsparepotentialet ligger inden for ventilation, trykluft, pumpning og processer. Især er der store besparelsmuligheder inden for trykluftanvendelsen. Foruden reduktioner af luftforbruget i slutanvendelserne, kan der spares ved forbedringer af kompressorerne, ved brug af vakuumpumper, sænkning af tryk, bedre styring og regulering mv. De største elsparepotentialer er fundet for bryggerier, træ- og møbelindustri, grafisk- og tekstilindustri mv.

Besparelspotentialet m.h.t. brændsler i industrien opnås ved effektiviseringer ved tørring, destillation og inddampning samt andet procesforbrug. De største sparepotentialer for processer er fundet inden for nærings- og nydelsesmiddel samt i tekstilindustrien. Hertil kommer energibesparelsen som følge af etablering af industriel kraftvarme, især inden for nærings- og nydelsesmiddelindustrien.

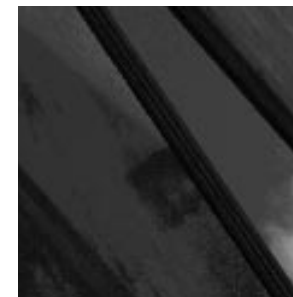
Byggeri og anlæg

I byggeri og anlæg er elsparepotentialet især inden for belysning og tørring, mens brændselsbesparelspotentialet knytter sig til rumvarme.

Privat handel og service

Hovedparten af elbesparelserne kan opnås ved effektivisering af ventilation, effektivisering af lyskilder, armaturer og forkoblinger, forbedrede køleanlæg samt anvendelse af energieffektive computere mv.

Besparelsmulighederne ved rumopvarmning består i forbedringer af klimaskærmen, udskiftning af vinduer til lavenergigruder, styring og regulering af opvarmningsanlæg mv.



Andre besparelsmuligheder

Der er ikke medtaget besparelsmuligheder ved strukturelle ændringer såsom fusionering eller forskydninger i produkt-sammensætningen inden for de enkelte brancher. Endvidere tages ikke højde for nye energiforbrugende teknikker, der måtte blive indført.

I industrien er der ud over besparelserne i slutforbruget mulighed for at effektivisere ved varmegenvinding mellem nabo-virksomheder. Substitution mellem el, naturgas mv. giver også mulighed for effektivisering, omend i mindre skala.

Endelig vil kraftvarme i enkeltvirksomheder eller grupper af virksomheder kunne reducere energiforbruget i landets samlede elsystem.

For generelt at realisere en væsentlig del af det meget store besparelspotentiale kræves en styrket forsknings- og udviklingsindsats med henblik på at finde økonomiske, driftssikre og effektive løsninger med lavt energiforbrug. Dette vil indebære udvikling af renere teknologi og energieffektiv opbygning og styring af systemer. Desuden bør arbejdet med at

energieffektivisere apparater og komponenter, som kedler, pumper, elmotorer, ventiler osv. fortsættes og styrkes.

Samlet besparelspotentiale

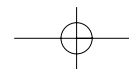
På figur 3.18 og 3.19 er de tekniske og adfærdsmæssige besparelspotentialer for elforbruget samt varme- og procesforbruget vist under forudsætning af uændret forbrug. Ved udskiftning til de bedste apparater og processer i takt med at de eksisterende nedslides, kan i *max indsats forløbet* opnås en reduktion i elforbruget på 57% i forhold til i dag og en reduktion af varme- og procesforbruget på 47% i 2030. De tilsvarende besparelser i *passivt forløbet* er henholdsvis 15% og 8%.

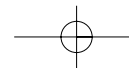
3.5 Barrierer og virkemidler

Energiforbrug og samfundsudvikling

Energiforbruget hænger sammen med vores måde at leve på. Vi bruger energi hjemme, på arbejde, ved indkøb og transport. Hvor meget vi bruger, afhænger af, hvordan vores hverdag er tilrettelagt, hvor vores bolig og arbejdsplads ligger, hvordan den er indrettet, hvad og hvor meget vi forbruger, og hvad vi betragter som vigtigt i livet. Der er store forskelle i hus-holdningernes energiforbrug og ikke kun på grund af objektive forhold som familiestørrelse, alder mv. Forskellene er også udtryk for forskelle i livsstil.

I de tekniske baggrundsrapporter er der bl.a. redegjort for, hvor meget energi der kan spares, hvis den mest energieffektive teknologi blev benyttet overalt. Helt generelt er forudsætningen for, at besparelser kan gennemføres, at der hos brugerne er accept heraf. Der kan f.eks. være et stort besparelspotentiale ved at anvende helt nye vasketeknologier. Ultralydvask eller enzymvask ved koldt vand er nærliggende bud på, hvad vi i fremtiden vil bli-





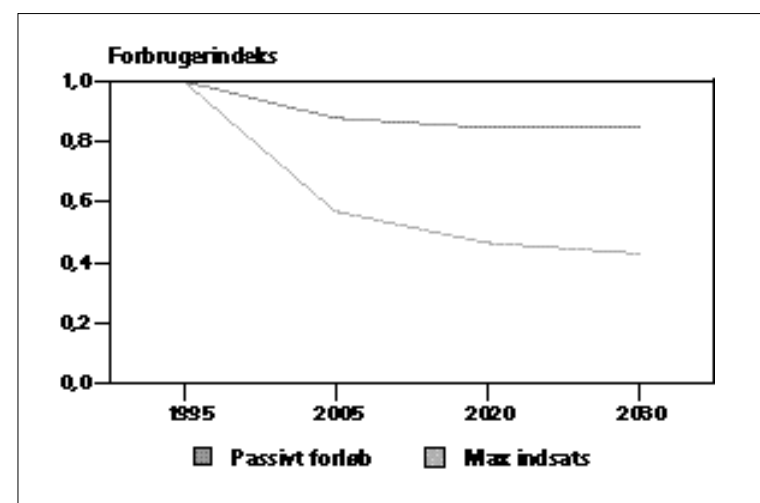
ve præsenteret for på det danske marked. Her vil der kræves et radikalt brud med de hidtidige opfattelser af, hvad der skal til for at opnå rent tøj - et brud med indgroede normer og traditioner, som kan være vanskeligt at gennemføre.

Vaskeeksemplet illustrerer den situation, hvor de største barrierer ikke ligger i de tekniske eller økonomiske forhold, men hos brugerne. I denne situation skal det således nøje overvejes, om der skal vælges en strategi, hvor der gøres en indsats for at påvirke brugernes vaner og normer, eller om man i stedet skal søge alternative besparelsesmuligheder realiseret. Normalt vil brugernes accept bedst kunne opnås, hvor de ønskede ændringer i vaner eller adfærd ikke indebærer krav til egentlige forandringer i livsstilen, men hvor der er mulige at efterleve inden for den normale dagligdag.

De seneste undersøgelser om vores energisparebevidsthed, viser, at den danske befolkning er energibevidst, og at hensynet til miljøet er den væsentligste årsag til, at der skal spares energi. Til trods for, at miljø- og energibevidstheden synes at være stigende, er der ikke noget, der tyder på, at vi radikalt er ved at ændre vores velfærdsopfattelse, men der er en erkendelse af, at velfærd har negative konsekvenser for miljøet af mere omfattende karakter, og at vi bør søge at reducere disse f.eks. via afgifter.

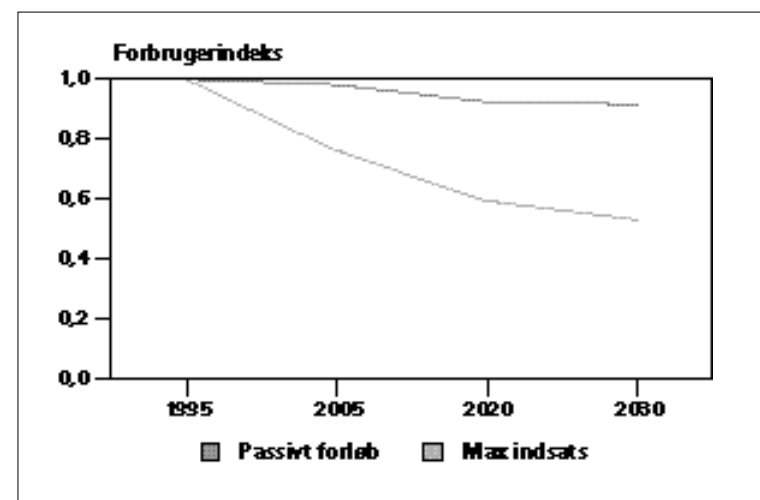
En række energibesparelser vil kunne gennemføres uden, at der rokkes ved fundamentene for velfærdsfundet eller den enkeltes livsstil. Her gælder det så om at give husholdninger og virksomheder mv. bedre betingelser for at kunne se mulighederne, gennemføre dem og kontrollere effekten af indsatsen.

FIGUR 3.18
Beregnet udvikling i forbrugsindeks for elforbrug i erhvervene forudsat uændret forbrug.



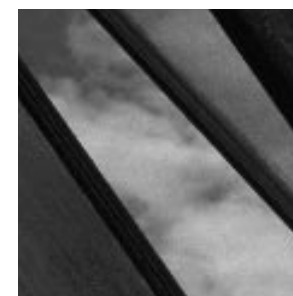
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 3.19
Beregnet udvikling i forbrugsindeks for varme- og procesforbrug i erhvervene forudsat uændret forbrug.



Kilde: Energistyrelsen.

En veltilrettelagt indsats for på kort sigt at realisere besparelser med deraf følgende gode besparelsesresultater giver et godt fundament for gennemførelse af besparelser på længere sigt. Her kan de gode resultater give incitamentet til, at miljøet i endnu højere grad kommer i fokus, når det gælder de daglige prioriteringer, så selve niveauet for energitjenester påvirkes. Dette forudsætter tillige, at der foregår en løbende debat om den fremtidige samfundsudvikling, herunder energi-anvendelsen. Et centralt spørgsmål er, hvorledes en miljørigtig udvikling på energiområdet kan foregå i et vækstsamfund, og hvilke krav der i givet fald stilles ikke blot til miljø- og energipolitikken, men også til andre områder, som har indflydelse på vores energiforbrug.



Eksempler på konkrete barrierer

Gennemførelse af besparelser stiller ofte krav om overblik over finansieringsmuligheder, kendskab til teknisk løsning, til styringen af udførelse m.m. Man kan betale sig fra dele af arbejdet f.eks. ved at anvende en totalentreprenør eller hyre en professionel projektleder. Men det er en barriere, at det kan være besværligt at gennemføre en besparelsesindsats.

Andre barrierer kan være usikkerhed om de fremtidige energipriser, at energiodgifter kun udgør en lille del af de samlede driftsudgifter, og at en indsats for at nedbringe dem derfor prioriteres lavt, eller at der ikke er finansieringsmuligheder.

Ejerforholdet kan også være en barriere for gennemførelse af energieffektiviseringer. Den, der gennemfører investering i et energikrævende anlæg eller i en energibesparelse, er ikke altid den samme som den, der skal betale den løbende energiodgift.

Det er bl.a. disse barrierer, virkemidlerne skal forsøge at overkomme, og virkemiddelbuket bør sammensættes med henblik herpå.

Gennemførelse af besparelser i boligsektorens energiforbrug er hidtil foregået som resultat af de enkelte husstandes beslutninger. Økonomiske overvejelser har spillet en stor rolle, men også andre hensyn har haft betydning f.eks. vedligeholdelses- og komfortmæssige hensyn.

De største barrierer for realiseringen af besparelser i den offentlige sektor er økonomiske, herunder bl.a. manglende finansieringsmuligheder, og at besparelser i anlægsfasen ved ny- og ombygninger prioriteres over driftsudgifterne til energi, samt organisatoriske barrierer som for eksempel, at energibesparelser ikke får ledelsens opbakning.

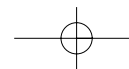
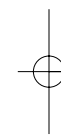
For erhvervslivet synes de væsentligste barrierer at være af økonomisk karakter, da investeringer i energibesparelser skal konkurrere med andre investeringer i f.eks. produktionskapacitet. Hertil kommer usikkerhed om virksomhedens fremtidige markedsforhold, manglende kendskab til brændselsprisudviklingen og mangel på information om besparelsesmulighederne.

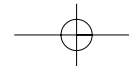
Helhedsorienteret virkemiddelindsats

Der kan anvendes flere forskellige virkemidler, når det gælder reduktion af energiforbruget. Virkemidlerne indvirker på alle faser fra produktudvikling til brugeradfærd, jævnfør figur 3.20.

Produktudvikling

Målet med de virkemidler, der indgår i tilknytning til produktudvikling, er at fremme den teknologiske udvikling i en mere energieffektiv retning, dels via støtte til forskning og udvikling, dels i form af





køberpolitik, hvor grundideen er, at organiserede grupper af brugere efterspørger en given mængde apparater ud fra kravspecifikationer til bl.a. energieffektiviteten.

Markedsføring

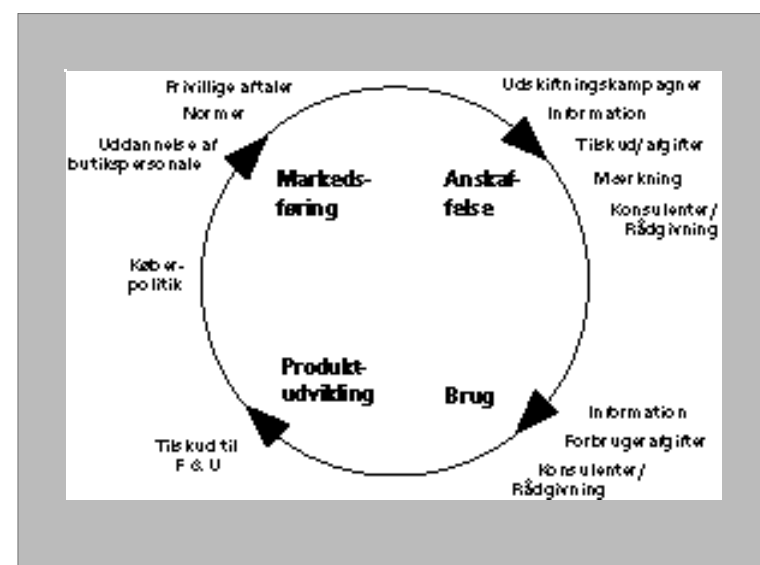
Gennem brug af virkemidler i forbindelse med apparaternes markedsføring tilstræbes, at salget af de energimæssigt dårligste apparater reduceres. Den skrappeste version heraf er normer, hvor de dårligste apparater udelukkes fra markedet. Frivillige aftaler med importører eller forhandlere kan begrænse udbuddet af ineffektive apparater.

Anskaffelse og brug

De virkemidler, som sigter mod anskaffelses- eller brugssituationen, består overvejende af information, rådgivning og økonomiske virkemidler, der rettes mod valget af apparater og brugen af dem. Information spænder fra den holdningsbearbejdende til den konkrete handlingsvejledende, ligesom rådgivning spænder fra elselskabernes information om udviklingen i elforbruget til gennemførelse af detaljerede analyser af energibesparelspotentialer i virksomheder ved brug af særligt uddannede konsulenter. Rådgivningen kan være en betingelse for eksempelvis afgiftsnedsettelse eller den kan være obligatorisk. Der kan tillige være krav om grønne regnskaber, energistyring og energirigtigt indkøb mv. For virksomheder kan der, hvor der kræves miljøgodkendelse, indføres energimæssige krav, og der kan i den offentlige sektor ske en stærkere styring, så indkøb af ineffektive apparater elimineres.

Gennem en målrettet indsats for energirigtige indkøb skabes en yderligere efterspørgsel efter energieffektive apparater. Incitamentet til yderligere produktudvikling vil herigennem blive øget, og pri-

FIGUR 3.20
Produktcirklen



Kilde: Energistyrelsen.

serne på energieffektive varer vil falde, og en god cirkel er skabt.

Økonomiske virkemidler kan bestå af tilskud, der sigter mod at fremme købet af energieffektive apparater, eller afgifter, som tilskynder til en energispareadfærd på driftssiden. Tilskud til effektive apparater kan finansieres via afgifter på dårlige apparater inden for samme kategori. I forbindelse med udsiftningskampagner kan der stilles krav om udsiftning til de bedste apparater på markedet som vilkår for at opnå tilskud.

Information

Ved realiseringen af besparelser er information et vigtigt redskab. Udviklingen har gennem årene været, at den konkrete, handlingsvejledende information og rådgivning i stadig stigende grad afløser den mere holdningsbearbejdende information, og den bliver formidlet via de personer og fagfolk brugeren normalt er i kon-

Principperne for den nye grønne afgiftspakke for erhvervslivet:

I det nye energi- og CO₂-afgiftssystem opdeles energiforbruget i tre dele efter anvendelse: rumopvarmning, energitunge processer og energilette processer.

Afgiften for energi anvendt til rum-opvarmning optrappes over årene 1996-1998 til samme niveau som for husholdninger. Det sker ved at erhvervenes nuværende godtgørelse for energi- og CO₂-afgifterne gradvis fjernes.

Energi anvendt til lette processer (lys, kontormaskiner, maskiner osv.) optrappes frem til år 2000 til 90 kr. pr. ton CO₂. Dog gives der muligheder for en lavere sats til virksomheder, hvis disse opfylder særlige betingelser og indgår aftale om energieffektivisering med Energistyrelsen.

For energi anvendt til tunge processer (ifølge særlig liste) betales en afgift på 5 kr. pr. ton CO₂ i 1995, stigende til 25 kr. pr. ton CO₂ i 2000. Virksomheder, der i stedet vælger at indgå en aftale om energieffektivisering med Energistyrelsen opnår en aftalerabat, der nedbringer afgiften til 3 kr. pr. ton CO₂.

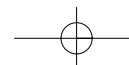
Der indføres desuden en svovlafgift med en afgiftssats på 10 kr. pr. kg SO₂ for al energianvendelse. Afgiften indføres gradvist frem til år 2000 gennem indførelse af et afgiftsfrit bundfradrag. Der betales kun afgift af den del af svovlindholdet, der overstiger bundfradraget, som gradvist reduceres frem til 2000. Brændsler til elproduktion friholdes for afgift i perioden 1996-1999, men elforbrugerne pålægges i stedet en elafgift udmålt efter elværkernes svovludledning.

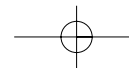
takt med. Eksempler herpå er information fra personalet i hårde hvidevarebutikker og fra håndværkere. Tidligere var det i højere grad brugeren selv, der skulle opøge informationen, eller informationen blev rettet til brugerne fra centralt niveau.

Erhvervslivets energiforbrug hidrører i stor udstrækning fra individuelle produktionsprocesser. Ved tilrettelæggelse af informationsindsatsen må der derfor tages udgangspunkt i den konkrete virksomhed.

Organisation

Også spørgsmålet om, hvordan indsatsen for energibesparelser organiseres, er væsentligt. Det drejer sig om at tilvejebringe de bedst mulige betingelser for, at besparelser kan gennemføres. Ofte handler det om at benytte de netværk eller sammenhænge, der i forvejen anvendes til formidling af information mv.





Eksempler på konkrete virkemidler

Det konkrete valg af virkemidler baseres på faktorer som bl.a. besparelspotentiale, teknologiske muligheder, markeds-mæssige og økonomiske forhold samt kendskab til brugernes adfærd. En påvirkning via energipolitiske virkemidler er derfor en dynamisk proces, hvor den nøjere virkemiddelkombination løbende bør revideres.

Et af de mest effektive og billigste virkemidler er normer for energiforbrugende apparater. Det kan imidlertid konstateres, at der er store vanskeligheder med at komme igennem med EU-normer, og selv om det lykkes at nå til enighed om fælles normer, er der risiko for, at de ikke har et tilstrækkeligt højt ambitionsniveau.

Det kan derfor være nødvendigt i en række tilfælde at gennemføre normer som nationale foranstaltninger for at sikre de nationalt vedtagne energi- og miljømål. Dansk enegang på området kan give anledning til en mere principiel afklaring af, hvor langt et EU-medlemsland kan gå på dette område.

For visse apparatgrupper kan det være mere hensigtsmæssigt i stedet for en administrativ regulering at forsøge at indgå frivillige aftaler, f.eks. for produkter med en hurtig teknologisk udvikling.

Virkemidlerne på boligområdet har hidtil - ud over generelle afgifter og information - bl.a. omfattet nyt bygningsreglement, konsulentordninger og tilskud. For elapparater har været benyttet energimærkning og udskiftningskampagner. En fremtidig indsats kunne f.eks. for vaske-

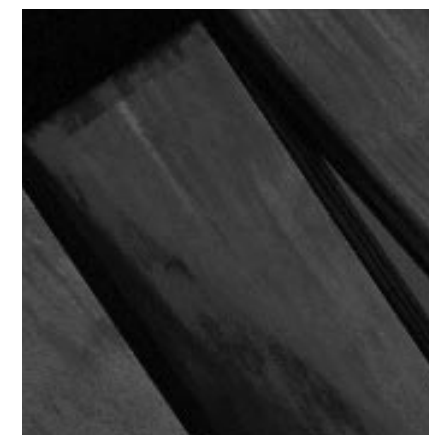
og opvaskemaskiner være normer, frivillige aftaler med importører/producenter, tilskud til udskiftningskampagner og en målrettet forbrugerkampagne med henblik på nedsættelse af vasketemperaturerne.

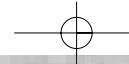
Energiforbruget i den offentlige sektor er søgt reduceret gennem målrettede informationskampagner, tilskuds- og finansieringsordninger samt et pålæg om at købe energirigtigt ind. Desuden har Energistyrelsen sammen med Miljøstyrelsen udarbejdet en handlingsplan for at fremme en offentlig "grøn" indkøbspolitik.

Over for erhvervssektoren har virkemidlerne hidtil bestået i CO₂-afgifter, tilskud til fremme af energibesparelser, energisyn samt en væsentlig rådgivningsindsats fra elselskaberne. For at fremme energieffektivisering i de mest energiintensive

virksomheder er der åbnet mulighed for at indgå 3-årige aftaler med myndighederne om reduceret CO₂-afgift mod gennemførelse af energieffektivisering. Herudover er der bl.a. mulighed for tilskud, der skal fremme investeringer i energieffektiviserende foranstaltninger, som ellers ikke skønnes gennemført.

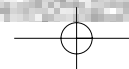
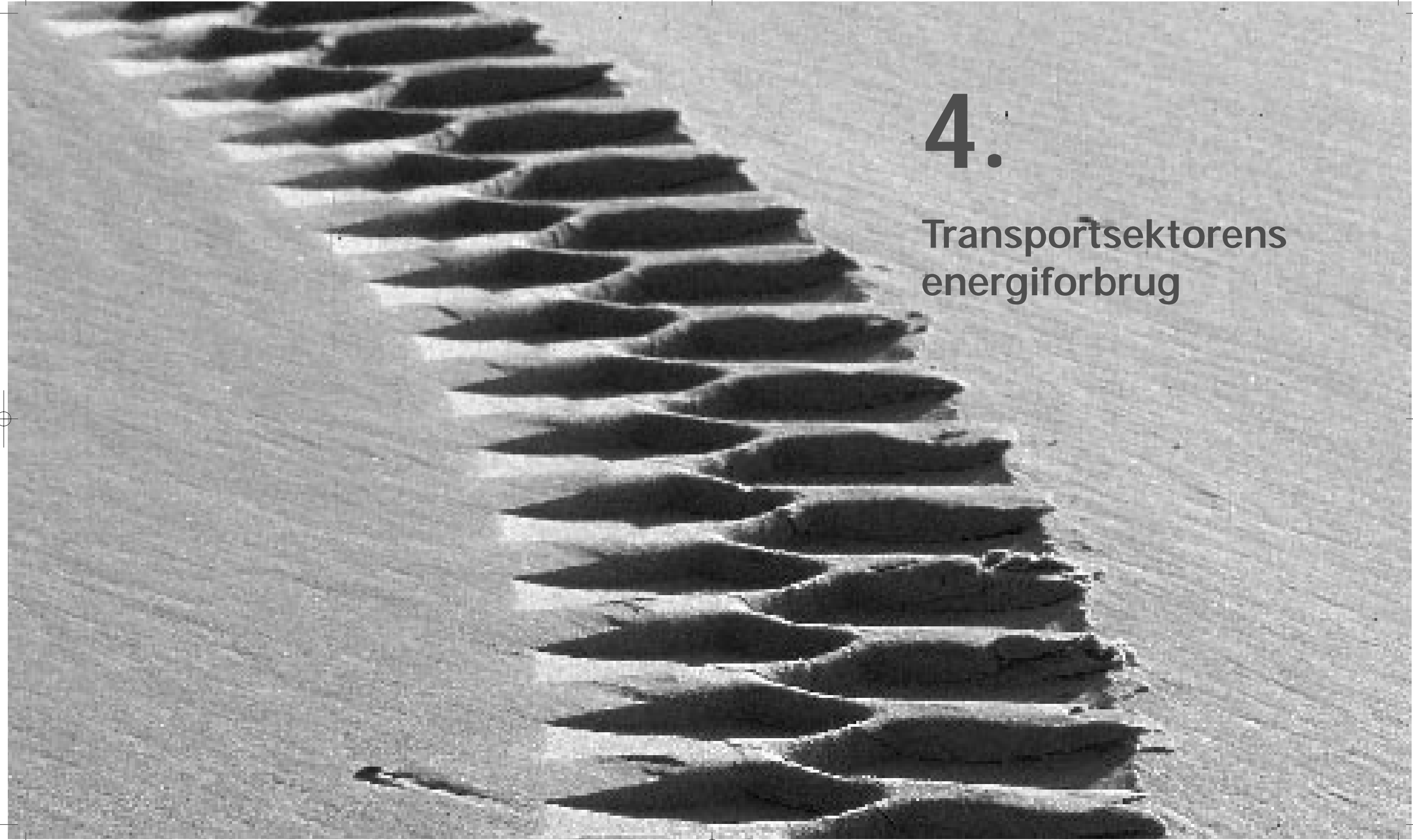
De nyeste afgifter over for erhvervslivet, de såkaldte grønne afgifter, har alene til formål at reducere CO₂- og SO₂-emissionen. Derfor tilbageføres hele afgiftsprovenuet til erhvervene i form af øget refusion af arbejdsgivernes ATP-bidrag, lavere arbejdsmarkedsbidrag, investerings-tilskud mv. Foruden tilskud til energibesparende foranstaltninger ydes støtte til rådgivning, energisyn, informationsaktiviteter, udviklings- og demonstrationsprojekter mv.

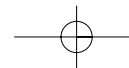




4.

Transportsektorens energiforbrug

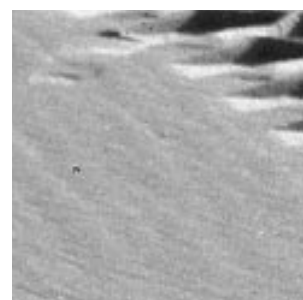




Dette kapitel omhandler transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning samt de muligheder, der er for at reducere CO₂-udledningen. Transportsektoren står for 1/5 af det samlede energiforbrug i Danmark.

Transportsektorens CO₂-udledning har hidtil været behandlet i selvstændige transporthandlingsplaner og er i dag underlagt en selvstændig delmålsætning om stabilisering af CO₂-udledningen fra indenrigstransporten i år 2005 på 1988-niveau samt en reduktion på 25% frem til år 2030.

Med en stigende andel af Danmarks energiforbrug spiller transportsektoren imidlertid en stadig mere central rolle for opfyldelsen af den nationale CO₂-målsætning om en 20% reduktion i år 2005 i forhold til niveauet i 1988 og for udviklingen på længere sigt. Hvis den hidtidige vækst i transportsektoren fortsætter, vil det stille øgede krav til at reducere udledningen i de øvrige energiforbrugende sek-



torer. Som led i udarbejdelsen af en ny samlet energiplan foretages derfor en koordineret gennemgang af CO₂-reduktionsmulighederne for hele energiforbruget under ét, inclusive transportenergiforbruget.

I det følgende behandles transportsektorens øvrige miljøbelastninger ikke nærmere. I en række tilfælde vil reduktion af CO₂-udledningen også føre til reduktion af transportsektorens øvrige miljøbelastninger. I andre tilfælde kan der derimod blive tale om en afvejning af forskellige hensyn og målsætninger.

Transportsektorens CO₂-udledning kan ikke ses isoleret fra trafikpolitikken eller andre politikområder. Udfordringen er i højere grad at inddrage miljøhensynet i den bedst mulige balance med øvrige politiske - f.eks. arbejdsmarkedspolitiske - hensyn til eksempelvis mobilitet.

De samfundsøkonomiske omkostninger ved at udnytte forskellige besparelser i CO₂-udledningen analyseres ikke i denne



rapport. Under ledelse af Trafikministeriet foregår et udredningsarbejde om de samfundsøkonomiske omkostninger ved CO₂-reduktioner på transportområdet. Resultaterne heraf vil indgå i energihandlingsplanen til foråret 1996.

I en langsigtet og holdbar strategi for en bæredygtig udvikling på transportområdet må nødvendigvis indgå en lang række faktorer og vurderinger, der udover øvrige miljøbelastninger også omfatter de økonomiske hensyn, sociale hensyn m.v. Den endelige afvejning af de forskellige hensyn vil derfor afhænge af en politisk vurdering.

Kapitlet omhandler kun indenlandsk transport svarende til det transportenergiforbrug, som er omfattet af stabiliseringsmålsætningen i Transporthandlingsplanen fra 1990. I den samlede nationale CO₂-målsætning indgår også international lufttrafik med det energiforbrug, der tankes i danske lufthavne samt Forsvarets transportenergiforbrug. Udviklingen på disse områder er derfor inkluderet i de samlede opgørelser af energiforbrug og CO₂-udledning i kapitel 7.

Den internationale transport har et betydeligt omfang og forventes at vokse i de kommende år. Udenrigsluftfart til og fra Danmark samt skibsbunkring i Danmark svarer i dag til ca. 50% af indenrigstransportens energiforbrug. International luft- og søtrafik er dog indsatsområder, der vanskeligt kan påvirkes nationalt. Der er på dette område behov for et udbygget samarbejde for at begrænse CO₂-udledningen gennem en koordineret international indsats.

I kapitlet gennemgås først den hidtidige og forventede udvikling i transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning i forhold til de fastsatte mål. Herefter beskrives mulighederne for CO₂-besparelser i transportsektoren. På baggrund heraf



vurderes et max indsatsforløb samt et mellemforløb, der illustrerer en opfyldelse af transportsektorens målsætninger. Endelig angives en række indsatsområder og virkemidler med henblik på at udnytte mulighederne for CO₂-besparelser i transportsektoren.

4.1 Sammenfatning

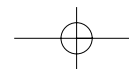
Transportsektoren står for en væsentlig og stigende del af den samlede CO₂-udledning. Hvis der ikke tages nye initiativer, forventes CO₂-udledningen fra det indenlandske transportenergiforbrug i det passive forløb i år 2005 at ligge ca. 22% over niveauet i 1988. Heri er der taget højde for, at der af sig selv kan forventes en vis forbedring af transportteknologien samt for allerede besluttede initiativer, først og fremmest den vedtagne stigning i benzinafgiften frem til 1998.

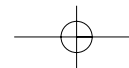
En sådan udvikling er hverken forenelig med delmålsætningen om stabilisering af CO₂-udledningen fra transportsektoren eller den overordnede nationale målsætning om en reduktion af Danmarks samlede CO₂-udledning med 20% frem til år 2005 i forhold til 1988-niveauet. Der er med andre ord behov for en væsentligt øget indsats i transportsektoren for at opfylde de politisk vedtagne målsætninger.

Afstanden mellem målsætninger og forventet udvikling bliver endnu større, når man ser længere frem end år 2005. Målsætningen på transportområdet er en reduktion af CO₂-udledningen på 25 pct frem til år 2030. Herover for står en forventet *stigning* i det passive forløb på ca. 30%.

Selv med en væsentligt lavere økonomisk vækst må det forudses, at CO₂-målsætningerne på transportområdet ikke kan nås uden nye initiativer.

De maksimale muligheder for at redu-





cere CO₂-udledningen - og andre miljøpåvirkninger - fra transportsektoren er store. Opgørelsen viser, at der "teknisk" vil kunne opnås en reduktion af CO₂-udledningen fra det indenlandske transportenergiforbrug på i størrelsesordenen 30 - 35% frem til år 2005 i forhold til det passive forløb. Heri er ikke inkluderet mulighederne for at reducere selve transportefterspørgslen. På længere sigt skønnes de maksimale muligheder at være en reduktion i forhold til det passive forløb på i størrelsesordenen 55-60% frem til år 2030.

Opgørelserne af de maksimale besparelsesmuligheder er selvsagt behæftet med stor usikkerhed, som stiger, jo længere frem i tiden, man ser. Opgørelserne angiver imidlertid en samlet størrelsesorden og et billede af, hvor de store effektiviseringsmuligheder ligger.

Selv om besparelsesmulighederne er store, er det ikke realistisk at forvente, at de politiske målsætninger om CO₂-reduktion i transportsektoren alene vil kunne opfyldes ved at satse på teknisk udvikling og effektivisering. At realisere blot dele af det tekniske potentiale vil kræve en omfattende og aktiv indsats samt store ændringer af vores transportkultur. For det andet forudsætter det internationale beslutninger, da det vil være meget vanskeligt for Danmark alene f.eks. at forcere den teknologiske udvikling. Ikke mindst bilteknologien, som vil være en afgørende faktor, afhænger i høj grad af beslutninger i udlandet. For det tredje vil mere energieffektive køretøjer - alt andet lige - være billigere at transportere sig i, hvorfor kørselomfanget vil stige. Der er derfor behov for også at sætte ind over for væksten i selve transportomfanget. Udover stigende transportpriser vil det forudsatte målrettede fysisk planlægning og at lokalisering i højere grad sker ud fra transport- og miljømæssige hensyn. Det vil samtidig kræve

ændrede transportvaner, og på længere sigt er det muligvis en helt anden livsstil, der er nødvendig.

Selv om besparelsesmulighederne er store, tegner der sig ingen nemme løsningsmuligheder, som ikke vil betyde mærkbare ændringer i transportmønstre og -vaner. En omfattende og aktiv indsats på et så tidligt tidspunkt som muligt vil være nødvendig for at opfylde CO₂-målene. Og der vil være behov for en bred vifte af virkemidler, der både sigter på målsætningen i år 2005 og ændring af de langsigtede tendenser. Økonomiske virkemidler kan i den forbindelse spille en afgørende rolle. Tekniske og administrative virkemidler vil ofte kun være effektive, hvis de understøttes af økonomiske incitamenter.

4.2 Transportsektorens miljømålsætninger og den hidtidige opfølgning

Transportsektorens miljømålsætninger
Transportsektoren medfører en lang række forskellige miljøproblemer. Udover en væsentlig CO₂-udledning, der medvirker til de globale miljøproblemer, bidrager transportsektoren også til den regionale luftforurening og især til lokale miljøproblemer, såsom støj- og luftforurening i byerne. Hertil kommer trafikulykker, barriereeffekter og landskabelige effekter m.v.

Som led i den nationale opfølgning på Brundtland-rapporten blev *Transporthandlingsplanen for miljø og udvikling* fremlagt i 1990. Heri formuleredes transportsektorens miljømålsætninger, herunder at transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning stabiliseres i år 2005 og reduceres med 25% i år 2030 i forhold til 1988. Herudover formuleredes målsætninger for reduktion af udledningen af NO_x (kvælstofoxider) og HC (kulbrin-



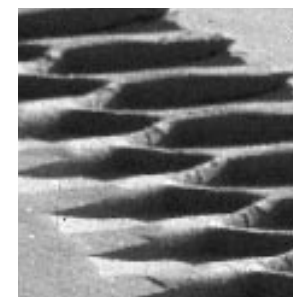
ter), partikler i byerne, støjniveauet i boliger og for en række øvrige miljøgener samt for antallet af trafikdræbte og tilskadekomne.

Transportsektorens CO₂-målsætning blev relativt mindre ambitiøs end det samlede nationale reduktionsmål på 20% i forhold til 1988-niveauet, der blev formuleret i energihandlingsplanen *Energi 2000*. Målene i de to handlingsplaner udtrykte en vis afvejning af indsatsen for at begrænse CO₂-udledningen overfor andre miljømål med størst vægt på transportsektorens regionale og lokale miljøeffekter, men der var ikke et tilstrækkeligt grundlag for en egentlig afvejning, ikke mindst økonomisk, mellem indsatsen i transportsektoren og øvrige energiforbrugende sektorer.

Transportsektorens miljømålsætninger er siden bekræftet og fulgt op i *Trafik 2005* fra 1993 og *Miljø- og Naturpolitisk Redegørelse 1995* samt bekræftet af Folketinget, senest i marts 1995.

Trafik 2005 lagde grundlaget for den fremtidige trafikpolitik, og der blev blandt andet gjort status for opfølgningen på energi- og miljømålsætningerne fra *Transporthandlingsplanen*. I *Trafik 2005* formuleredes de generelle strategier for trafiksektoren, herunder at transportsystemet skal udvikles og omlægges, så der opnås den nødvendige mobilitet inden for de grænser, der sættes af hensyn til resourceforbrug og miljøbelastning.

I *Natur- og Miljøpolitisk Redegørelse 1995* gjorde regeringen igen status for udviklingen i transportsektoren og fremlagde en række idéer til at begrænse transportsektorens miljøbelastning og til, hvordan der på sigt kan gribes ind overfor væksten i transportarbejdet i bred forstand.



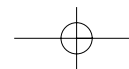
Status for den hidtidige opfølgning
I gennem de senere år er der sket en væsentlig indsats for at begrænse den lokale og regionale miljøbelastning fra transportsektoren, så udviklingen på flere områder går i retning af de opstillede mål. Ikke mindst på grund af EU-normer forventes luftemissionerne reduceret, idet en række stoffer, der især belaster byerne, vil blive mere end halveret i de kommende 10-15 år.

Det er derimod ikke lykkedes at bremse stigningen i energiforbruget og CO₂-udledningen.

I forbindelse med *Trafik 2005* gennemførtes beregninger af effekten af initiativer til at begrænse transportsektorens CO₂-udledning som viste, at en indsats er nødvendig på en lang række områder, herunder forøget energieffektivitet, reduceret hastighed, bedre kapacitetsudnyttelse, overflytning til mere energieffektive transportformer samt reduktion af transportefterspørgslen. Regeringen har tilkendegivet, at der er behov for initiativer på alle disse områder for at opfylde transportsektorens CO₂-målsætning om stabilisering.

Trafik 2005 dokumenterede, at der er behov for forholdsvis omfattende initiativer. Uden nye tiltag forventedes på daværende tidspunkt, at indenrigstransportens CO₂-udledning i år 2005 ville ligge 13% over 1988-niveauet og 20% over i år 2010.

Udviklingen siden *Trafik 2005* er ikke gået i en mere positiv retning. Som det vil fremgå i det følgende forventes nu, at indenrigstransportens CO₂-udledning i år 2005 vil ligge 22% over 1988-niveauet og 30% over i år 2030.



4.3 Transportsektorens energiforbrug

Transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning indtil 1994

Transportområdet står både i OECD og andre dele af verden for de højeste vækstrater, når det gælder energiforbrug. Samme tendens gør sig gældende i Danmark, hvor transportsektoren siden 1980 har tegnet sig for en betydelig og stadig stigende andel af energiforbrug og CO₂-udledning.

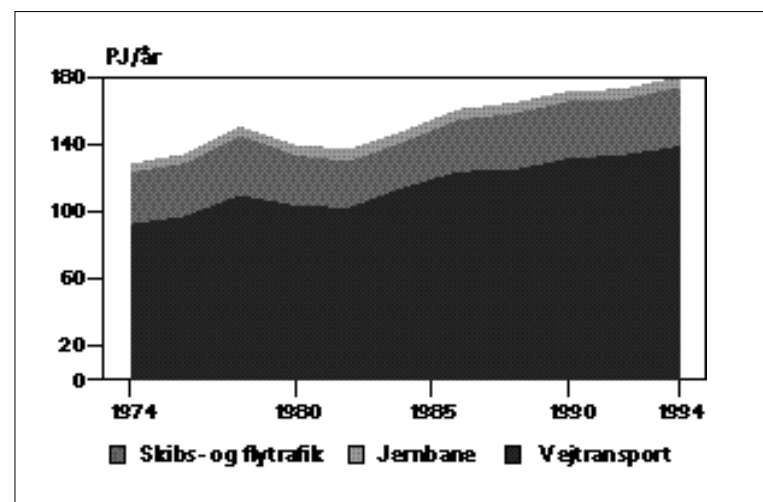
Generelt set afspejler udviklingen i transportsektorens energiforbrug den økonomiske aktivitet i samfundet, udviklingen i energipriserne m.v. CO₂-udledningen i transportsektoren svarer nøje til udviklingen i energiforbruget.

Energiforbruget til indenrigstransport var i begyndelsen af 1980'erne kun lidt større end i starten af 1970'erne, selv om der i denne periode var en vis økonomisk vækst. Igennem de sidste 10 år er energiforbruget til transport igen øget væsentligt i takt med den økonomiske udvikling. Baggrunden for det lidt forskellige vækstforløb i transportenergiforbruget i 1970'erne og i de sidste 10 år skal blandt andet findes i udviklingen i brændstofpriserne. Mens brændstofprisen var stigende i forbindelse med de to oliekriser, skete der et fald fra midten af 1980'erne og fremefter.

Fra 1980 til 1994 er transportsektorens energiforbrug øget med 1/3. Vejtransporten er dominerende og tegner sig i dag for 90% af energiforbruget og for hele væksten i de seneste årtier. Kun 10% går til jernbaner samt indenrigs- skibs- og flytrafik.

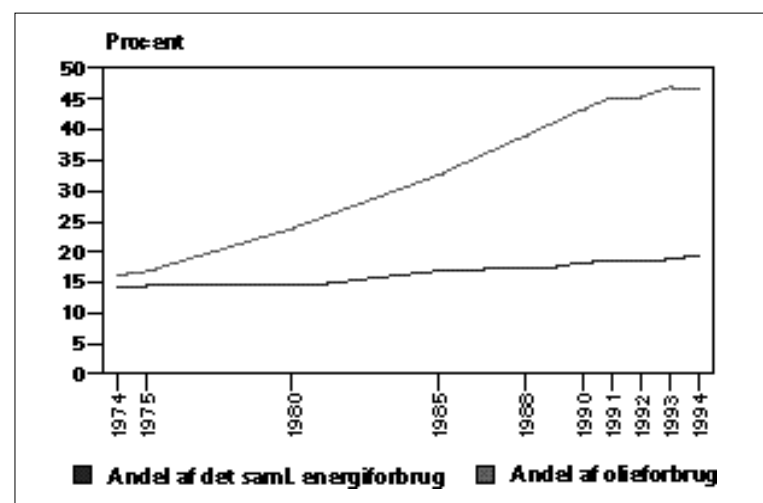
Da den øvrige energisektor i dag har et mindre energiforbrug end i 1980, har transportsektorens andel af Danmarks samlede energiforbrug været stigende og udgør nu godt 20%. Stigningen i trans-

FIGUR 4.1
Energiforbruget til indenrigstransport 1974-1994.



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 4.2
Indenrigstransportens andel af det samlede energiforbrug og af olieforbruget 1974-1994.



Kilde: Energistyrelsen.

portsektorens energiforbrug har derved bevirket, at Danmarks samlede energiforbrug ikke er faldet, men kun stagneret.

I takt med, at den øvrige energisektor har skiftet til andre brændsler, er transportsektorens andel af Danmarks olieforbrug steget betydelig. Transportsektoren er i dag næsten 100% afhængig af olie. Omkring halvdelen af det danske olieforbrug anvendes til transportformål og Danmark er fortsat afhængig af benzin import.

Foretages en opdeling i person- og godstransport anvendes 2/3 af energiforbruget til persontransport. Heraf tegner personbilen sig for langt størstedelen, ca. 83%. Kun 7% går til busser, 9% til passagertog og færger samt ca. 1% til indenrigsfly.

Også for godstransport er det vejtransporten, der er dominerende, idet vare- og lastvogne tegner sig for henholdsvis 55 og 40% af energiforbruget. Kun 5% går til fragtskibe og godstog.

Ud over den økonomiske vækst og faldet i brændstofpriserne i det sidste årti har væksten i beskæftigelsen, ændringer i

bosætningsmønstret og erhvervenes lokalisering medført stigende transportbehov. Samtidig er personbilbestanden vokset 50% fra 1970 til 1994 og der har siden 1980 været en betydelig stigning i realprisen på kollektiv transport. I faste priser er prisen på kollektiv transport steget med 40%, mens benzinen incl. afgifter er faldet 40%.

Indenrigstransportens energiforbrug og CO₂-udledning 1994-2030

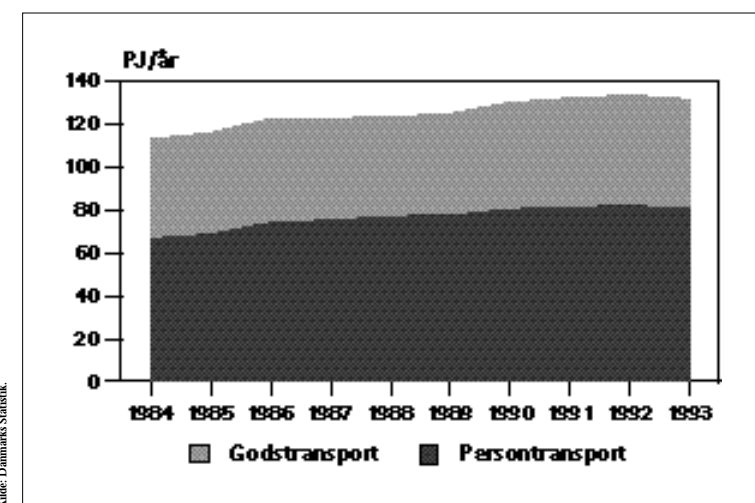
Som grundlag for vurderingen af den fremtidige udvikling i transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning har Trafikministeriet gennemført en fornyet basisfremskrivning af udviklingen i indenrigstrafikken frem til år 2030. Basisfremskrivningen udtrykker udviklingen, som den kan forventes at ske uden yderligere CO₂-begrænsende initiativer. Den fornyede basisfremskrivning benævnes i det følgende *det passive forløb*.

Trafikministeriets fremskrivning af transportsektoren er i det væsentlige baseret på de samme samfundsøkonomiske forudsætninger som er anvendt for de øvrige sektorer i denne rapport. Trafikministeriet har dog anvendt egne brændselspriser ud fra en antagelse om, at disse stort set svarer til en prisudvikling som ved anvendelse af Energistyrelsens brændselspriser. De generelle samfundsøkonomiske forudsætninger er nærmere beskrevet i kapitel 7.

I *det passive forløb* forventes energiforbruget til indenrigstransport og den tilhørende CO₂-udledning i år 2005 at ligge ca. 22% over 1988-niveauet og ca. 30% over i år 2030.

Fremskrivningen er baseret på en række forudsætninger og antagelser om de underliggende sammenhænge i transportsektoren, og om udviklingen i samfundet i øvrigt. Generelt er fremskrivnin-

FIGUR 4.3
Energiforbrug til indenrigstransport 1984-1993 fordelt på transportform.



Kilde: Danmarks Statistik.

gen mere usikker jo længere ud i fremtiden, den rækker.

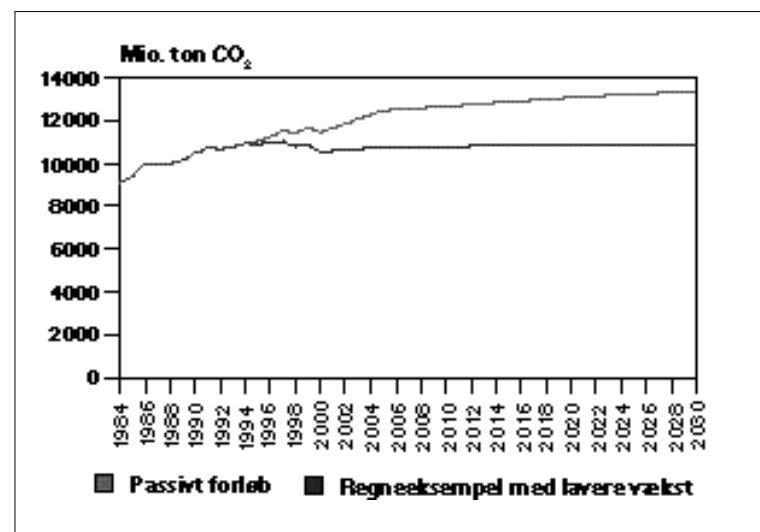
Der er forudsat en betydelig økonomisk vækst i *det passive forløb*. Når stigningen i CO₂-udledningen til trods herfor ikke er større fra år 2005 til år 2030, skyldes det bl.a. at Trafikministeriet, på baggrund af vurderinger foretaget af Dansk Teknologisk Institut antager, at der sker en fortsat teknologisk forbedring af bilernes energieffektivitet.

Det er desuden forudsat, at der trods den fortsatte økonomiske vækst sker en mætning i bilsalget. Der er forudsat en maksimal biltæthed i år 2030 på 550 biler pr. 1.000 indbyggere. Dette er noget mindre, end hvis der ingen mætning ville indtræde, men er på den anden side et i dansk perspektiv meget højt samlet biltal. Til sammenligning har Danmark i dag en internationalt set forholdsvis lav biltæthed på 370 biler pr. 1.000 indbyggere, idet de fleste EU-lande ligger mellem 400 og 500. Antagelsen om "mætning" i biltallet indebærer, at forskelle i økonomisk vækst kun delvis slår igennem i bilbestandens størrelse.

For at illustrere betydningen af den økonomiske vækst for fremskrivningen af transportsektorens energiforbrug har Trafikministeriet gennemført en følsomhedsberegning med en lavere økonomisk vækst (en halveret årlig vækst). Det er i denne beregning desuden antaget, at der som i tidligere perioder med relativt lav vækst og svagt stigende realindkomst sker en øget anvendelse af kollektiv transport - en stigning på 50 pct i den kollektive busstrafik og i togtrafikken. Følsomhedsberegningen viser en CO₂-udledning, der i forhold til 1988-niveauet er 5% over i år 2005 og 6% over i 2030.

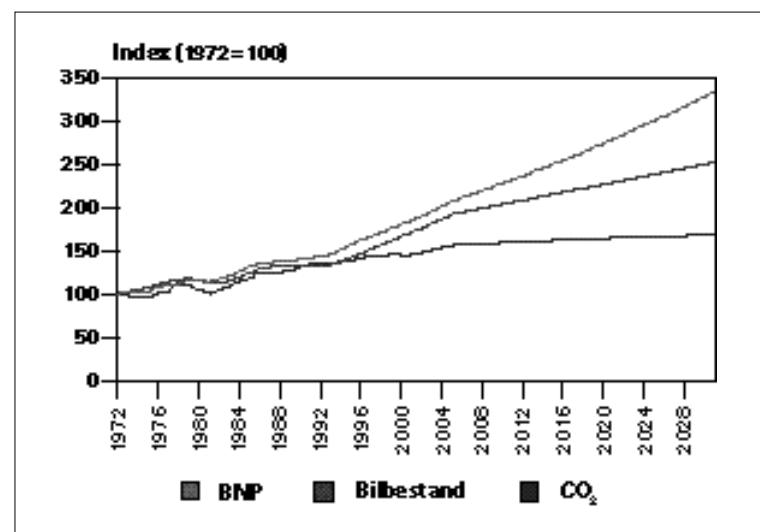
Figur 4.5 viser udviklingen i indenrigstransportens CO₂-udledning i det passive forløb samt udviklingen i BNP og i personbilbestanden.

FIGUR 4.4
Indenrigstransportens CO₂-udledning til år 2030 i det passive forløb og regneeksempel med lavere vækst.



Kilde: Trafikministeriet.

FIGUR 4.5
Udviklingen i indenrigstransportens CO₂-udledning, i BNP og i personbilbestanden 1972-2030 i det passive forløb.



Kilde: Trafikministeriet og Danmarks Statistik.

For godsområdet er det forudsat, at godstransportarbejdet fra år 2005 til år 2030 stiger med 0,75%, hver gang BNP stiger med 1 pct, idet det bl.a. forventes, at udviklingen går i retning af et højere værdiindhold pr. vægtenhed transporteret gods. Frem til år 2005 er der regnet med, at en stigning i BNP på 1% bevirker en stigning i godstransportarbejdet på 1%.

Der er ikke i fremskrivningerne gjort antagelser om fremtidig udbredelse af højhastighedstog og hurtigfærger. Konsekvenserne heraf for energiforbruget er derfor ikke indregnet. De anvendte forudsætninger i fremskrivningerne er sammenfattet i bilagsrapporten.

Det skal bemærkes, at Trafikministeriets opgørelse af energiforbruget i 1994 ud fra omfanget af transportarbejdet er ca. 4% mindre end det energiforbrug til indenrigstransport, der er opgjort i Energistyrelsens energistatistik. I de samlede opgørelser af energiforbrug i kapitel 7, som tager udgangspunkt i Energistyrelsens statistik, er de manglende 4% medtaget.

Konklusion

Med de allerede gennemførte og besluttede initiativer samt forventede forbedringer af transportmidlernes energieffektivitet viser den reviderede fremskrivning, at der kan forventes en stigning i indenrigstransportens CO₂-udledning til 22% over 1988-niveauet i år 2005 og 30% over i år 2030.

Også med en forudsætning om en halveret årlig økonomisk vækst og en supplerende antagelse om en stigning i den kollektive transport vil der ske en stigning i transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning.

Der er derfor - uanset den økonomiske udvikling - behov for en meget betydelig indsats for at sikre en stabilisering og på længere sigt reduktion af transportsektorens CO₂-udledning svarende til de politiske målsætninger.

4.4 Mulige CO₂-besparelser i transportsektoren

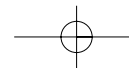
De samfundsøkonomiske omkostninger ved besparelser i transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning belyses ikke i denne rapport. Her belyses alene besparelsesmuligheder uden de tilhørende omkostninger.

Trafikministeriet har igangsat analyser af, hvilke metoder til CO₂-reduktion i transportsektoren, der er de mest hensigtsmæssige og hvilke samfundsmæssige omkostninger, der er ved forskellige initiativer. De foreløbige resultater af analysearbejdet vil blive fremlagt i begyndelsen af 1996.

I den nye energihandlingsplan vil analyserne, sammen med vurderinger af de samfundsøkonomiske omkostninger ved initiativer på det øvrige energiområde, indgå i en samlet vurdering af, hvor samfundets indsats for at reducere CO₂-udledningen skal gennemføres.

Mulige CO₂-besparelser i transportsektoren

Den følgende vurdering af besparelsesmuligheder i transportsektoren skal ikke opfattes som et komplet bruttokatalog, hvor samtlige potentialer vurderes, men snarere som en oversigtlig gennemgang af de mulige indsatsområder med udgangspunkt i forskellige eksempler. Generelt er hovedvægten lagt på de formodet største besparelsesmuligheder, og hensigten har som på de øvrige energiområder været at vurdere de maksimale besparelsespotentialer. Ved vurderingen er der, især på det lange sigt, lagt vægt på ikke at lade sig styre af kortsigtede betragtninger, men tværtimod være åben over for nye strukturer og muligheder i transportsektoren. Potentialerne er opgjort som skøn over, hvad der maksimalt kan gennemføres - vel vidende, at en realisering af de maksi-



TABEL 4.1

Transportsektorens CO₂-udledning i 1988, samt den forventede udvikling frem til år 2005 og år 2030 i passiv forløbet.

Transportform	Transportmiddel	CO ₂ -udledning i 1000 tons		
		1988	2005	2030
Persontransport	Personbil	5.014	7.050	7.150
	Bus	493	460	390
	Persontog	428	350	330
	Færge	354	170	170
	Fly	67	75	150
Ialt		6.357	8.100	8.200
Godstransport	Lastbil	1.596	1.900	2.200
	Varebil	2.137	2.400	2.900
	Godstog	55	25	20
	Skib	91	75	65
Ialt		3.879	4.400	5.200
Transportsektoren ialt		10.236	12.500	13.400

male potentialer vil kræve skrappe virkemidler eller store omkostninger.

Som grundlag for analyserne i det følgende angives nedenfor transportsektorens CO₂-udledning fordelt på transportmidler i 1988, samt den forventede udvikling frem til år 2005 og år 2030. Som det fremgår, er de væsentligste CO₂-reduktionsmuligheder alt andet lige på vejtransportområdet.

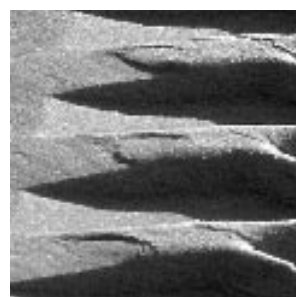
Mulighederne for CO₂-besparelser i transportsektoren kan inddeles i følgende fire kategorier:

- Tekniske besparelspotentialer og alternative brændstoffer
- Mere energieffektiv udnyttelse af transportmidler
- Overflytning fra én transportform til en anden og mindre energiforbrugende
- Reduktion af transportbehovet

Tekniske besparelspotentialer

Inden for hver transportform er der et teknisk besparelspotentiale, som består i at anvende den mest energieffektive teknologi. Det vil sige at udføre den samme transportopgave med samme type transportmiddel, men med et lavere energiforbrug. Energiforbruget kan reduceres gennem mere effektive motorer, lavere vindmodstand, lavere vægt eller mindre friktion, som altsammen vil resultere i transportmidler med øget energieffektivitet. Mindre CO₂-udledning kan også opnås ved skift til brændstoffer med lavere CO₂-indhold pr. energienhed.

Når man helt frem til år 2030 skal vurdere de besparelsemuligheder, som vedrører mere energieffektive transportmidler, er det vigtigt ikke kun at betragte mulige effektiviseringer ud fra dagens syn



på transportmidler. Med et sigte på 35 år frem i tiden, må man være åben overfor, at der kan ske væsentlig større ændringer end det, der er sædvanen når f.eks. bilfabrikkerne præsenterer nye modeller. Selv om udviklingen af nye modeller medfører tekniske forbedringer, som ofte også resulterer i større energieffektivitet, sker udvikling og implementering i langt overvejende grad med udgangspunkt i forbedringer inden for samme traditionelle koncept.

Det er derfor småt med egentlige teknologiske nyskabelser som finder vej til markedet og dermed får en reel indflydelse på bl.a. energiforbruget. Det, man kan kalde den løbende naturlige udvikling, vil dog i stort omfang afspejle de krav som samfundet og i sidste ende forbrugerne stiller til køretøjerne - det kunne være krav om energiøkonomi. Lovende teknologier vil med andre ord ikke af sig selv opfylde transportsektorens CO₂-målsætning, for reelt er der allerede energieffektive køretøjer, som markant vil kunne forbedre bilparkens energiøkonomi. I de seneste år har den "naturlige" forbedring af den danske bilparks energiøkonomi imidlertid været meget beskedent, hvilket således snarere må ses som et udtryk for bilkøbernes præferencer end bilfabrikkerens formåen.

Forbedring af energieffektiviteten for de eksisterende personbiltyper

De seneste år har den danske personbilpark udviklet sig i retning af større og tungere biler, og motorernes øgede effektivitet er i højere grad brugt til at øge effekten - bl.a. for at kompensere for vægtforøgelsen - end til at forbedre benzinøkonomien. Den øgede vægt er et resultat af dels sikrere biler, dels en generel tendens mod større biler. Hvis tendensen fortsætter, vil det have betydning for bilernes energiforbrug og dermed

kunne modvirke den forventede energieffektivisering af bilparken.

Flere producenter forventer inden år 2000 at fremstille en såkaldt "trelitersbil" med et brændstofforbrug under tre liter pr. 100 km. Med skrappe normkrav og højere brændstofpriser vil sådanne køretøjer blive aktuelle på det danske marked, og det vil derfor - selv på kort sigt - være muligt at opnå en betydelig mere energiøkonomisk bilpark.

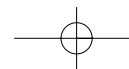
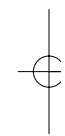
Den nuværende bilpark forudsættes at køre 14 km/l i gennemsnit. Som maksimalt potentiale antages, at bilparken i gennemsnit kører 20 km/l i år 2005 og 40 km/l i år 2030. En sådan udvikling vil resultere i, at CO₂-udledningen fra personbiler reduceres med 24% i år 2005 og 55% i år 2030 i forhold til den forventede bilpark. Transportsektorens samlede CO₂-udledning vil blive reduceret med 13% i år 2005 og 29% i år 2030.

Disse antagelser er i overensstemmelse med vurderingerne i en rapport fra Dansk Teknologisk Institut fra oktober 1995, som Trafikministeriet har lagt til grund i fremskrivningen, hvor DTI vurderer muligheden for energibesparelser i transportsektoren som følge af en "forceret teknologisk udvikling". DTI tager dog primært udgangspunkt i forbedringer af den eksisterende køretøjstype, mens f.eks. overgang til mindre og lettere køretøjer ikke indgår i vurderingerne.

Det skal bemærkes, at besparelser som følge af mere energieffektive køretøjer kun kan realiseres fuldt ud, såfremt kørselsomkostningerne pr. km holdes konstant, f.eks. ved øgede benzinafgifter. I modsat fald vil de meget energiøkonomiske biler gøre transporten billigere og dermed bevirke et øget kørselsomfang.

Øget andel af dieselmotorer

I fremskrivningen er forudsat en uændret andel af dieselmotorer frem til år 2030 på



10%. På grund af større effektivitet i dieselmotoren er det muligt at køre ca. 25% længere pr. liter diesel end benzin. Korrigeret for diesels højere energiindhold, svarer CO₂-besparelsen pr. km dog kun til 10-12%.

Når dieselmotorer til trods for en bedre energiøkonomi ikke er mere udbredte, skyldes det dels dieselmotorernes højere pris, dels at afgiftspolitikken ikke har givet biler med et gennemsnitligt kørselsbehov incitament til at køre i dieselbil. Det sidste skyldes især lokale miljøhensyn, men hvis problemet med specielt partikler i fremtiden løses eller man f.eks. forbeholder kørsel i byerne for visse biltyper (eks. elbiler), kan dieselmotorer ved kørsel i det åbne land være et energiøkonomisk alternativ til benzinbilen. Hvis henholdsvis 25% og 50% af alle personbiler i år 2005 og år 2030 er dieselmotorer, vil det betyde en reduktion af transportsektorens CO₂-udledning på 1,5% i år 2005 og 3% i år 2030.

En lignende reduktion pr. kørt km vil kunne opnås ved brug af autogas (LPG) i forhold til benzin. LPG giver ikke udledning af partikler og kan anvendes i eksisterende benzinmotorer efter en mindre ombygning. Optimering af motorer til LPG vil kunne reducere energiforbruget yderligere. Methanol fremstillet af naturgas eller komprimeret naturgas (CNG) vil kunne reducere CO₂-udledningen pr. km med 10-15% i forhold til benzin.

Udvikling af helt nye energieffektive biler
De nuværende biltyper sigter på at imødekomme en række forskellige - og ud fra et energioptimeringssynspunkt - ofte modstridende krav til en personbil. På mange måder er de nuværende biler således at betragte som "universalbiler", der kun i begrænset omfang er optimeret til et givet kørselsbehov, f.eks. antal personer. I den udstrækning biler blev specialudvik-

let til bestemte behov, og der i langt højere grad blev taget hensyn til energiforbruget, ville det være muligt at fremstille køretøjer med en helt anderledes brændstoføkonomi end gældende for den nuværende bilpark. Det ville betyde, at man som bilejer nøje skulle overveje sit kørselsbehov og tilpasse bilvalget herefter, og evt. gå på kompromis inden for nogle anvendelsesområder.

Reduceret vægt gennem brug af andre materialer (eks. kulfiber) og/eller en overgang til mindre køretøjer, nogle måske kun med plads til 2 personer, vil være et væsentligt skridt i retning af en markant forbedret brændstoføkonomi. Allerede nu er der konstrueret ultralette køretøjer (både 2 og 4 personers) baseret på el- og hybridteknologi, hvor en traditionel motor, eller evt. en lille gasturbine, fungerer sammen med en batteridrevet elmotor. F.eks. har en 2 personers eksperimentel hybridbil bygget på Western Washington University opnået en gennemsnitlig brændstoføkonomi på 85 km/l i bytrafikken i Los Angeles. På længere sigt kan man forestille sig forbrændingsmotoren i hybridbiler erstattet med brintdrevne brændselsceller.

Teknologisk er der således store muligheder for energieffektiv individuel persontransport, selvom disse biltyper i dag befinder sig på et udviklingsstadium og først på længere sigt vil kunne bidrage væsentligt til at nedbringe transportsektorens CO₂-udledning. Endvidere vil såvel udvikling som udbredelse af disse biltyper i høj grad være bestemt af lovgivning eller anden regulering, der indebærer incitamenter hos producenter og bilkøbere.

Elbiler

Som eksempel på det tekniske potentiale for energibesparelser med nye energieffektive biltyper er der gennemført beregninger for elbiler, hvor en stor udbredelse

også vil kunne få betydning for planlægningen i elforsyningen.

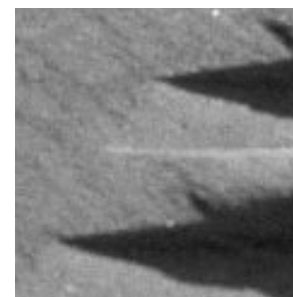
Elbiler har i dag en meget begrænset udbredelse og produceres kun i et lille omfang. Det skyldes primært de høje produktionsomkostninger samt deres i dag begrænsede præstationer sammenlignet med benzin- eller dieseldrevne biler, bl.a. på grund af batteriernes lave energitæthed. Der er dog ingen tvivl om, at biler med lav eller ingen lokal forurening fremover vil blive efterspurgt i langt højere grad.

I Californien skal 2% af det samlede bilsalg i 1998 være såkaldte "Zero Emission Vehicles" - en andel der skal stige til 10% i år 2030. I praksis vil det betyde elektriske eller delvis elektriske køretøjer, og bestemmelserne har haft og vil også fremover få stor betydning for udviklingen af elbiler. Formålet er primært at reducere bilernes lokale forurening, men elbiler vil kunne blive meget energieffektive og dermed spille en vigtig rolle i indsatsen for at reducere transportsektorens CO₂-udledning samtidig med, at sektoren bliver mindre afhængig af olie.

Med hensyn til energiuudnyttelse har elbiler fordel af en høj virkningsgrad i elmotoren, som dog - afhængig af elproduktionsformen - skal opveje et tab ved elproduktionen. Desuden kan tomgangstab, transmissionstab og merforbruget ved koldstarter elimineres, ligesom der er gode muligheder for genindvinding af bremseenergien.

For nærmere at belyse elbilens muligheder har Miljøstyrelsen igangsat en undersøgelse af perspektiverne for anvendelse af elbiler i Danmark. Undersøgelsen forventes færdiggjort i foråret 1996.

På baggrund af de resultater, der i dag er opnået med prototyper baseret på avanceret, men *kendt* teknologi, kan det skønnes, at elforbruget for elbiler i 2005 vil resultere i en CO₂-udledning pr. km, som udgør henholdsvis 50% og 35% af



den gennemsnitlige udledning for person- og varebiler i år 2005. I år 2030 vil udledningen være reduceret til 25% af den forventede udledning fra traditionelle person- og varebiler. En personbil i år 2030 med benzin eller diesel som drivmiddel skal således køre 60-75 km/l for CO₂-mæssigt at svare til en elbil.

Som maksimalt potentiale antages, at 5% af det forventede trafikarbejde i år 2005 med person- og varebiler vil blive udført med elbiler, mens det maksimale i år 2030 vurderes at være 30%. Sådanne andele af elbiler vil resultere i en reduktion af transportsektorens CO₂-udledning på 2% i år 2005 og 18% i år 2030.

Der er forudsat, at den gennemsnitlige elproduktion i Danmark medfører en CO₂-udledning på 0,75 kg/kWh i år 2005 og 0,65 kg/kWh i år 2030, hvilket svarer nogenlunde til udledningen ved elproduktionen i *det passive forløb*. Ved et samlet *max indsats forløb*, hvor elproduktionssystemet i høj grad baseres på vedvarende energi, vil elbiler være endnu mere fordelagtige, og CO₂-mæssigt vil kørsel med elbil svare til, at en benzinbil skulle køre 3-500 km/l.

En betydelig satsning på elbiler vil på længere sigt være en mulighed for at udnytte elproduktionssystemet bedre. I en situation hvor elproduktionen varierer kraftigt, f.eks. som følge af en stor udbygning med vindmøller, vil elbiler - understøttet af tidsafhængige eltariffer - kunne virke som en buffer for en varierende elproduktion. Det samme vil gælde ved opladning af elbiler om natten.

Biobrændstoffer

Anvendelse af flydende biobrændstoffer vil kunne reducere transportsektorens CO₂-udledning betydeligt. Biobrændstoffer som ethanol, methanol, rapsolie og biogas, er i princippet CO₂-neutrale, da den mængde CO₂, der frigøres ved anvend-

delse, er den samme som den mængde, der er optaget ved den anvendte biomasses vækst. Der skal dog medregnes et eventuelt fossilt energiforbrug til dyrkning, fremstilling mv. Størrelsen af dette afhænger af biomassen, brændstoftype og den anvendte fremstillingsmetode. Nogle processer vil kunne levere både el og varme og derved helt eller delvist opveje det fossile energiforbrug til dyrkning. CO₂-udledningen kan således variere fra 0-30% i forhold til den substituerede fossile energimængde. Som gennemsnit for en eventuel brug af biobrændstof i transportsektoren regnes i det følgende med 20% CO₂-udledning.

Der er antaget et maksimalt forbrug af biobrændstof i transportsektoren på 4 PJ i 2005 og 15 PJ i år 2030, hvilket vil reducere transportsektorens samlede CO₂-udledning med henholdsvis 2% og 7% i forhold til den forventede udvikling.

Ved brug af biobrændstoffer i transportsektoren bør man være opmærksom to forhold. For det første medfører produktionen af biomasse i visse tilfælde uheldige miljøpåvirkninger (f.eks. brug af gødning og pesticider), hvilket betyder, at der må foretages en afvejning mellem f.eks. behovet for grundvandsbeskyttelse og mulighederne for CO₂-reduktion. For det andet er situationen i dag den, at man ved direkte afbrænding af biomassen til f.eks. kraftvarmeproduktion vil kunne opnå en større CO₂-reduktion end ved at fremstille og bruge biobrændstof i transportsektoren.

Udviklingspotentialet for last- og varebiler

For last- og varebiler vil muligheden for mere energieffektive køretøjer sandsynligvis være mindre, da det ikke i samme omfang som for personbiler vil være muligt at reducere vægten. De væsentligste energibesparelser vil kunne opnås ved

reduceret rulle- og luftmodstand (dæk, spoilere og afskærmning) samt ved effektivisering af motorerne.

Det vurderes i en rapport fra DTI, at der maksimalt er mulighed for at forbedre energieffektiviteten for lastbiler med 10% frem til år 2005 og 25% frem til år 2030. Tilsvarende er der for varebiler angivet besparelsesmuligheder på 25% i år 2005 og 30% i år 2030. Eftersom Trafikministeriet indregner en stor del af disse *mulige* forbedringer som del af den forventede naturlige udvikling - henholdsvis 7% i år 2005 og 23% i år 2030 - er muligheden for yderligere energibesparelser specielt for lastbiler beskedne. For transportsektorens samlede CO₂-udledning vil anvendelse af bedst mulige lastbiler betyde en reduktion på 0,5% i år 2005 og 1% i år 2030, mens anvendelse af bedst mulige varebiler tilsvarende vil reducere de samlede udledninger i år 2005 og år 2030 med henholdsvis 2,5% og 1,5%.

Mere energieffektiv udnyttelse af transportmidlerne

Det samme transportbehov kan med de eksisterende transportmidler opfyldes på en mere energieffektiv måde ved at øge belægningen eller ved mere energiokonomiske transportmidler.

Øget belægning, persontransport

Den gennemsnitlige belægning for personbiler er ifølge Vejdirektoratet 1,7 personer pr. bil (1992), mens de seneste undersøgelser for kollektiv bustrafik foretaget af Trafikministeriet i 1994 viser en belægning i bustrafikken på landsplan på ca. 10 personer pr. bus.

Det er som nævnt gennemsnitstal, og især når det drejer sig om den kollektive trafik er der store variationer i transportmidlernes udnyttelse, både geografisk og set over døgn. I bybusserne er belægnin-

gen 12,6 personer og i regionaltrafikken, som primært kører på landet, er den 9,4 personer. For personbiler er den store variation i køretøjernes udnyttelse primært mellem bolig-arbejdsstedstrafik og bolig-fritidstrafikken, hvor sidstnævnte har en betydelig højere belægning.

Som eksempel på hvilke energibesparelser, der er ved at påvirke belægningsgraden for personbiler, kan nævnes, at ved en stigning i det gennemsnitlige antal personer pr. bil fra 1,7 til 2,0, vil transportsektorens samlede energiforbrug falde med 9% i år 2005 og 8% i år 2030. Hvis der målrettet bliver satset på at opnå højere belægningsgrad, synes eksemplet ikke urealistisk, når den store andel af solokørsel i bolig-arbejdsstedstrafikken tages i betragtning. Det skal bemærkes, at der i Trafikministeriets fremskrivning er forudsat en betydelig vækst i bilparken, hvilket alt andet lige vil medføre en lavere belægning, og dermed gøre det sværere at nå op på 2 personer pr. bil.

For så vidt angår den kollektive trafik, kan en bedre udnyttelse af materiellet vise sig nødvendig, hvis især bustrafikken skal bevare sin status som et miljøvenligt alternativ til den individuelle biltrafik. Den kollektive trafik opfylder imidlertid en række samfundsmæssige formål, uafhængigt af energiforbruget. I myldretiden ville mange bygader ikke kunne klare de forøgede trafikmængder, som en nedlæggelse af f.eks. busruter ville resultere i, og generelt sikrer den kollektive trafik en rimelig mobilitet for de befolkningsgrupper, der ikke selv kan transportere sig. Det gælder først og fremmest billøse husstande, børn og andre uden kørekort, men det gælder også de personer i bilhusstandene, som ikke råder over bilen til den pågældende tur. Hvis overflytning til kollektiv trafik skal være et mål, må overflytningen fremstå som et miljøvenligt alternativ til den individuelle trafik. Det vil

den naturligvis gøre, hvis tomme pladser i tog eller busser fyldes op med personer, der alternativt havde kørt med bil. Dog er transportmidlerne, til trods for en lav gennemsnitlig belægning, ofte fyldt op i spidstimerne. Og selv i spidstimerne kan en tilsyneladende lav belægning dække over, at transportmidlerne er fyldt op på dele af ruten - typisk omkring de trafikale knudepunkter - mens kørslen på den øvrige del, der nemt kan udgøre størstedelen af turlængden, foregår med lav belægning.

Overfyldte transportmidler på dele af ruten og/eller i myldretiden generelt må nødvendigvis indgå i overvejelserne om en bedre udnyttelse af de kollektive transportmidler. Bedre tilpasning af materiellet til de forskellige strækninger og tidspunkter, samt en øget spredning af myldretidstrafikken ville gøre det muligt at forbedre udnyttelsen i den kollektive trafik uden at forringe serviceniveauet. Anvendelse af mini-busser, som kun har et energiforbrug på 35-50% af en traditionel bus, kunne i højere grad gøre vognparken mere fleksibel med henblik på en mere differentieret anvendelse.

Øget belægning, godstransport

Kapacitetsudnyttelsen i lastbilerne er faldet fra 45% i 1984 til 40% i 1993. Hvis kapacitetsudnyttelsen opgøres uden tomkørsel, er tallene 71% i 1984 og 50% i 1993. Faldet skyldes ikke en mindre godsmængde pr. kørt km, men en kraftig forøgelse af kapaciteten, idet der i dag køres med væsentligt større biler end før. Lastbilernes CO₂-udledning vil i år 2005 og år 2030 udgøre henholdsvis 15% og 16,5% af transportsektorens CO₂-udledning. En stigning i kapacitetsudnyttelsen fra 40% til 60% vil i år 2005 og år 2030 medføre en reduktion af CO₂-udledningen på 4,5%. En forbedring til 50% vil reducere udledningen med 2,5%.

Energiøkonomisk kørsel

Energiøkonomisk kørsel afhænger af hastigheden og af førerens køremåde. For så vidt angår kørselshastigheden ligger de energimæssigt optimale hastigheder omkring 60-80 km/t for dagens køretøjer - højest for personbiler og lavest for last- og varebiler. Hvis der af sikkerhedsmæssige årsager ses bort fra at hæve hastighedsgrænserne i byerne, vil muligheden for energibesparelser ligge i at reducere hastigheden på det øvrige vejnet.

For motorvejskørsel vil energibesparelsen ved at reducere hastigheden fra 110 km/t til 100 km/t være 5-10%, mens en reduktion fra 110 km/t til 80 km/t vil reducere energiforbruget med 15-20%. Eftersom trafikarbejdet på motorveje udgør ca. 15% af det samlede trafikarbejde, vil reducerede motorvejskørselshastigheder medføre en besparelse på 2-3% i forhold til transportsektorens samlede CO₂-udledning. Effekten af en yderligere reduktion af hastigheden fra 80 km/t vil være yderst begrænset, idet motorenes effektivitet her ligger tæt på maksimum.

Undersøgelser viser, at hastighedsgrænserne overskrides væsentligt, hvilket tyder på, at der kan opnås en betydelig energibesparelse ved overholdelse af de eksisterende hastighedsgrænser. Således kunne der spares 2-3% af transportsektorens samlede CO₂-udledning, hvis de gældende hastighedsgrænser på motor- og landeveje blev overholdt.

Ved påvirkning af førerens køremåde til en mere energirigtig kørsel kan forventes reduktioner i energiforbruget på op til 15% i forhold til almindelig kørsel. Flere forsøg har dog vist, at effekten af et intensivt kursus i energirigtig kørsel aftager forholdsvis hurtigt. Imidlertid forventer DTI i en rapport fra 1991, at der kan opnås en blivende brændstofbesparelse på omkring 10% for almindelige personbiler, såfremt der undervises i kørerigtig teknik.

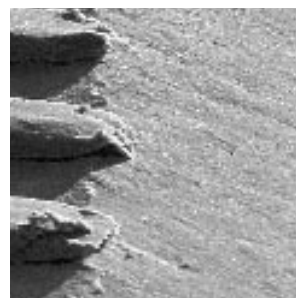
Dette svarer til 5% af transportsektorens CO₂-udledning, omend en realisering af hele potentialet sandsynligvis vil kræve en løbende opfølgning eller et øget økonomisk incitament til at køre energiøkonomisk.

For last- og varebiler vil besparelspotentialet ved energirigtig kørsel sandsynligvis være mindst lige så stort, omend muligheden for at opnå en vedvarende brændstofbesparelse sandsynligvis er mindre, hvis chaufførerne ikke har samme økonomiske incitament til besparelse som privatbilister. En besparelse for last- og varebiler på 10% vil i år 2005 svare til ca. 4% af transportsektorens CO₂-udledning.

Trafikregulering

Trafikregulering kan anvendes til flere formål, som kan føre til modsatrettede konsekvenser for energiforbruget. I den grad trafikregulering bliver brugt til at skabe en mere glidende trafik, kan energiforbruget reduceres. Besparelspotentialet vil derfor overvejende være koncentreret omkring bytrafikken, hvor trafikrytmen er mest ujævn.

De hidtil anvendte metoder til at fremme en mere jævn trafikafvikling i byerne omhandler primært koordinering af signalanlæg i forhold til trafikmængder samt informationer til trafikanterne om kødannelse, parkeringsforhold mv., som skal muliggøre et hensigtsmæssigt rutevalg. Energiforbruget ved konstant hastighed i forhold til bykørsel med mange start og stop kan være op til 50%. Det er dog ikke realistisk, at al bykørsel vil kunne foregå med konstant hastighed, og en energibesparelse på 10-15% for den kørsel, der foregår i byerne, vil nok være det maksimalt opnåelige ved brug af ovennævnte metoder. Forudsat 20% bykørsel vil det svare til en maksimal besparelse på 2% af transportsektorens CO₂-udledning.



Ved tiltag, der øger bilernes fremkommelighed, skal man dog være opmærksom på, at dette specielt i byerne kan tiltrække flere bilister og dermed medvirke til et øget energiforbrug.

Overflytning fra én transportform til en anden og mindre energiforbrugende**Overflytning fra individuel til kollektiv transport**

Hvilket transportmiddel, der er det mest energivenlige, afhænger i høj grad af, hvilken rejse det drejer sig om. Hvis der er tale om en rejse i en større by, vil det oftest være en bus, der har det laveste energiforbrug pr. personkm. En rejse i tyndt befolkede områder, hvor grundlaget for rutetrafik er beskedent, vil derimod ofte kunne foretages mere energivenligt med personbil.

Generelt forventes, at ved at overflytte passagerer fra den individuelle trafik til den kollektive trafik vil der kunne ske en formindskelse af energiforbruget. Dette er ud fra en gennemsnitsbetragtning også rigtigt, idet energiforbruget pr. personkm med bus og tog kun udgør ca. 50% henholdsvis ca. 60% (incl. turistbusser) af energiforbruget pr. personkm. ved bilkørsel.

Som eksempel kan nævnes, at hvis der sker en overflytning svarende til en fordobling i antallet af passagerer i den kollektive transport, og hvis alle passagerer alternativt havde benyttet bil, vil der ske en reduktion i transportsektorens samlede CO₂-udledning på 3%. Der er forudsat uændret belægning i transportmidlerne.

Tallene dækker som nævnt over en meget stor variation i den kollektive transports energieffektivitet, og man kan således ikke bare betragte overflytning til kollektiv transport som et mål i sig selv ud fra en energibetragtning. For at bus-

transport skal være en energimæssig fordel, skal der sidde mellem 3 og 7 gange så mange i busserne som i bilerne. I bytrafikken skal der i de eksisterende busser være 6-7 gange så mange personer i busserne som i en gennemsnitsbil.

Nye busser er mere energieffektive og skal derfor kun medbringe ca. 5 gange så mange, for at det energimæssigt går op. På landevejen er busser mere fordelagtige grundet højere og mere konstant hastighed. Her skal kun være ca. 5 gange så mange i ældre busser og 3-4 gange i nye.

Jævnfør den tidligere nævnte undersøgelse om belægningen i kollektiv bustransport vil en overflytning i myldretiden (5 timer om dagen) fra en gennemsnitspersonbil til nye busser være energimæssigt meget fordelagtig. Den lave belægning i personbilerne i bolig-arbejdsstedstrafikken bevirker, at overflytning til en ny bus med gennemsnitlig belægning vil reducere energiforbruget med 30-50% pr. personkm.

Overflytning fra bil til tog

For togtrafikken vedkommende vil der være grænser for, hvor meget trafikken kan øges på kort sigt. I Trafikministeriets fremskrivning er der regnet med en stigning på ca. 16% i togenes persontransportarbejde, hvilket dog er en beskedent stigning i forhold til perioden 1970-81, hvor togtrafikken steg med 33%. Hvis der forudsættes en vækst i togtrafikken, svarende til stigningstaksten i 70'erne, og hvis stigningen sker via overflytning fra personbiler, vil det resultere i et samlet fald i transportsektorens CO₂-udledning på ca. 0,5% i år 2005.

Efter år 2005 er transportarbejdet med tog forudsat konstant i fremskrivningen. Det er således antaget, at 95% af væksten i persontransportbehovet vil ske inden for biltrafikken, mens resten vil ske inden for fly- og færgetrafik. Hvis en betydelig del

af denne vækst istedet skete i togtrafikken, således at stigningstaksten fra 1970'erne tænkes fortsat frem til år 2030, kunne transportsektorens CO₂-udledning reduceres med 3% i forhold til den forventede udvikling. Eftersom en sådan vækst ville betyde mere end en fordobling af den nuværende togtrafik, ville det naturligtvis kræve en kraftig udvidelse af kapaciteten.

Overflytning til cykel

En undersøgelse foretaget af Vejdirektoratet tyder på, at det er muligt at overflytte en betydelig andel af bilisternes ture til cykeltrafik. Foreløbige resultater tyder på, at 3-4% af bilisternes samlede transportarbejde kan overflyttes til cykel. Da det overvejende er korte ture, der udgør overflytningspotentialer, svarer det til ca. 10-15% af det samlede antal bilture. Hvis resultaterne kan overføres til landsplan, vil transportsektorens samlede CO₂-udledning kunne reduceres med 2%. Eksemplet svarer til, at cyklernes transportarbejde stiger med 40%.

Overflytning fra fly til tog

Selv om energiforbruget pr. personkm ved flytransport er betydeligt højere end for de øvrige transportformer, er potentialet ved overflytning af indenrigsflytrafik beskeden. Det er dog den transportform, der forventes at have den største vækst, således at dens betydning for det samlede energiforbrug vil stige. Det samme gælder den internationale flytrafik, der ligesom indenrigsluftfarten er helt fritaget for energifgifter. Hvis 90% af den nationale flytrafik overflyttes til tog, vil det reducere transportsektorens CO₂-udledning med 0,3% i år 2005 og 0,5% i år 2030.

Overflytning af godstransport

Lastbiltransporten udgør ca. 78% af den nationale godstransport. Udover et stort

energiforbrug, som er mindst dobbelt så stort pr. ton km som ved transport med godstog eller fragtskib, medfører den stadig stigende lastbiltrafik store problemer, især når det gælder trafikikkerhed. Vurderinger foretaget for Transportrådet har vist, at det på kort sigt, og med den eksisterende infrastruktur, maksimalt vil være muligt at overflytte 9,5% af det indenlandske godstransportarbejde udført med lastbil til tog. Grundet en højere belægning for lastbiltransporten på de lange afstande, der naturligt udgør den største del af overflytningspotentialer, vil 9,5% overflyttet godsmængde ikke resultere i et tilsvarende reduceret trafikarbejde og energiforbrug. Reduktionen i lastbilernes trafikarbejde er i undersøgelsen vurderet til 7,7%. Angående muligheden for at overflytte gods fra lastbil til skib må formodes, at de potentielle godsmængder i store træk vil være indeholdt i de ovennævnte muligheder for overflytning fra lastbil til bane.

Frem til år 2030 må det imidlertid antages for muligt at overflytte væsentligt større mængder, og det bør således ikke betragtes som en selvfølge, at den kraftige vækst i godstransporten, som forventes frem til år 2030, udelukkende vil ske i form af lastbiltransport. Lastbilen har i mange tilfælde væsentlige fordele i form af fleksibilitet og hurtighed, hvilket gør den velegnet til mange transporter specielt over korte afstande. At lastbiltransporten er blevet så dominerende må dog også ses som et udtryk for, at lave brændstofpriser og udbygning af vejinfrastruktur har understøttet en erhvervslokalisering, der har favoriseret vejtransporten.

Hvis lastbilernes miljøpåvirkning i højere grad kommer i fokus fremover, og der i betydeligt omfang skal ske en overflytning af den vejbårne godstransport, må dette bl.a. understøttes af en øget erhvervslokalisering ved havne og jernbaner.

Som et maksimalt potentiale vurderes, at der kan overflyttes 8% af lastbilernes trafikarbejde i år 2005 til skib eller jernbane, hvilket vil resultere i en reduktion på ca. 1% i forhold til transportsektorens samlede CO₂-udledning. Overflytning af i alt 20% af lastbilernes trafikarbejde til bane og skib vil i år 2030 medføre en reduktion i den forventede CO₂-udledning på 2%. Det skal understreges, at en så markant overflytning på længere sigt vil være betinget af, at der gennemføres en ændret lokaliseringspolitik, samt at en del af den forventede vækst i godstransportarbejdet også sker på de længere ture mellem landsdelene, hvor jernbane og skib har størst fordele.

Overflytning fra varebiler til personbiler

Varebilernes energiforbrug udgjorde i 1994 mere end 20% af transportsektorens energiforbrug. Andelen forventes at være 19% i år 2005 og 22% i år 2030. Varebilernes transportarbejde er imidlertid yderst beskeden, og eftersom energiforbruget pr. kørt km. for varebiler er ca. dobbelt så stort som for personbiler, vil der være et betydeligt besparelspotentiale ved at overflytte den del af varebilkørslen, som reelt kun er persontransport, eller som kun transporterer beskudne varemængder, til personbiler.

Kasse-varebiler er i dag afgiftsmæssigt favoriseret i forhold til person- og personvarebiler, og der er derfor et stort økonomisk incitament til anskaffelse af en stor varebil, uanset det faktiske transportbehov. Sammenholdt med den meget lave gennemsnitlige kapacitetsudnyttelse af eksisterende varebiler, må det formodes, at en væsentlig del af kørslen med varebiler vil kunne overflyttes til person- eller personvarebil. Hvis 25% af kørslen med varebiler overflyttes til enten person- eller personvarebiler, vil transportsektorens CO₂-udledning kunne reduceres med

2,5% i år 2005. Baseret på de nuværende afgiftsregler forventes kørslen med varebiler på langt sigt fordoblet. Hvis halvdelen af den forventede varebilkørsel overflyttes til personvarebiler, vil den samlede CO₂-udledning kunne reduceres med 5,5% i år 2030. En afgiftsstruktur med incitament til at vælge varebilstrørelse efter transportbehov vil resultere i en generel "downsizing" af varebilbestanden, hvilket kan medvirke til at opnå de ovennævnte energibesparelser.

Reduktion af transportbehovet

Fælles for de tre nævnte besparelspotentialer er, at de er baseret på at opfylde et givet transportbehov. Den mest effektive måde at reducere energiforbruget og CO₂-udledningen som de øvrige trafikskabte miljøproblemer på, er dog ved at reducere efterspørgslen efter transport. Det samlede trafikarbejde (antal kørte km) for person-, last- og varebiler forventes at stige med 35% bare frem til år 2005. Frem til år 2030 vil personbilernes trafikarbejde stige med 60% og last- og varebilernes trafikarbejde med 80-90%.

Stigningen i trafikarbejdet sætter fokus på, hvordan transportefterspørgslen kan dæmpes. Selv om lokaliseringspolitik og arealplanlægning er blevet betragtet som instrumenter til reduktion af transportbehovet har indsatsen ad den vej ikke kunnet dæmpe op for væksten i trafikken.

Et markant træk ved de seneste årtiers udvikling har været stigningen i pendlingens omfang, især med bil. Det skyldes bl.a. et stadigt mere differentieret arbejdsmarked og en øget spredning i bosætningen. Bilens andel af bolig-arbejdsstedsrejserne er vokset meget kraftigt, ikke kun på grund af øget biltal, faldende benzinerpriser og stigende priser på kollektiv transport, men også fordi nylokaliseringer af boliger og arbejdspladser ofte er sket på

arealer helt uden eller med ringe kollektiv trafikbetjening. Stigningen i pendlingsafstanden skyldes dog også, at befolkningen - understøttet af lave benzinpriser og store transportfradrag - vælger at bo længere væk fra arbejdspladserne.

Det er særdeles vanskeligt at vurdere potentialet i et reduceret transportbehov, men forventningerne om en fortsat kraftig stigning i transportbehovet illustrerer, at det før eller senere vil være nødvendigt at iværksætte tiltag, der fører til stabilisering eller afdæmpning af transportefterspørgslen. I modsat fald vil såvel de naturlige som de forcerede forbedringer og effektiviseringer blive indhentet af det voksende transportomfang.

Som et markant eksempel kan nævnes, at hvis udviklingen med et stigende persontransportbehov begrænses, så væksten halveres frem til år 2005 og dernæst holdes konstant frem til år 2030, vil transportsektorens CO₂-udledning i år 2005

og år 2030 blive reduceret med henholdsvis 7% og 14% i forhold til fremskrivningen. Hvis persontransportarbejdet holdes konstant fra dagens niveau frem til år 2030, vil CO₂-udledningen i stedet blive reduceret med henholdsvis 14% og 20%. Der er forudsat uændret transportmiddelvalg, køretøjsbelægning og godstransportarbejde.

Maksimal indsats på transportområdet

Ud fra gennemgangen af de mulige besparelspotentialer er det maksimale besparelspotentiale for transportsektorens CO₂-udledning i år 2005 og år 2030 sammenfattet i nedenstående skema. Forløbet benævnes *maksimal indsats*, idet der med udgangspunkt i det passive forløb er antaget en realisering af de maksimale potentialer. Der er taget højde for overlap mellem de forskellige indsatsområder, ved i beregningen af den maksimale besparel-

TABEL 4.2

Maksimal indsats år 2005 og år 2030.

Maksimal indsats: indsatsområder og forudsætninger	2005	2030
Overflytning fra bil til cykel (pct. af biltransportarbejdet)	3,6%	3,6%
Overflytning fra vare- til personbiler (pct. af varebilkørslen)	25%	50%
Overflytning fra bil til tog eller bus (stigningstakst pr. 10. år ift. togtrafik)	33%	33%
Øget belægning i personbiler (personer pr. bil, 1995: 1,7)	2	2
Elbiler (deres andel af person- og varebilkørslen)	5%	30%
Mere energieffektive personbiler (gennemsnit for bilparken, 1995: 14 km/l)	20 km/l	40 km/l
Overflytning af gods fra lastbil til skib og bane (trafkarbejde i alt)	8%	20%
Øget belægning i lastbiler (kapacitetsudnyttelse, 1994: 40%)	60%	60%
Mest effektive varebiler (forbedret effektivitet ift. passivt forløb)	24%	11%
Mest effektive lastbiler (forbedret effektivitet ift. passivt forløb)	3%	4%
Anvendelse af biobrændstof (energiindhold i anvendt biobrændstof, 1994: 0 PJ)	4 PJ	15 PJ

se at "gennemføre" dem successivt i nævnte rækkefølge. Der er ikke medtaget besparelser som følge af reduceret transportbehov.

I forhold til den forventede udvikling i Trafikministeriets fremskrivning vil et forløb med maksimal indsats medføre en reduktion af transportsektorens CO₂-udledning på 30-35% i år 2005 og 55-60% i år 2030. Med 1988 som basisår betyder det, at CO₂-udledningen i forhold til 1988-niveauet reduceres med 18% i år 2005 og 45% i år 2030.

Det har som tidligere nævnt ikke været hensigten at foretage en udtømmende beskrivelse af alle CO₂-reduktionsmuligheder i transportsektoren, og opstillingen af det maksimale besparelspotentiale må således betragtes som et skøn over de væsentligste muligheder i en maksimal indsats. Først og fremmest er der i de maksimale besparelser ikke indregnet mulighederne for at begrænse væksten i transportbehovet, hvilket i sidste ende vil

være den mest effektive måde at reducere transportsektorens samlede miljøbelastning på. Det skal ligeledes bemærkes, at gennemgangen ikke har belyst muligheden for yderligere tekniske forbedringer af busser, tog, skibe og fly, herunder skift til andre drivmidler, der især i forhold til busser kunne være interessant. Det må forventes, at der også for disse transportmidler vil være mulighed for at opnå energibesparelser udover en naturlig udvikling.

Det skal understreges, at der ved beregningerne af en maksimal indsats ikke er lagt økonomiske eller politiske begrænsninger ind. Formålet med beregningerne er netop at illustrere de maksimale tekniske og adfærdsmæssige muligheder på de enkelte delområder. I det videre arbejde frem til den nye energihandlingsplan vil en nærmere vurdering af de samfundsmæssige omkostninger indgå.

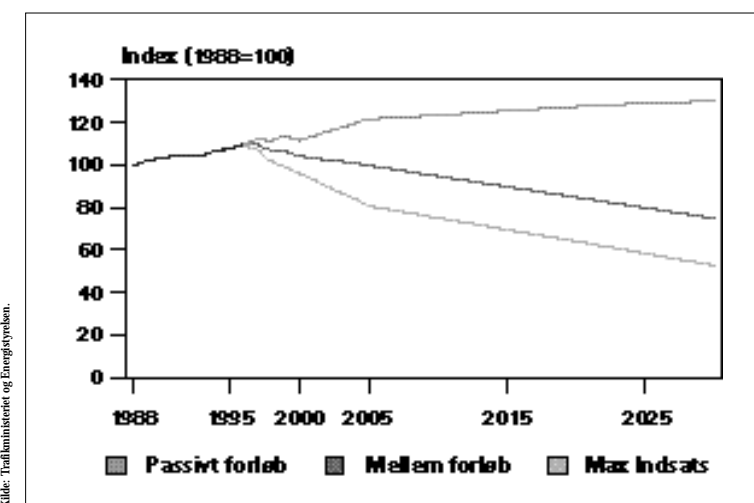
4. 5 Mulige udviklingsforløb i transportsektoren

Den mulige udvikling i transportsektorens CO₂-udledning frem til år 2030 afgrænses af de to forløb, der er præsenteret i det foregående.

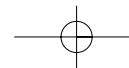
Det passive forløb afspejler en udvikling, hvor der ikke tages nye initiativer for at ændre udviklingen. Det andet ekstreme forløb - *maksimal indsats* - viser en udvikling, hvor besparelsemulighederne i transportsektoren udnyttes i maksimalt omfang. Med den viden, vi har i dag, sætter disse to forløb den øvre og nedre grænse for udviklingen i CO₂-udledningen fra transportsektoren. Mulighederne for at begrænse omfanget af selve transportarbejdet er dog ikke inkluderet heri.

For at illustrere de overordnede handlemuligheder for at reducere transportsektorens energiforbrug og CO₂-udledning

FIGUR 4.6

Indenrigstransportens CO₂-udledning i *passiv- og maxforløbet*, samt mellemforløbet (1988= index 100).

Kilde: Trafikministeriet og Energisystemet.



TABEL 4.3
CO₂-udledning i de tre udviklingsforløb.

CO ₂ -udledning i udviklingsforløbene 1988=100	2005	2030
Det passive forløb	122	130
Max indsats forløbet	82	55
Mellemforløb	100	75

110

suppleres *det passive forløb og forløbet med maksimal indsats* i dette afsnit med et eksempel på, hvad der kræves for at sikre målsætningen om en stabilisering af transportsektorens CO₂-udledning i forhold til 1988 i år 2005 og en reduktion med 25% i år 2030 - et *mellemforløb*.

Transportsektorens CO₂-udledning i *passiv- og max-forløbet* sammenlignet med *mellemforløbet* er vist i nedenstående figur og tabel.

I dette eksempel er der fokuseret på at opnå stabilisering i år 2005 på 1988-niveau primært ved at udnytte mulighederne for overflytning og øget belægning i person- og godstransporten. Der skal udnyttes betydelige dele af potentialet på disse områder for at nå målet.

Stabiliseringsmålsætningen kunne også opfyldes ved realisering af andre besparelsesmuligheder, f.eks. ved mere energieffektive person-, vare- og lastbiler eller ved at reducere væksten i transportbehovet. Betydelig mere energieffektive køretøjer vil imidlertid i meget høj grad afhænge af internationale beslutninger, og det vil således være usikkert, om der i år 2005 kan forventes realiseret en væsentlig mere energieffektiv bilpark, ud over hvad der allerede er forudsat.

For at opfylde reduktionsmålsætningen i år 2030 vil det efter år 2005 være nødvendigt at tage yderligere besparelsesområder i anvendelse. I ovennævnte

eksempel er dette sket ved at reducere det forventede transportbehov, ved en yderligere forøgelse af omfanget af overflytning, ved mere energieffektive køretøjer, ved en større andel af elbiler samt øget brug af biobrændstoffer.

4.6 Initiativmuligheder i transportsektoren

Målsætningen om stabilisering og på længere sigt reduktion af transportsektorens CO₂-udledning som led i den samlede nationale indsats vil med den forventede udvikling i transportsektoren blive vanskeligere at opfylde. Det vil, uanset den økonomiske udvikling, være nødvendigt at iværksætte nye initiativer. Behovet for yderligere tiltag vokser, som situationen er i dag, i takt med øget økonomisk vækst.

I det foregående afsnit er mulighederne for at reducere transportsektorens CO₂-udledning belyst. Der er angivet en størrelsesorden for de maksimale besparelsesmuligheder. I det følgende præsenteres forskellige initiativmuligheder på baggrund af en række overordnede hensyn og krav til en CO₂-begrænsende indsats på transportområdet.

De initiativmuligheder, der præsenteres, er ikke udtømmende eller udtryk for en prioritering, men skal tjene til *eksemplificering* af de mange og forskellige mulige initiativer til CO₂-besparelser.



TABEL 4.4
Indsats i mellemforløb.

Mellemforløb: indsatsområder og forudsætninger	2005	2030
Reduktion af transportbehovet (pct. af persontransportarbejdet)	0%	10%
Overflytning fra bil til cykel (pct. af biltransportarbejdet)	2,5%	3%
Overflytning fra vare- til personbiler (pct. af varebilkørslen)	20%	40%
Overflytning fra bil til tog eller bus (stigningstakst pr. 10. år)	33%	33%
Øget belægning i personbiler (personer pr. bil, 1995: 1,7)	2	2
Elbiler (andel af person- og varebilkørslen)	2%	15%
Mere energieffektive personbiler (gennemsnit for bilparken, 1995: 14 km/l)	Uændret	25 km/l
Overflytning af gods fra lastbil til skib og bane (trafkarbejde i alt)	2%	5%
Øget belægning i lastbiler (kapacitetsudnyttelse, 1994: 40%)	55%	55%
Mest effektive varebiler (forbedret effektivitet ift. fremskrivningen)	0%	11%
Anvendelse af biobrændstof (energiindhold i anvendt biobrændstof, 1994: 0 PJ)	2 PJ	5 PJ

111

Overordnede hensyn

En langsigtet og holdbar strategi for en bæredygtig udvikling på transportområdet må nødvendigvis opfylde en række krav, der tager højde for såvel kortsigtede som langsigtede betingelser og barrierer for at udnytte CO₂-besparelsesmulighederne i transportsektoren.

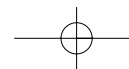
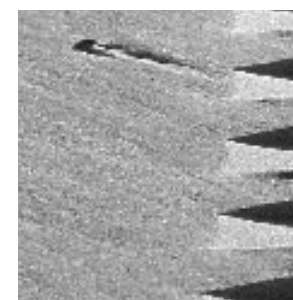
De teknologiske muligheder frem til år 2005 og år 2030 vil i praksis ikke være tilstrækkelige til at sikre, at målsætningerne opfyldes, selv ikke ved helt radikale teknologiskift i biltransporten, som f.eks. ekstrem høj energieffektivitet eller meget stor udbredelse af elbiler. Nedsættelsen af transportomkostningerne ved f.eks. væsentligt mere energieffektive personbiler vil i sig selv bevirke et øget kørselsomfang, der må begrænses på anden måde, eksempelvis via øgede afgifter.

Især på længere sigt vil det være nødvendigt at sætte ind overfor den forventede stigning i transportefterspørgslen og de hidtidige sammenhænge mellem trafikvækst og økonomisk vækst. Det vil ofte

dreje sig om virkemidler, som først får virkning på længere sigt, og som vil have virkninger udover de transportmæssige. Virkemidler, der kræver en lang omstillingsproces, bør iværksættes så tidligt, at den planlagte effekt kan opnås, og tilpasningen til langsigtede mål kan gennemføres.

Transportsektorens CO₂-udledning kan ikke betragtes isoleret fra trafikpolitikken eller fra andre politikområder, og det vil være nødvendigt at balancere bestræbelserne for at reducere transportsektorens CO₂-udledning i forhold til øvrige trafik- og f.eks. arbejdsmarkedspolitiske hensyn til eksempelvis arbejdskraftens mobilitet. Derimod er hensynet til erhvervslivet ikke nødvendigvis modsatrettet i forhold til målet om at reducere transportsektorens CO₂-belastning. En mere effektiv godstransport vil f.eks. reducere erhvervslivets omkostninger.

I betragtning af miljøproblemernes komplekse karakter må indsatsen for at nedbringe transportsektorens CO₂-udled-



ning også tage hensyn til andre miljøaspekter. Afhjælpningen af CO₂-problemer i transportsektoren bør som udgangspunkt ikke medføre en forværring af andre miljøproblemer fra transportsektoren eller andre sektorer. I givet fald må der i de konkrete tilfælde ske en afvejning af fordele og ulemper. Omvendt vil initiativer, der reducerer transportbehovet, medvirke til at begrænse en række andre miljøbelastninger.

Som udgangspunkt bør den nationale CO₂-reduktionsindsats ske, hvor effekten er størst, og de samfundsøkonomiske omkostninger er mindst. Det vil dog være vanskeligt at inddrage samtlige afledte effekter, som i princippet burde indgå i en samfundsøkonomisk vurdering. Afvejningen af de tekniske, økonomiske og økologiske hensyn vil i sidste ende være op til en politisk vurdering.

Endelig er det relevant at være opmærksom på eventuelle erhvervspolitiske aspekter på områder, hvor Danmark kan have særlige muligheder for at præge udviklingen, f.eks. vedrørende elbiler.

Initiativmuligheder overfor personbiltransport

Personbilen stod for halvdelen af CO₂-udledningen i 1988. Frem til år 2030 er personbiltrafikken CO₂-mæssigt langt det største enkeltområde inden for transportsektoren.

Mulighederne for at reducere personbiltransporten er mange og består generelt set, udover at reducere selve transportbehovet, af overflytning til mere energiøkonomiske transportformer, øget belægning, skift til andre drivmidler, mere energieffektive biler samt mere energiøkonomisk kørsel og trafikafvikling. Mulighederne for at begrænse transportomfanget og for overflytning til kollektiv transport er beskrevet senere.

Overflytning til cykel

Overflytning af korte ture til cykel vil kunne fremmes ved øget information om f.eks. koldstartsproblematikken og det uforholdsmæssigt større slid og energiforbrug, der er forbundet med korte ture i bil. Da det er vanskeligt at forestille sig administrative virkemidler på dette område, vil en blivende og større effekt formentlig forudsætte vedvarende incitamenter til cykeltrafik, f.eks. i form af forbedrede forhold med hensyn til infrastruktur og øgede muligheder for kombination af cykel med kollektiv trafik. Ligeledes vil øgede omkostninger ved bilkørsel kunne påvirke persontransporten i retning af mere cykeltrafik.

Øget belægning

Der er som tidligere vist mulighed for betydelige CO₂-reduktioner i at øge den gennemsnitlige belægning fra de nuværende 1,7 pers/bil til f.eks. 2. En højere belægning kan fremmes f.eks. ved øget information, kampagner for samkørsel eller brug af økonomiske virkemidler. Indsatsen bør især rettes mod bolig-arbejdsstedstrafikken, hvor belægningen er lavest. Den forventede stigning i bilparken bevirker imidlertid, at belægningen fremover må formodes at falde, med mindre der iværksættes initiativer, som modvirker dette. Ud fra erfaringerne i dag, kan det ikke forventes at informative virkemidler vil kunne sikre øget belægning i en situation med voksende bilpark.

Der kendes eksempler fra andre lande på, at biler kun har adgang i visse byområder, såfremt der er passagerer i bilen. Øget belægning kan også fremmes gennem favorisering af samkørsel i form af f.eks. fortrinsret til kørebaner, til parkeringsfaciliteter m.v. samt bompunge, vejbenyttelsesafgifter og lignende. Endelig vil højere transportomkostninger generelt fremme øget belægning.

Skift til andre drivmidler

Alternative drivmidler som biobrændsler eller LPG vil forudsætte et økonomisk incitament til at vælge brændstof med lavere CO₂-udledning. Det samme vil gælde for diesel. En CO₂-afhængig brændstofafgift vil være det bedste middel til at sikre et sådant incitament. Alternative drivmidler er dog kun relevante, hvis de indebærer en miljømæssig fordel ud fra en samlet miljømæssig vurdering. Dette er sandsynligvis ikke tilfældet for diesel i øjeblikket, men kan godt tænkes på sigt.

Elbiler er i dag fritaget for registreringsafgift og får således allerede i dag indirekte støtte. Det er vanskeligt at vurdere det fremtidige behov for støtte til elbiler, idet de i takt med øget masseproduktion forventes at blive såvel billigere som bedre. Køretøjsafgifter udformet i forhold til de enkelte køretøjers miljøpåvirkning, vil også tilgodese elbiler. Elbiler kunne endvidere tænkes fremmet ved at blive friholdt for f.eks. vej-, bom, eller parkeringsafgifter og/eller ved at etablere områder (centrale bydele), hvor kun køretøjer, der ikke forurener lokalt, har adgang.

En dansk satsning på elbiler vil kunne få stor betydning for danske producenter af elbiler og muligvis kunne medvirke til, at Danmark kan opnå en fremtrædende position i fremstillingen af elbiler.

Mere energieffektive personbiler

Udviklingspotentialer for mere energieffektive personbiler er meget betydeligt. For at realisere dette i praksis må bilkøberne have incitamenter til at anskaffe mere energieffektive biler, hvilket vil give bilfabrikanterne incitamentet til at konkurrere, producere og videreudvikle bilerne ud fra en energiøkonomisk synsvinkel. Danmarks indflydelse på en sådan udvikling vil være begrænset, og brugen af virkemidler må derfor rettes mod løbende at

fremme salget af markedets mest energieffektive køretøjer på bekostning af de mindre effektive biler.

Det vil kunne ske både ved anvendelse af energistandarder, differentierede afgifter eller andre økonomiske virkemidler. Det skal dog pointeres, at hvis sådanne omlægninger af afgiftssystemet skal resultere i væsentlige energibesparelser, er det nødvendigt med et mærkbart øget incitament til at købe energieffektive biler. Med hensyn til standarder vil effekten heraf være størst, hvis de kan gennemføres internationalt eller i EU. Nationale standarder vil kun i begrænset omfang kunne påvirke teknologiudviklingen, ligesom de EU-juridiske aspekter i denne forbindelse er uafklarede.

Det er væsentligt at være opmærksom på, at øget energieffektivitet alt andet lige medfører lavere transportomkostninger, hvilket vil resultere i et større kørselsomfang. For at sikre den ønskede effekt, ikke mindst på længere sigt, kan energieffektivisering derfor ikke stå alene, men må suppleres af økonomiske virkemidler.

Mere energiøkonomisk kørsel og trafikafvikling

Også på dette punkt vil en reel besparelse primært afhænge af et øget økonomisk incitament til at handle energirigtigt.

Initiativmuligheder overfor godstransport

Godstransport med last- og varebil er CO₂-mæssigt det næststørste enkeltområde inden for transportsektoren med knap 40% af transportsektorens CO₂-udledning. Der forventes i det passive forløb frem til år 2030 en meget betydelig stigning i vejgodstransporten, samtidig med at transportarbejdet med godstog og fragtskib falder.

En indsats overfor godstransporten vil

nødvendigvis skulle samordne en række initiativer, der sigter bredt inden for hele godsområdet. Indsatsen bør generelt målrettes mod at øge belægningen, hvilket vil muliggøre vækst i godstransportarbejdet uden tilsvarende stigninger i energiforbruget. Desuden bør der overvejes initiativer, som sikrer en overflytning fra last- og varebil til tog eller skib henholdsvis personbil - herunder mulighed for bedre integration af de forskellige godstransportformer i form af samlede "dør-til-dør" transportløsninger.

Generelt kan disse mål fremmes ved højere brændstofpriser og andre afgifter, der giver incitament til energiøkonomisering. På længere sigt kan udbygning af infrastrukturen for godstransport med bane og skib i kombination med ændret lokaliseringspolitik medvirke til at fremme mere miljøvenlig godstransport.

En øget belægning i lastbiltransporten vil nødvendiggøre en bedre koordinering inden for hele godstransportsektoren og derfor påvirke såvel transportkøbere som vognmænd. Oprettelse af godsterminaler i alle større byer ville muliggøre en sådan koordinering, og således kunne sikre en bedre udnyttelse af lastbilkapaciteten, både for transporten mellem de forskellige terminaler og for distributionstransporten inden for de enkelte byområder. Med henblik på en langsigtet energieffektiv løsning, ville det være oplagt så vidt muligt at placere godsterminalerne langs med jernbaner og i nærheden af havne.

Skal mulighederne for at øge belægningen, for mere energiøkonomiske last- og varebiler og for energiøkonomisk kørsel udnyttes i højere grad, må de nødvendige incitamentter desuden være til stede. Dette kan opnås med højere brændstofpriser, men der kan også være mulighed for f.eks. at indgå frivillige brancheaftaler, forbedret information og køreuddannelse og indføre miljø- eller kørselsafhængige

afgifter for nye last- og varebilers energieffektivitet. Endelig kan mulighederne for i højere grad at tilvejebringe afgiftsmæssige incitamentter til "downsizing" af varebilerne til lettere varebiler og personbiler, overvejes.

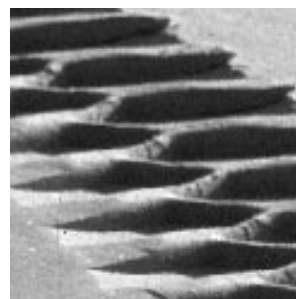
Øgede brændstofomkostninger vil være en relativ fordel for godstransport med tog eller skib, idet energiforbruget pr. tonkm. er betydeligt mindre end energiforbruget ved godstransport med lastbil.

Initiativmuligheder overfor kollektiv transport

Forudsætningen for at øge den kollektive transport betydeligt som et led i nedbringelsen af transportsektorens CO₂-udledning er, at den uheldige udvikling i prisen for forholdet overfor biltrafikken vendes, og at der sker en forøgelse af service- og kvalitetsniveauet i den kollektive trafik, særligt med hensyn til samlet rejsetid og komfort.

Rutebusser i den kollektive trafik er sammen med tog-, færges-, skibs-, og flytrafikken fritaget for energiforbrug. Der er således ikke det samme incitament som for andre transportformer til energieffektivisering. Den teknologiske udvikling af bilerne kan bevirke, at den kollektive tog- og bustrafik ikke uden en særlig indsats kan opretholde sin status som miljøvenligt alternativ til biltransporten.

Incitamentet til at køre med mindre og mere energiøkonomiske busser og tog, kan fremmes ved at øge brændstofpriserne for den kollektive trafik til de priser, som andre trafikanter betaler. Til gengæld kan merprisen - statsafgift, moms og rabatter - tilbageføres til den kollektive trafik ud fra kriterier om effektivitet og miljøvenlighed. Dette skal sikre, at taksterne ikke stiger, og at en kundetilpasset og energiøkonomisk kollektiv trafikbetjening fremmes mest muligt.



Med den forventede tilnærmelsesvis fordobling af biltætheden frem til år 2030 vil konkurrencen fra biltransporten vokse betydeligt fremover, idet en langt større andel af befolkningen vil have bilrådighed. Kollektiv transport vil i denne situation kunne konkurrere, såfremt den indebærer en økonomisk eller tidsmæssig fordel, eller hvis der i øvrigt er begrænsninger i tilgængeligheden med bil. Skal den kollektive transport i fremtiden kunne tiltrække den samme eller større andele af transportarbejdet, må der ske en forøgelse af service- og kvalitetsniveauet, særligt med hensyn til samlet rejsetid og komfort. Den forøgede bilrådighed understreger i øvrigt behovet for en konkurrencedygtig prispolitik for den kollektive transport, idet det typisk kun er marginalomkostningen til benzin, som bilsten vurderer prisen på kollektiv transport i forhold til.

Større fleksibilitet i arbejdstid og mødetidspunkter vil endvidere kunne give flere mulighed for at benytte kollektiv trafik og samtidig medføre en bedre udnyttelse af det kollektive trafikssystem.

Produktionsstrukturen for den kollektive rutebustrafik er opsplittet i en række selskaber. Det kan på den baggrund overvejes, om mulighederne for at koordinere den kollektive trafik, som er kundernes vigtigste krav for at skifte transportmiddel, kan styrkes.

Generelt kan det overvejes at undersøge den kollektive bustrafiks produktionsstruktur m.v. med henblik på at tilvejebringe et koordineret og miljømæssigt styrket grundlag for den fremtidige kollektive bustrafik.

Reduceret transportbehov

Samfundet er i stigende grad blevet baseret på vejtransport i form af person- og lastbiler. Udviklingen de seneste årtier har

vist, at i stedet for at bilen er blevet benyttet til besparelser i transporttiden, har den i høj grad *muliggjort en forøgelse af* at afstanden mellem arbejde, servicetilbud samt fritidsaktiviteter og boligen. Længere ture mellem bolig og arbejdssted fremmet af faldende transportpriser, transportfradragregler og udbygningen af vejinfrastrukturen.

Bilens bevægelsesfrihed har ikke blot bidraget til en voldsom forøgelse af landets samlede byareal. Udviklingen har også betydet en opløsning af det traditionelle bybegreb, hvor byen ikke længere er rammen for den daglige færden. Eksempelvis vil den igangværende strukturændring i detailhandelen kunne føre til en betydelig vækst i transportarbejdet i forbindelse med indkøb.

Det kan således overvejes, hvordan lokalisering af private - såvel som offentlige - servicefunktioner i højere grad kan ske med øje for brugernes adgang hertil bl.a. med kollektiv transport.

Det har været et væsentligt mål for kommune- og regionplanlægningen at bidrage til et begrænset rejsetidsforbrug og transportarbejde ved disponeringen af arealanvendelsen og trafikkanlæggene. Det vil imidlertid være en forudsætning for en effektiv begrænsning af transportefterspørgslen, at transportprisen stiger. Der bør være en tæt sammenhæng mellem økonomiske virkemidler og den fysiske planlægning, der ikke kan bidrage til at reducere transportarbejdet alene. En fysisk planlægning, der understøtter kollektiv trafik og cykel/gang som alternativer til bilen, og som skaber mulighed for decentral lokalisering med kortere rejseafstande, vil omvendt medvirke til, at økonomiske virkemidler får den tilsigtede virkning.

Den fremtidige udvikling i transportbehovet afhænger af lokaliseringen af boliger, arbejdspladser og indkøbsmulig-

heder, den økonomiske udvikling i samfundet, brændstofpriser, transportfradragmuligheder m.v. En langsigtet og sammenhængende indsats, baseret på at flere forskellige virkemidler gensidigt understøtter hinanden, er nødvendig. Der er behov for ændringer i livsstil, i transportvaner, i lokaliseringen og i transportpriserne.

Særlige initiativer

På en række særlige områder kan der opstilles selvstændige strategier, som kan understøtte en offensiv bæredygtig udvikling på transportområdet.

Det offentlige har en række specielle forudsætninger og forpligtelser til at gå foran. Skal brede dele af samfundet bidrage til at reducere transportsektorens CO₂-udledning, må også det offentlige bidrage. Det bør overvejes at formulere en miljøvenlig transportpolitik for hele den offentlige sektor. I en sådan politik kunne indgå, at det offentlige i planer for energi- og miljøstyring samt grønne regnskaber skal inddrage medarbejdernes og institutternes transport. En generel offentlig transportpolitik kunne endvidere omfatte:

- krav om lokalisering af offentlige arbejdspladser nær ved kollektiv transport
- lokalisering og dimensionering af offentlige servicefunktioner under hensyn til brugernes transport bl.a. med kollektiv transport
- lokalt "carpooling"-samarbejde på de enkelte arbejdspladser om samkørsel til og fra arbejde
- tilbud om kurser i energirigtig kørsel til offentligt ansatte, der har kørselsfunktioner
- fremme af medarbejdernes cykeltrafik, f.eks. ved at stille "firmacykler" og bade- samt cykelparkeringsfaciliteter til rådighed
- forsøg med elbiler og andre miljøvenlige transportmidler

Tilsvarende bør muligheden for også at bygge på en *lokal indsats* i nærmiljøerne overvejes nærmere. Amterne og kommunerne har i mange tilfælde gode forudsætninger herfor, idet de på en lang række områder i forvejen har daglig kontakt med borgerne og virksomhederne. Det vil her være naturligt at samarbejde med igangværende initiativer inden for ram-

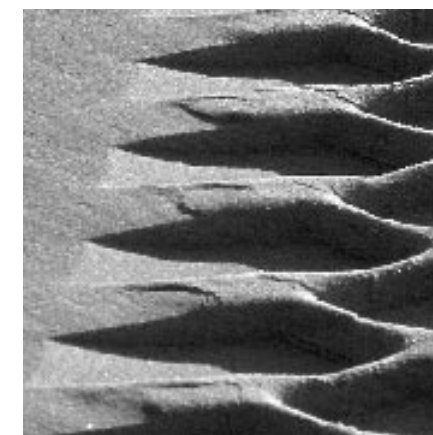
merne af f.eks. Agenda 21, De grønne familier, kommuner der udarbejder grønne regnskaber, samt forsyningsvirksomheder m.v. Herved kan de opnåede erfaringer udbredes samtidig med, at der sættes øget fokus på mulighederne for en mere energieffektiv transport på det lokale og det nære plan.

Endelig kan det generelt overvejes, hvilke igangværende initiativer, der sigter på reduceret miljøbelastning og energiforbrug, og som med fordel kunne udvides til også at omfatte transport. Det kunne f.eks. dreje sig om grønne regnskaber, miljø- og energistyring m.v.

Økonomiske virkemidler

En forudsætning for at sikre de nødvendige CO₂-reduktioner i transportsektoren er et højt transportpriseniveau, herunder til den individuelle transport. Afgifter er her et væsentligt instrument i tilvejebringelsen af transportpriser og incitamenter til energieffektivisering, der bedst muligt understøtter de langsigtede CO₂-målsætninger.

I forhold til rubriceringen af initiativ-

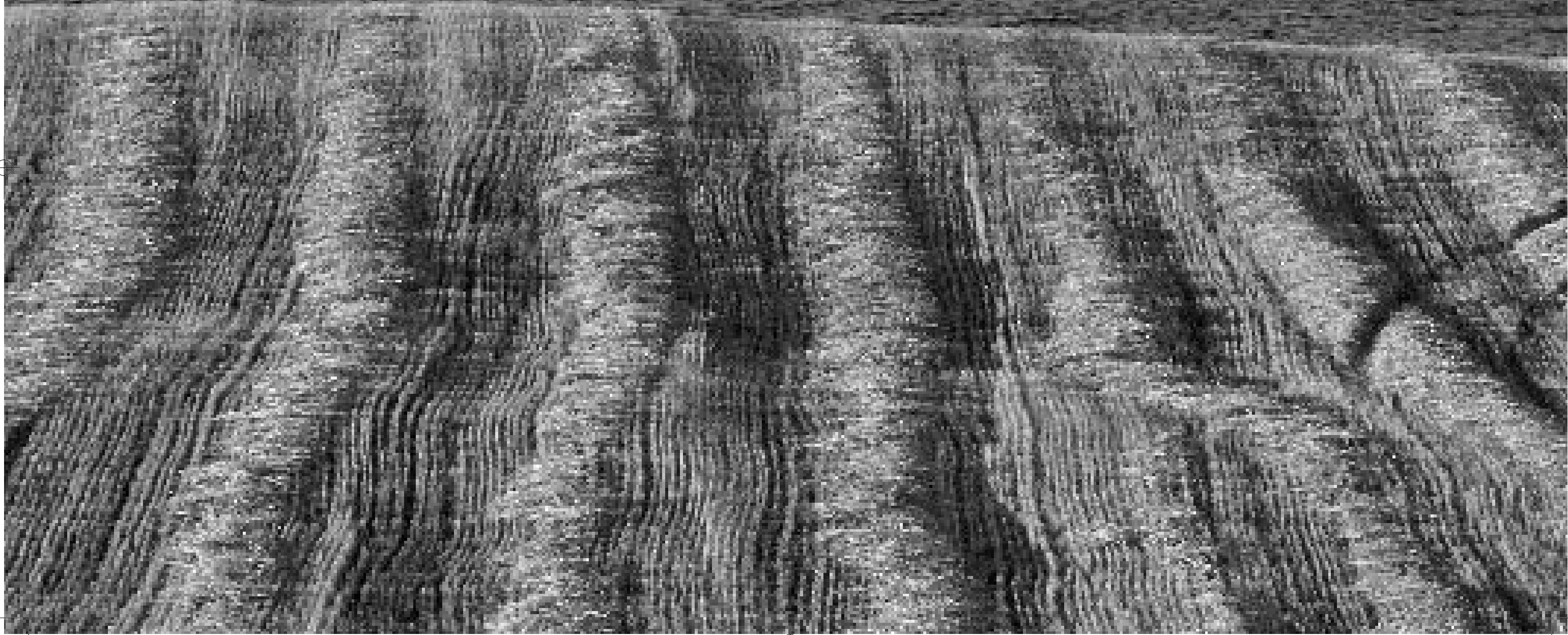


mulighederne oven for vil der ved anvendelse af økonomiske virkemidler ofte være mulighed for at opnå mere generelt virkende effekter. Øgede benzinafgifter vil som eksempel kunne give incitamenter til en mere energieffektiv bilbestand, overflytning til kollektiv transport og cykel, overflytning af gods fra vej samt en lavere transportefterspørgsel i det hele taget. Andre relevante økonomiske virkemidler på personbilområdet er øgede eller differentierede registreringsafgifter og vægtafgifter samt bompunge eller vejbenyttelsesafgifter, der vil kunne differentieres geografisk eller efter tidspunkt på døgnet. I forhold til den kollektive transport vil brændstofafgifter tilsvarende kunne virke som et effektivt middel for at fremme energieffektiviteten i busser og tog. For at fastholde den kollektive transports konkurrenceevne vil afgifterne kunne tilbageføres f.eks. i forhold til antal personkilometer.

Fordelen ved økonomiske virkemidler er, at de med den rigtige udformning via markedsmekanismen vil kunne medvirke til at reducere miljøbelastninger, hvor det bedst kan betale sig.

5.

Energiresourcer



5.1 Sammenfatning

Danmarks energiresourcer omfatter naturgas, olie og vedvarende energi.

Produktionen af olie og naturgas er stigende og giver for tiden overskud på betalingsbalancen. Om nogle år vil dette ændre sig, idet produktionen af olie og gas inden for en begrænset periode ventes at falde.

Vedvarende energi udgør et betydeligt potentiale som en fremtidig indenlandsk energiresource. Potentialet vurderes at være langt større end udnyttelsen i dag. Den konkrete udnyttelse af vedvarende energi afhænger af afvejningen mellem forskellige natur- og landskabsinteresser og af økonomiske og tekniske forhold.

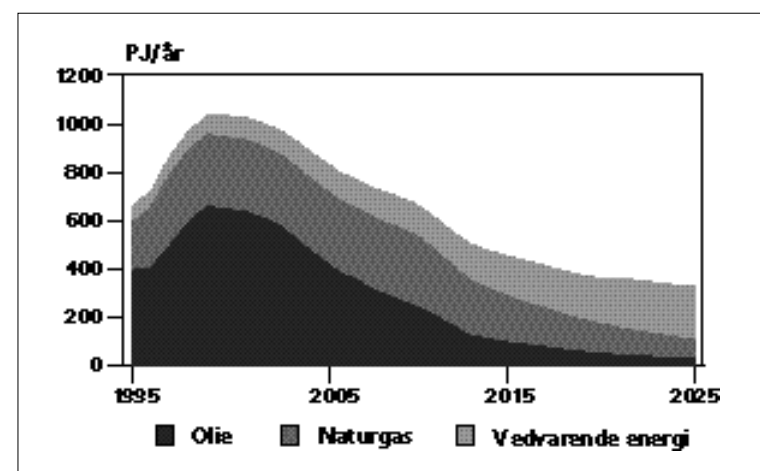
Til sammenligning med opgørelsen i figur 5.1 udgjorde det danske bruttoenergiforbrug i 1994 ialt 817 PJ.

Olie og naturgas

De kendte danske oliereserver er frem til omkring årtusindeskiftet store nok til at dække vores eget olieforbrug - og mere til. Ud fra en optimistisk vurdering af reserverne udtrykt som en årlig produktion forventes olieproduktionen at toppe omkring 660 PJ pr. år ved årtusindeskiftet for derefter at falde til godt 400 PJ omkring 2005. Herefter er den forventede produktion faldende frem til år 2025, hvor produktionen formentlig vil være uden betydning. Den fortsatte efterforskning kan resultere i nye fund, som kan ændre dette billede væsentligt.

Det danske olieforbrug forventes frem mod år 2005 umiddelbart at stige relativt svagt fra det nuværende niveau på 355 PJ om året. Det betyder, at Danmark omkring dette tidspunkt igen vil blive nettoimportør af olie, hvis der ikke gøres

FIGUR 5.1
Produktionsmuligheder med danske energikilder



Anm. : De anførte produktionsmuligheder er forbundet med betydelig usikkerhed. Olie- og gasindvindingen fra danske felter inkluderer potentielt over eksisterende felter og fund, ikke ancorede strukturer og tager hensyn til forventningerne til den teknologiske udvikling. Tilgangen af vedvarende energi er skitseret ud fra *max indsats forløbet*, jvf. kapitel 7.



nye fund. Ud fra en mere pessimistisk ressourceopgørelse kan en nettoimport måske blive nødvendig allerede umiddelbart efter årtusindeskiftet.

Ud fra en vurdering af de nuværende naturgasreserver vil egenproduktionen af gas stige til at udgøre knap 300 PJ pr. år frem til omkring år 2006. Denne produktion forventes nogenlunde, at balancere med det i dag forventede indenlandske forbrug og de allerede indgåede eksportkontrakter. Dog kan der allerede efter årtusindeskiftet blive et behov for import eller omdirigering af dele af eksportgasen til indenlandsk anvendelse. På længere sigt kan der blive behov for yderligere gasmængder til dækning af forsyningen på det danske marked.

Ved vurderingen af den fremtidige danske olie- og gasproduktion skal man også have for øje, at billedet kan ændres, såfremt den igangværende eller senere efterforskning afslører nye olie- eller gasfund. I den 4. udbudsrunde blev der i maj 1995 givet ialt 9 nye tilladelser til efterforskning og eventuelt senere indvinding af olie og gas i den danske del af Nordsøen.

Billedet kan også ændres ved en yderligere teknologisk udvikling. Den danske olie- og gasproduktion er effektiviseret betydeligt i de senere år bl.a. som følge af nye indvindingsforbedrende produktionsmetoder og teknologier.

De danske olie- og gasreserver er nærmere beskrevet i baggrundsrapporten om olie- og gaspotentialer i Danmark.

Vedvarende energi.

I dag udgør forbruget af vedvarende energikilder 62 PJ. Selv om andelen af vedvarende energi i det samlede energiforbrug har været gradvist stigende, udgør den stadig en relativt lille andel, knap 8 %.

Det potentiale, som det allerede i dag er muligt at udnytte, er betydeligt større.

Potentialet pr. år fra henholdsvis vind, biomasse, herunder affald, solenergi og geotermi ligger i størrelsesordenen 65-85 PJ, 150-200 PJ, 50-100 PJ, og omkring 100 PJ. Udnyttelsen kræver imidlertid, at en række økonomiske, planlægningsmæssige og andre forudsætninger er opfyldt.

Med en fortsat teknologisk udvikling på området kan udnyttelsen af potentialet på længere sigt antageligt udvides for de nævnte vedvarende energikilder, ligesom udnyttelsen af bølgeenergi evt. kan blive mulig.

De fremtidige energiresourcer fra vedvarende energi er nærmere beskrevet i baggrundsrapporten om Danmarks vedvarende energiresourcer.

Fremtidens forsyning.

Hvorledes olie- og gasreserver samt vedvarende energi-potentiale udnyttes, er afhængig af både økonomiske, energi- og miljøpolitiske prioriteringer. Import af udenlandsk energi vil for forbrugeren i nogle tilfælde kunne konkurrere økonomisk med de indenlandske brændsler, men vil - alt andet lige - øge samfundets valutaudgifter til brændsler. Miljømålsætninger, herunder CO₂-reduktionskrav, peger på en øget udnyttelse af vedvarende energi-potentialet.

De nuværende ledningsnet til fjernvarme- og naturgassystemer har en formodet levetid på endnu ca. 30-50 år. Ønsket om en optimal samfundsøkonomisk udnyttelse af disse investeringer tilsiger, at man fortsat udnytter rørledningssystemerne. Derimod vil reinvesteringer og evt. udbygninger af rørdetene være afhængig af bl.a. hvilke forsyningssystemer og brændsler man på langt sigt vil satse på.

Både fjernvarmenettene, eltransmissions- og distributionsnettene er i princip uafhængige af de fremtidige brændsler. Opførelsen af nye energiproduceren-

de anlæg, både centrale og decentrale værker, lægger derimod en større automatisk "binding" på det fremtidige forsyningssystem. Det er som regel vanskeligt på kort sigt at omlægge energiproducerende anlæg til andre/nye brændsler.

Med den teknologi man kender i dag, er visse former for energibehov umiddelbart bundet til bestemte typer af brændsler og energikilder. For eksempel er energibehovene i transportsektoren, ihvertfald på kort sigt bundet til, benzin, dieselolie og andre olieprodukter. På længere sigt kan den teknologiske udvikling dog bidrage til, at også andre former for energikilder kan bruges på dette område.

I produktionen af el og varme findes der allerede i dag forskellige former for alternativer til de fossile brændsler. Disse alternativer konkurrenceevne forbedres løbende, og vil også på kort sigt kunne erstatte de fossile brændsler i en række tilfælde.

Hvis potentialet fra de vedvarende energikilder kan realiseres, har Danmark på lang sigt mulighed for at dække en meget stor del af energiforbruget med indenlandske ressourcer.

Betalingsbalance

Danmarks nettovalutaudgift til energi er faldet dramatisk siden begyndelsen af firserne. Det skyldes dels, at oliepriserne er faldet jævnt gennem perioden, dels at egenproduktionen af olie og gas omvendt er steget kraftigt. Produktionen af olie og gas alene skønnes i dag at have en positiv effekt på betalingsbalancen på 2-3 mia. kr. årligt. Det vurderes, at den samlede nettoudgift til energi vil forvandles til en nettoindtægt fra 1997 efterfulgt af nogle år med stigende indtægter. På længere sigt er det usikkert, hvor stor effekten vil være, men der forventes en nedadgående tendens efter årtusindeskiftet i takt med udfasningen af den danske egenprodukti-

on af olie og gas. I det omfang, at vedvarende energi kan erstatte olie og naturgas, eller kulimporten til elproduktion, vil den nedadgående tendens blive modvirket.

Skatteindtægter

Statens indtægter fra olie- og gasindvindingen kan deles op i fire elementer: Selskabsskat, produktionsafgift, rørledningsafgift og kulbrinteskate. I de senere år har staten haft indtægter fra olie- og gasindvindingen i en størrelsesorden på 2 mia. kr. pr. år. Indtægterne forventes i de førstkommande år at stige til omkring 5 mia. kr. i 1999. Ligesom for betalingsbalancens vedkommende forventes en nedadgående tendens efter årtusinde skiftet.

5.2 Produktion og forbrug i dag

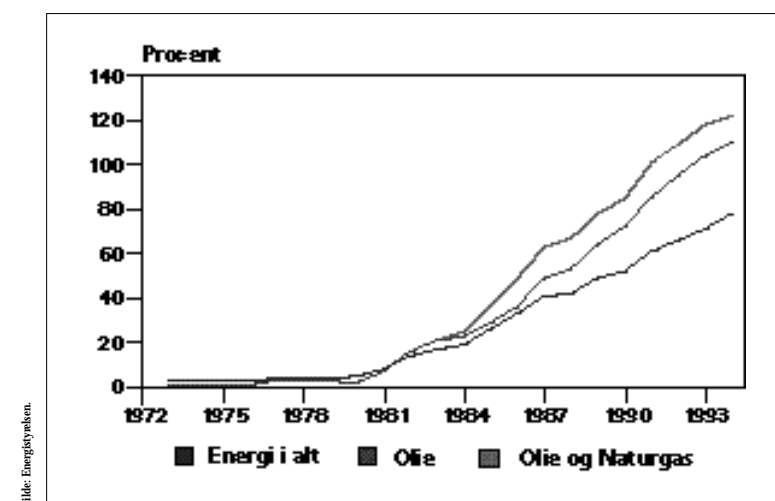
Den samlede olieproduktion i Nordsøen oversteg i 1994 det danske olieforbrug med 10 %. Også produktionen af naturgas er betydeligt større end vores eget forbrug og mere end 1/3 bliver for øjeblikket eksporteret til Sverige og Tyskland.

De godt 20 % af energiforsyningen, som for øjeblikket ikke kan dækkes af egne indenlandske ressourcer, dækkes primært af kul til brug i elværkerne.

Omstillingen fra olie- til kulbaseret elproduktion i 70'erne betød, at olieimporten faldt og at kulimporten steg. I 1994 blev der ialt importeret ca. 11,9 mill. tons kul. Omsat til produktion af elektricitet svarede det til over 80 % af den samlede elproduktion.

De vedvarende energikilder består af vind, sol, biobrændsler (inkl. affald) og geotermi. På længere sigt kan også bølgeenergi komme på tale. I princippet er alle de vedvarende energikilder inden-

FIGUR 5.2
Selvforsyningsgrader.



Kilde: Energistyrelsen

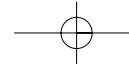
landske ressourcer. Dog kan visse biobrændsler, fx. halm og træflis handles på det internationale marked i lighed med fossile brændsler. Danmark har kun i visse perioder importeret ganske små mængder af forskellige biobrændsler.

Forbruget af vedvarende energikilder er vokset til i dag at udgøre knap 8 % af den samlede energiforsyning.

I det følgende er ressource- og forsyningsspektiverne for olie, gas og vedvarende energi belyst. Det skal understreges, at ressourceopgørelserne er forbundet med betydelig usikkerhed, og at den konkrete udnyttelse af ressourcerne afhænger af en række økonomiske og tekniske forhold.

Rammer for den danske olie- og gasproduktion:

- I 1966 blev det første fund af olie gjort i Nordsøen, og i 1972 produceredes den første danske olie fra Dan-feltet. Fundene af naturgas gjorde desuden, at man i lyset af den første energikrise besluttede at opbygge et indenlandsk naturgasnet baseret på forsyninger fra Nordsøen.
- I marts 1979 blev der indgået en aftale mellem Dansk Undergrunds Consortium (DUC) og Dansk Olie og Naturgas A/S (DONG) om levering af 55 mia. m³ naturgas. I 1990 og 1993 er der indgået supplerende aftaler mellem DUC og DONG's datterselskab Dansk Naturgas A/S (DANGAS) om yderligere levering af naturgas.
- Regulering af efterforskning og indvinding af olie og naturgas finder sted på grundlag af undergrundsloven. Olie og gas i den danske undergrund tilhører den danske stat, og efterforskning og indvinding finder sted på grundlag af tilladelser.
- På nuværende tidspunkt er en række tilladelser i kraft. Hovedparten er meddelt i 1986, 1989 og 1995. Hertil kommer eneretsbevillingen af 8. juli 1962, som for en 50-årig periode er meddelt A.P. Møller, der samarbejder med olieselskaberne Shell og Texaco i DUC. Indtil nu er hele den danske olie- og gasproduktion indvundet fra områder under eneretsbevillingen.
- Til brug for indvindingen er en omfattende infrastruktur etableret i Centralgravsområdet i Nordsøen. Infrastrukturen omfatter platforme, behandlingsanlæg og rørledninger. Alle producerende felter er forbundet med Gorm- og Tyra-felterne, hvorfra henholdsvis olie og gas føres til land gennem rørledninger.



5.3 Olie

Indledning

Oliemarkedet er præget af, at der handles globalt, og at der er en markedspræget prisdannelse for råolie og olieprodukter. Det er en prisdannelse, som også handlen med den danske Nordsøolie er underlagt.

Som følge af den stigende egenproduktion og oliens vigende andel af det danske energiforbrug, overstiger olieproduktionen i Nordsøen i dag det danske olieforbrug.

De danske oliereserver.

Energistyrelsen's skøn over de samlede olie- og kondensatreserver fremgår af nedenstående tabel 5.1.

Til sammenligning med de samlede reserver på i alt knap 9000 PJ, udgør det årlige danske bruttoolieforbrug i 1994 355 PJ.

De danske oliereserver er i de sidste 10 år blevet opskrevet, på trods af en omfattende produktion. Dette skyldes hovedsageligt, at forventningerne til indvindingen fra de store producerende felter er øget, eksempelvis Dan-feltet. Reserver-

ne vurderes løbende en gang årligt af Energistyrelsen.

Der er et yderligere indvindingspotentiale, såfremt der gøres kommercielle fund i endnu ikke ancorede strukturer. Ligeledes vil en teknologisk udvikling kunne resultere i en yderligere indvinding. Dette yderligere potentiale er opgjort til at ligge mellem 18 og 51 mio. m³. Skønnet er forbundet med stor usikkerhed.

Udviklingsforløb for olieproduktionen.

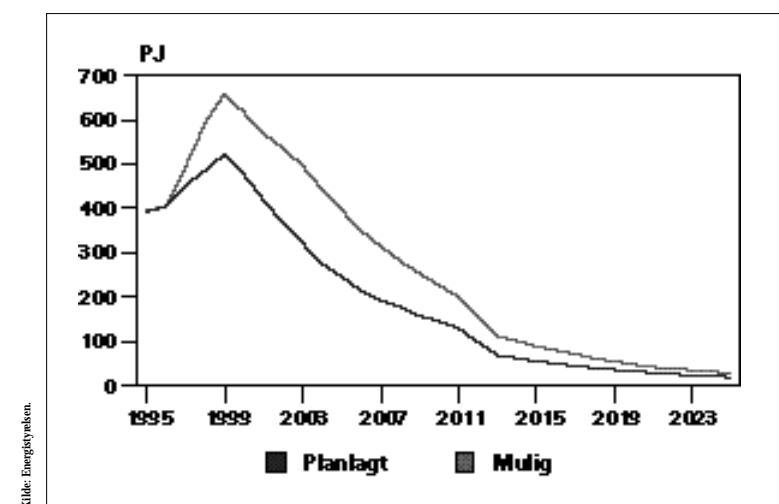
På grundlag af de opgjorte reserver er der opstillet 2 prognoser for olie- og kondensatproduktionen, jf. nedenstående figur 5.3.

Det bør understreges, at over et så langt tidsinterval som frem til år 2025 vil de udarbejdede prognoser være behæftet med meget stor usikkerhed. Dette gælder især skøn over fremtidig produktion fra ikke ancorede strukturer (såkaldte prospekter).

Ud fra det nuværende danske forbrug, svarer de relativt sikre reserver (til og med planlagt indvinding) til 17 års forbrug. De totale reserver, der også omfatter mere

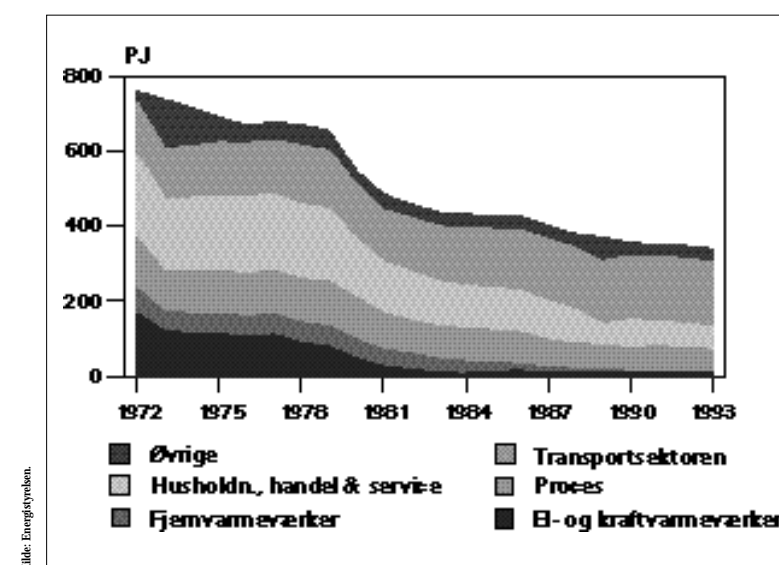


FIGUR 5.3 Produktionsprofiler - Olie (og kondensat).



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 5.4 Olieforbrug 1972-94.



Kilde: Energistyrelsen.

TABEL 5.1 Reserveopgørelse pr 1. januar 1995 for olie og kondensat.

Olie (og kondensat)	mio. m ³	PJ
Igangværende og besluttet indvinding	159	5835
Planlagt indvinding	5	184
Mulig indvinding	73	2679
Reserver total	237	8698
<i>Yderligere potentiale</i>	<i>18-51</i>	<i>661-1872</i>

usikre skøn (til og med mulig indvinding), svarer til 25 års forbrug.

Forløbet for olieproduktionen bør ikke opfattes som en øvre grænse for den mulige danske produktion. Som nævnt kan resultaterne af den igangværende efterforskning resultere i yderligere produktionspotentiale. Desuden er der et yderligere potentiale for produktion i takt med udvikling af mere effektive og/eller billigere indvindingsmetoder og udstyr.

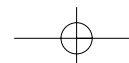
Udviklingen i det danske olieforbrug

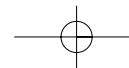
Det danske olieforbrug har set i forhold til det totale energiforbrug i Danmark siden 1973 været støt faldende. Forbruget i 1973 var på 759 PJ, svarende til over 90% af det totale energiforbrug. En stor del af el- og varmeproduktionen var dengang baseret på olie. Det danske olieforbrug var i 1994 faldet til 355 PJ, hvilket svarer til lidt over 40 % af det totale energiforbrug. Mere end halvdelen af olien forbruges i dag i transportsektoren.

Danmarks fremtidige olieforsyning

Der er udsigt til, at den danske olieproduktion på længere sigt vil falde, og efter år 2025 sandsynligvis vil være relativt begrænset, evt. helt udfaset. Det danske olieforbrug forventes frem mod år 2005 umiddelbart at stige relativt svagt fra det nuværende niveau. Det vil derfor være nødvendigt at supplere og senere erstatte den egenproducerede olie med importeret olie.

Af den aktuelle danske olieproduktion eksporteres 2/3 og kun den sidste 1/3 raffineres i Danmark, så de danske forbrugere er i forvejen afhængige af import af specielt de lidt dyrere olieprodukter. Danmarks totale raffinaderikapacitet er på 11 mill. tons årligt, svarende nogenlunde til





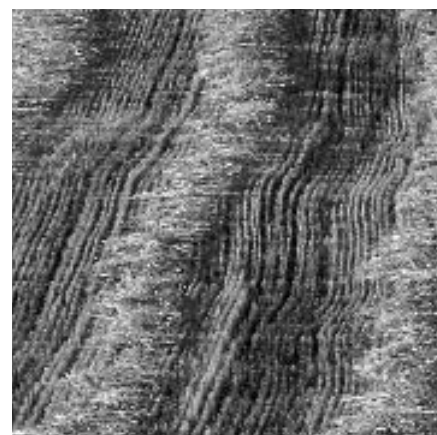
det samlede forbrug. Der er et overskud af svær fuelolie, efter at forbruget heraf er blevet reduceret kraftigt. Hidtil har der været underskud af især jetbrændstof og benzin, som der derfor er nettoimport af. Denne situation kan dog ændres efter udvidelsen af raffinaderiet i Kalundborg.

Alt i alt er der som for råoliens vedkommende såvel en betydelig import som en betydelig eksport af olieprodukter.

For landets samlede forsyning med olieprodukter er det mindre væsentligt, om raffineringen foregår i eller uden for Danmark, idet manglende produktmængder under praktisk talt alle forhold vil kunne importeres.

I et markedsorienteret system er spørgsmålet om sikring af forsyningerne et pris- og betalingsbalanceproblem snarere end en opgave vedrørende fremskaffelse af de ønskede mængder.

På baggrund af de tidligere oliekriser blev der inden for rammer af IEA (det Internationale Energi Agentur) oprettet en krisefordelingsordning til indsættelse i tilfælde af en væsentlig afbrydelse af olieforSyningerne til medlemslandene. Alle IEA-lande har således forpligtiget sig til at opretholde minimumslagre svarende til 90 dages nettoimport.



Globale oliereserver :

- Med en global produktion i 1994 på 3,5 mia. m³ rækker de påviste oliereserver til 45 års forbrug med det nuværende globale olieforbrug.
- Af de påviste oliereserver er 65 % koncentreret i Mellemøsten, og da de her udnyttes langsommere end oliereserverne i andre områder, kan det forudsiges med stor sikkerhed, at verden i stigende grad vil blive afhængig af mellemøstlig olie.
- Ud over de påviste reserver er der et stort antal forekomster, som stadig er under vurdering. Hertil kommer de såkaldte ukonventionelle olieforekomster, såsom olieskifer, tjæresand og orimulsion.

5.4 Naturgas

Indledning

Det internationale gasmarked er karakteriseret ved i høj grad at være opdelt i regionale markeder. Handelsforbindelserne mellem regionerne er begrænsede, omend i vækst. Der er således anlagt flere gasrørledninger fra Nordafrika til Europa og fra Sibirien i Rusland til Europa. Yderligere

TABEL 5.2

Reserveopgørelse pr. 1.januar 1995 for naturgas.

Naturgas	mia. Nm ³	PJ
Igangværende og besluttet indvinding	126	4989
Planlagt indvinding	1	40
Mulig indvinding	51	2020
Reserver total	178	7049
<i>Yderligere potentiale</i>	<i>25-71</i>	<i>990-2812</i>

ledninger er under anlæg eller overvejes anlagt. Kun 16 % af verdens totale produktion af gas handles internationalt.

Det danske naturgasmarked blev først opbygget i Sydjylland, begyndende med gasleverancer fra Tyskland i 1982-83. De første gasleverancer fra DUC's felter i Nordsøen begyndte i 1984. Samtidig indledte DONG eksport af naturgas til Tyskland og i 1985 også til Sverige. Siden er det danske naturgasnet udbygget til et næsten landsdækkende distributionsnet, og naturgas udgør i dag 14 % af det samlede danske energiforbrug.

De danske naturgasreserver

De samlede naturgasreserver fremgår af tabel 5.2.

De angivne gasmængder afviger fra de mængder, som kan markedsføres, idet differencen udgøres af et forbrug på 10 - 15%, som anvendes på platformene i forbindelse med produktionen.

Det skal understreges, at der i lighed med oliereserverne er en vis usikkerhed forbundet med reservevurderingen, specielt kategorien *mulig indvinding*. Den nuværende årlige danske gasproduktion udgør knap 5 mia. m³, svarende til ca. 200 PJ. Det samlede indenlandske forbrug i øjeblikket udgør 114 PJ naturgas.

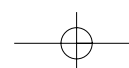
Som for olien er der et yderligere indvindingspotentiale, såfremt der gøres kommercielle fund i endnu ikke anberede strukturer. Ligeledes vil en teknologisk udvikling kunne resultere i en yderligere indvinding. Dette yderligere potentiale er opgjort til at ligge mellem 25 og 71 mia. Nm³. Skønnet er forbundet med stor usikkerhed.

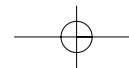
Udviklingen i naturgasforbruget

Det samlede forbrug af naturgas i Danmark voksede fra et relativt lille forbrug i begyndelsen af 1980'erne ved starten af naturgasprojektet, til omkring 80 PJ i begyndelsen af 1990'erne. I 1994 var forbruget som nævnt vokset til 114 PJ.

Pr. 31. maj 1995 har DANGAS indgået kontrakter, incl. eksportafsætning på op til 7,5 mia. Nm³ pr. år, svarende til ca. 300 PJ. Leveringen af disse mængder er sikret indtil 2006 i forbindelse med den i 1993 indgåede gaskøbskontrakt med DUC. Fordelingen på indenlandsk marked og eksport er vist i tabel 5.3.

På det indenlandske marked ventes i de nærmeste år en forøgelse af naturgasforbruget til industriel kraftvarme og større elværker.





TABEL 5.3

Oversigt over indgåede naturgaskontrakter pr. 31. maj 1995

Naturgaskontrakter.	Årlig afsætning mia. Nm ³
Indenlandske marked, excl. elværker	3,2
Elværker	0,9
Eksport	3,4
I alt	7,5

128

Kilde: DANGAS

Gaseksporten

DANGAS' kontrakter med de tyske selskaber *Ruhrgas* og *BEB* omfatter mængder på 2,5 mia. m³ pr. år i perioden 1997-2012. I den seneste aftale med Ruhrgas/-BEB fra 1993 er der indbygget en mulighed for mod varsling at trække op til 700 mio. m³ af eksporten tilbage fra år 1999 i det omfang, der måtte blive brug for gassen på det danske marked.

Eksporten til Sverige blev etableret på baggrund af en regeringsaftale fra 1980. Ifølge regeringsaftalen skulle det svenske marked forsynes med naturgas fra den danske del af Nordsøen.

DANGAS har indgået eksportaftaler med det svenske selskab *Vattenfall Naturgas* om leverancer på op til 1,1 mia. m³ pr. år frem til 2003, herefter 0,6 - 0,7 mia. m³ pr. år frem til 2006 og endelig 0,4 - 0,5 mia. m³ pr. år i perioden 2007 - 2010.

Det svenske marked har imidlertid i den senere tid ikke været i stand til at aftage de kontraherede mængder. Eksporten til Sverige udgør således godt 800 mio. m³ på årsbasis. DANGAS og Vattenfall Naturgas forhandler om en tilpasning af leverancerne til Sverige. Det forventes, at eksporten til Sverige vil ligge på godt 800 mill. m³ pr. år i de kommende år. Der er for tiden ikke andre leverandører til det svenske marked.

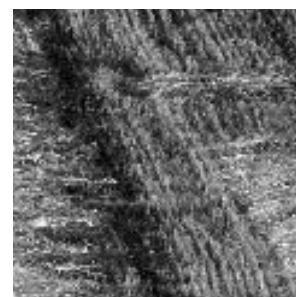
Udviklingsforløb for naturgasforbruget og forsyningen med naturgas

DUC's koncession og eksportaftalerne til Tyskland udløber i 2012. Produktionen af naturgas er i dag umiddelbart bundet til de indgåede aftaler mellem DUC og DANGAS.

Fremskrivninger af naturgasproduktionen adskiller sig fra fremskrivninger af olieproduktionen. Naturgas er en overvejende regional handelsvare, hvorimod olien handles globalt. Gassen afsættes på denne baggrund i henhold til indgåede kontrakter. Det er derfor vanskeligt at angive egentlige fremtidige produktionsprofiler for gassen. I det følgende er der derfor alene tale om skøn baseret på forventninger til forbruget, og hvad der er teknisk muligt.

Det vurderes, at der på grundlag af et forsigtigt skøn - på basis af igangværende, besluttet og planlagt indvinding - vil kunne produceres 7,5 mia. m³ gas årligt fra Nordsøen indtil år 2006, hvorefter produktionen gradvist vil falde. Hvis de mulige indvindinger indregnes, kan en årlig produktion på omkring 7,5 m³ pr. år opretholdes yderligere nogle år frem.

Det skønnes, at det ved yderligere investeringer i infrastrukturen, er muligt at øge naturgasleverancerne udover de 7,5



mia. m³ fra årtusindeskiftet. Kapaciteten i rørledningerne til land udvides for nærværende til 24 mill. m³ pr. dag svarende til en årlig mængde på 8,8 mia. m³.

På baggrund af forventningerne til efterspørgslen på det danske marked og med de indgåede eksportkontrakter, ventes DANGAS's samlede afsætningsmuligheder at nå op på 8-9 mia. m³ årligt fra omkring år 2000. Den danske naturgasproduktion forventes umiddelbart at stige fra i dag knap 5 mia. m³ til et niveau på omkring 7,5 mia. m³ fra 1997-98. Når de danske ressourcer er tømt, vil der opstå et behov for import af gas.

Med henblik på at bidrage til den langsigtede forsyningsikkerhed med naturgas til det danske marked fremsatte miljø- og energiminister Svend Auken og Norges nærings- og energiminister Jens Stoltenberg i foråret 1995 en *fælleserklæring om et langsigtet norsk-dansk samarbejde på naturgasområdet*.

Fælleserklæringen åbner på længere sigt mulighed for eksport af norsk naturgas til Danmark og erklæringen understreger, at konkrete forhandlinger om mulige gasleverancer mellem de involverede norske og danske gasselskaber må foregå på kommercielle vilkår.

Konklusioner

På basis af de umiddelbare forventninger til det fremtidige forbrug samt forventninger til egenproduktionen af naturgas konkluderes, at der inden for en begrænset periode vil opstå et behov for en supplerende import af naturgas. Behovet vil afhænge af naturgasafsætningen på det indenlandske marked samt naturgasreservernes størrelse og en eventuel mulighed for fremrykning af produktionen.

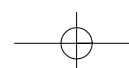
Tager man udgangspunkt i de eksisterende, indgåede kontrakter vil det med den nuværende gaskøbsaftale være muligt at imødekomme efterspørgslen ihvertfald indtil år 2006.

Hvis man i stedet forudsætter en indenlandsk forbrugsstigning lidt udover det nuværende forbrugsniveau, vil der omkring årtusindeskiftet være et "udækket" behov, som skal dækkes. På længere sigt vil der formentlig være behov for import af gas til dækning af forsyningen på det danske marked, og etablering af en ny forsyningsforbindelse kan komme på tale.

129

Globale gasreserver:

- Verdens naturgasreserver er med udgangspunkt i den globale produktion i 1994 opgjort til at række i 66 år ved uændret produktion.
- Verdens største reserver findes i Rusland med 34 % af de globale reserver. Mellemøsten tegner sig for 32 % af de globale reserver.
- Der er påvist store gasreserver relativt tæt på Danmark - i Norge og Rusland.



Det europæiske gasmarked

Det samlede forbrug af naturgas i Vesteuropa har været stærkt stigende i de seneste 10 år. Forbruget forventes fortsat at stige i de kommende år og *Det Internationale Energi Agentur* skønner således, at forbruget i de europæiske OECD-lande vil stige 50 % i perioden 1992-2010.

De vest-europæiske lande vil i stigende grad blive afhængige af import af naturgas, bl.a. fra Rusland og Algeriet samt på sigt muligvis også fra andre tidligere SNG-lande. *EU-Kommissionen* skønner, at importen af naturgas til EU-landene vil stige fra i dag knap 40% af det samlede forbrug til omkring 60% i 2010 og 75 % i 2020.

I fremtidens europæiske gasmarked vil prissætningen formentlig være præget af to modsatrettede udviklingstendenser. På den ene side vil gassen i stigende omfang skulle hentes langt væk fra forbrugerne, hvilket kan medføre større omkostninger til transport af gas. På den anden side må det forventes, at en udvikling med et mere fintmasket gasnet med mange leverandører, samt åbning af de europæiske gasmarkeder kan føre til lavere forbrugerpriser som følge af forøget konkurrence.

Danmark er allerede i dag en del af det europæiske gasmarked. Derfor vil priser og øvrige vilkår for leverancer til Danmark afspejle den til enhver tid værende situation på det europæiske marked.

Leverandører til Danmark.

Ved køb af naturgas fra *Norge* tegner der sig umiddelbart flere alternative muligheder.

En mulighed er, at Danmark får naturgas fra de norske felter via Emden i Tyskland og videre gennem Nordtyskland til Danmark. Kapaciteten i nordgående retning er imidlertid på nuværende tidspunkt kun på ca. 1,6 mia. m³ pr. år. Ved import udover dette niveau vil der skulle

foretages investeringer i en udbygning af kapaciteten.

En anden mulighed er etablering af et nyt ledningssystem, der forbinder de norske felter med Danmark med henblik på forsyning af det danske marked - og eventuelt et nordisk marked. På længere sigt vil et sådant ledningssystem også kunne fungere som transitmulighed for norsk gas til kontinentet.

En af de alternative muligheder er, at føre norsk gas til Danmark via det tilslutningspunkt, der allerede er etableret på den norske-tyske Europipe-ledning. Fra dette tilslutningspunkt kan der etableres en rørledning til Tyra-feltet, hvorfra den eksisterende gasrørledning til land udgår, eller en rørledning direkte til behandlingsanlægget i Nybro.

En anden mulig leverandør er *Rusland*, der råder over verdens største gasreserver. Rusland leverer allerede i dag gas til det europæiske marked svarende til ca. 20 % af forbruget i Europa. Gas fra Rusland føres i dag frem til Tyskland via Polen. Det vil således være forholdsvis enkelt at føre gassen videre til Danmark.

Holland og Storbritannien har relativt store gasreserver, men umiddelbart er eksportmulighederne herfra begrænsede. På sigt kan en række tidligere SNG-lande og fx. Iran muligvis komme på tale som leverandører til det europæiske marked. Dog er det næppe sandsynligt, at disse lande vil udgøre faste leverandører til det danske marked.

Naturgaslagre

I takt med de stigende leverancer, og en øget deregulering og konkurrence på gasområdet i Europa, vil behovet for fleksible løsninger på distributionsiden stige.

Desuden er der behov for at kunne imødegå sæsonsvingninger i forbruget. I Nordeuropa forbruges ca. 2-3 gange så meget gas i vintermånederne som om

sommeren. I Danmark er der i dag en lagerkapacitet på omkring 10 % af det årlige forbrug.

Vurderingerne af det nødvendige lagerbehov er bl.a. baseret på en forudsætning om kun én forsyningsforbindelse til Danmark. Såfremt der etableres en yderligere uafhængig forsyningsvej til det danske marked, fx. gennem etablering af en forbindelse til de norske felter eller en forstærkning af forbindelsen til Tyskland, således at Danmark kan forsynes sydfra, vil behovet for nødforsyninger blive reduceret. Der vil dog fortsat være et lagerbehov med henblik på sæsonudjævning. De tekniske forhold omkring lagre er nærmere beskrevet i kapitel 6.

5.5 Vedvarende energi

Indledning

Historisk set har vedvarende energikilder spillet en betydelig rolle i energiforsyningen, omend de fossile brændsler i nyere tid har overtaget hovedparten af forsyningen.

I de senere år er forbruget af vedvarende energi dog vokset og flere vurderinger, både nationalt og internationalt peger på et meget betydeligt potentiale fra de vedvarende energikilder.

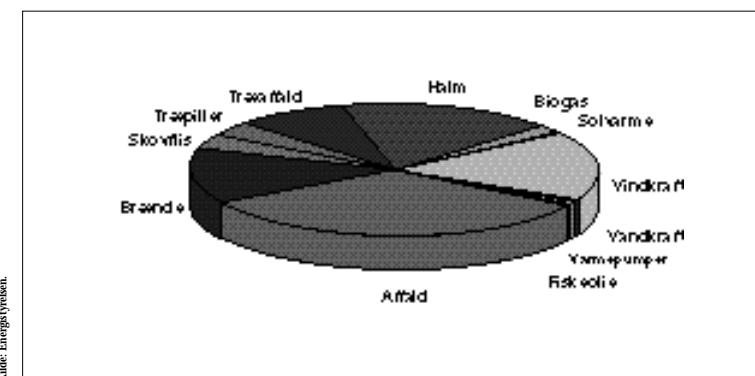
I dag sker produktionen af elektricitet fra vedvarende energikilder primært ved vindmøller og kraftvarmeproduktion på biomasse. Varmeproduktionen fra vedvarende energikilder er især relateret til biomasse og i et beskedent omfang også til solvarmeanlæg. (Betegnelsen biomasse inkluderer brændbart affald).

I Danmark blev der specielt efter fremlæggelsen i 1990 af *Energi 2000* igangsat en række initiativer med henblik på at øge udnyttelsen af vedvarende energi.

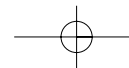
For at forstærke indsatsen fremlagde Regeringen i november 1995 en række nye tiltag i redegørelsen *Vedvarende energi - Nye initiativer*. Gennem disse tiltag er det hensigten, at understøtte udbygningen med vindkraft både på land og på havet. Dette skal ske ved bl.a. nye tilslutningsregler, yderligere udbygning i elværksregi, opfølgning på kommunernes vindmølleplanlægning og informationskampagner. De nye tiltag sigter desuden på at øge anvendelsen af biogas og lossepladsgas samt at forbedre mulighederne for solvarme.

Til trods for en række økonomiske, tekniske og organisatoriske barrierer er forbruget af vedvarende energi voksende og udgør i dag knap 8% af det samlede energiforbrug.

FIGUR 5.5
Fordeling af vedvarende energikilder 1994
(Baseret på opgørelse i brændselsækvivalenter)



Kilde: Energistyrelsen.



Fordelingen af det nuværende forbrug på de enkelte typer af vedvarende energikilder fremgår af omstående figur 5.5.

Oversigt over VE-potentialer

Mulighederne for udnyttelse af vedvarende energi er betydeligt større end den nuværende udnyttelse. Ser man bort fra en række begrænsninger bl.a. til arealanvendelse er potentialet af vedvarende energiresourcer meget stort.

Forudsætter man, at alle vindgode og vindacceptable arealer udnyttes uden hensyn til andre arealanvendelser, er der for *vindenergi på land* et maksimalt potentiale i størrelsesordenen 24 TWh/år (86 PJ/år) svarende til en effekt på 12.000 MW. Det maksimale potentiale for udnyttelse af *vindenergi på havet* er beregnet til at ligge i størrelsesordenen 100 TWh/år (360 PJ/år).

Med hensyn til udnyttelse af *biomasse* til energiproduktion viser beregninger, at under forudsætning af tilplantning af hele

Danmarks landbrugsareal med energiafgrøder vil der kunne opnås et samlet bioenergi-potentiale på 530 PJ/år i 2025. Forudsættes det, at der også skal finde en fødevareproduktion sted (selvforsyning), vil en tilplantning af det resterende landbrugsareal med energiafgrøder indebære et bioenergi-potentiale på 310 PJ/år.

Solenergi udgør fysisk set den største vedvarende energiresource i Danmark. Den årlige solindstråling i Danmark er ca. 150.000 PJ eller 180 gange det totale årlige energiforbrug her i landet. Alene solindfaldet på bygningernes tagarealer er af samme størrelsesorden som det samlede opvarmningsbehov, d.v.s. omkring 200 PJ/år.

I de danske farvande er der betydelige *bølgeenergiressourcer*, især i den danske del af Nordsøen.. Det maksimale bølgeenergi-potentiale skønnes at være 17 TWh/år (ca. 60 PJ/år).

Geotermisk energi er en langsomt fornyelig vedvarende energikilde, som består i udnyttelse af varmen i underjordiske

TABEL 5.4

Forbruget af biobrændsler fordelt på anvendelsesområder set i forhold til de tilgængelige biomasseressourcer, 1994.

(PJ/år)	Halm	Træ	Bio gas	Affald
Nuværende potentiale	46	21	31	25
Store værker	0,1	0,0	0,0	0,0
Små KV-værker	1,1	0,0	0,6	9,0
Øvrig fjernvarme	3,8	4,5	0,0	10,3
Indiv. opvarmning	4,2	8,9	0,0	0,7
Proces	1,4	4,9	1,0	0,0
Samlet forbrug:	10,6	18,3	1,6**	20
Til rådighed:	35,4*	2,7*	29,4	5

Anm. :

*) Af det angivne restpotentiale (Til rådighed) er ca. 15 PJ halm og ca. 2 PJ træflis allerede disponeret til energiformål som følge af Biomasseaftalen fra 1993.

**) Angivet for 1993.

vandlagre, der er opvarmet af jordens indre. De samlede geotermiske reserver i Danmark er opgjort til 103.000 PJ. Udnyttelsen er først og fremmest knyttet til varmeproduktion og det potentiale, der kan udnyttes, er skønnet til at være større end 100 PJ/år. De bedste muligheder for udnyttelse findes i Midt- og Nordjylland og på Sjælland.

De teknologiske forudsætninger for en øget anvendelse af en række af de vedvarende energikilder er tilstede i dag. Det gælder først og fremmest vindkraft, geotermi og udnyttelsen af solvarme, mens en markant øget anvendelse af biomasse og navnlig solenergi til elproduktion vil kræve yderligere teknologisk udvikling. Bølgeenergi befinder sig idag teknisk set på et udpræget forsknings- og udviklingsstadium med en udviklingshorisont på 20-25 år.

I vurderingerne af mulighederne for udnyttelse af de vedvarende energiresourcer må man tage hensyn til en række forhold, som i praksis reducerer den mængde vedvarende energi, som kan udnyttes.

Biomasse

Biomasse er en fornyelig ressource, som indgår i det naturlige stofkredsløb. Set i sammenhæng med drivhuseffekten er biomasse en vigtig energiresource, da biomassen ved forbrænding ikke frigiver mere CO₂ end der blev optaget under biomassedannelsen.

Biomasseressourcerne omfatter 2 hovedtyper: 1) Restprodukter fra land- og skovbrug, industri og husholdninger, d.v.s. halm, træ, brændbart affald, husdyrgødning, samt organisk affald fra industri og husholdninger, og 2) energiafgrøder, d.v.s. afgrøder fra jordbrug, som elefantgræs, raps, energikorn, pil m.v., der dyrkes med særligt henblik på anvendelse til energiformål.

Nyttiggørelsen af restprodukter er i de

senere år i stigende omfang søgt reguleret. Det er besluttet, at alt affald skal genanvendes eller afbrændes efter 1996, og at affaldsforbrændingen skal ske på kraftvarmeanlæg. Ligeledes er det jvf. "Biomasseaftalen" fra 1993 besluttet, at elværkerne successivt skal forøge anvendelsen af biomasse i de store kraftværksenheder. Herunder er det fastlagt, at der senest i år 2000 skal indfyres 1,2 mio. tons halm og 200.000 tons træflis.

Biobrændsler bidrager i dag med 50 PJ/år til energiforsyningen i Danmark.

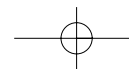
Forbruget af biobrændsler forventes at stige i de kommende år. De hidtil kendte planer og aktiviteter på biomasseområdet skønnes alene at ville medføre en stigning i anvendelsen af biobrændsler til knap 70 PJ/år.

Det nuværende biomassepotentiale til energiformål udgør ca. 120 PJ/år. Det vurderes, at det på kortere sigt vil være muligt at opnå en stigning i det samlede potentiale op til 150 PJ/år, og på længere sigt en forøgelse til op til 200 PJ/år. En sådan forøgelse på både kortere og længere sigt vil primært skulle være baseret på udnyttelse af energiafgrøder.

Dyrkning og anvendelse af energiafgrøder finder i dag kun sted i relativt beskeden målestok. Hvis energiafgrøder skal have øget betydning i fremtiden, skal de tekniske og økonomiske muligheder på området forbedres.

Det fremtidige potentiale for anvendelse af energiafgrøder er under hensyn til balancen mellem miljø- og naturhensyn og hensynet til energiproduktion opgjort til at være i størrelsesordenen 50-80 PJ/år baseret på anvendelse af et areal på 300.000-400.000 ha. omkring år 2025.

Sammensætningen af det mulige fremtidige biomassepotentiale til energiformål afhænger dels af de specifikke tekniske og økonomiske muligheder for pro-



duktion og anvendelse af de enkelte ressourcer og dels af de generelle rammer for udviklingen af biomasseområdet og afvejningen af forskellige interesser og miljøhensyn.

Afgrødevalg og produktionsmetoder i landbruget, braklægningsordninger, skovrejsning og udlægning af naturområder vil være blandt de faktorer, som har afgørende betydning for de fremtidige mængder af biomasse til energiformål.

En samlet vurdering af de biomasseressourcer, der årligt forventes at kunne være til rådighed til energiformål i Danmark fremgår af figur 5.6

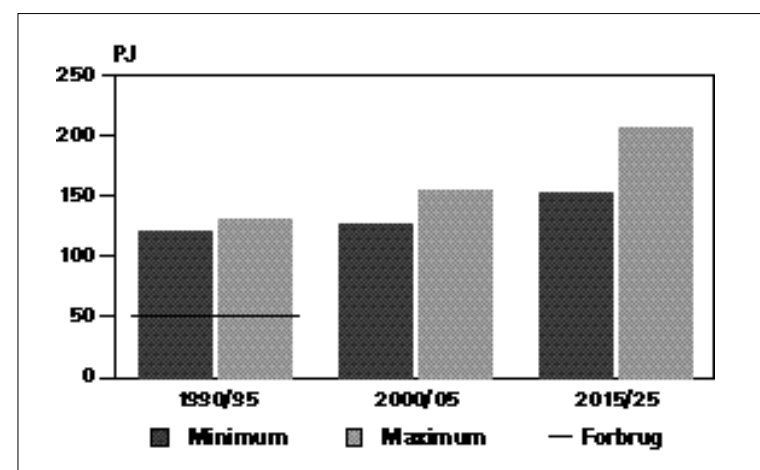
I vurderingen af biomassepotentialer til anvendelse til energiformål er udelukkende de indenlandske (danske) ressourcer medtaget. Biomasse kan i princippet, i lighed med fossile brændsler, handles på det internationale marked. Dette reducerer imidlertid CO₂-fortrængningen, fordi energiforbruget til transport øges.

Der er idag udviklet en række teknologier til udnyttelse af biomasse til energiproduktion, især til varme- og elektricitetsproduktion. En optimal anvendelse af bl.a. halm, træ og energiafgrøder i kraftvarmeanlæg kræver imidlertid en fortsat teknologisk udvikling af disse anlægstyper, og af dyrknings- og håndteringsformer m.v. for især flerårige energiafgrøder.

Biobrændstoffer til transport

Anvendelse af flydende biobrændstoffer i transportsektoren, fx. ethanol, methanol og biogas vil kunne reducere CO₂-emissionen betydeligt. En effektiv udnyttelse kræver fortsat teknologisk forskning og udvikling, og området indeholder visse muligheder på langt sigt, jvf. kapitel 4 om transport.

FIGUR 5.6
Biomassepotentialer



Kilde: Energistyrelsen

Vindenergi

Der findes betydelige uudnyttede vindressourcer i Danmark både på land og på havet. Den teknologiske udvikling har gjort vindmøllerne stadig mere effektive, og vindenergi kan på gode placeringer på land i mange tilfælde produceres til priser, der kan konkurrere med energi baseret på kul. Udnyttelse af vindressourcerne på havet kræver dog fortsat udvikling af tekniske løsninger, som kan billiggøre opstillingen af vindmøller, specielt med hensyn til fundering og nettilslutning

På land er der begrænsede vindgode arealer til rådighed, hvilket skyldes landets størrelse, den relativt høje befolkningstæthed, samt afsætning af arealer til andre formål eksempelvis skovrejsning, fuglebeskyttelsesområder, erhvervsudvikling m.v. De tilrådighed stående arealer kan udnyttes mere eller mindre intensivt. Ved opstilling af store vindmøller og udskiftning af små vindmøller til store, kan der opnås en større energiproduktion uden at øge presset for at finde nye arealer

TABEL 5.5
Potentiale for udnyttelse af vindenergi

Placeringsområde	Effekt i MW	produktion TWh/år
På land	1700* - 2500**	3,4 - 5,0
På havet	8000	15,0 - 18,0
I alt	9700 - 10500	18,4 - 23,0

Anm.

*) Incl. eksisterende kapacitet, kommuneplanindikation og tekniske landskaber.

**) Udnyttelsen af dette potentiale forudsætter udpegnings af en række områder, som i dag gennem regionplanerne ønskes friholdt.

Det er tidligere skønnet, at der ved udnyttelse af samtlige vindgode og vind-acceptable arealer, som i regionplanerne ikke er afsat til andre formål, kan placeres vindmøller svarende til ca. 2500 MW. Når der tages hensyn til landskabelige interesser m.v. reduceres udnyttelsesmulighederne. Kommunerne er i cirkulære nr. 21 af 28. januar 1995 blevet bedt om at tilvejebringe og fremlægge forslag til kommunale vindmølleplaner. Foreløbige analyser af kommunernes forslag til vindmølleplaner peger på, at der på landsplan er en rummelighed til opstilling af ca. 1000 MW med en forventet energiproduktion på 2,4 TWh/år (8,6 PJ/år). Hertil kommer den allerede installerede kapacitet på ca. 500 MW i 1994.

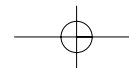
Det potentiale, som kan udnyttes afhænger dog af flere forskellige forhold bl.a., om der i de udpegede områder er tilstrækkelig gode vindressourcer, samt om der er områder, der tages ud ved den endelige vedtagelse af forslagene. Der kan i fremtidige planlægningsrunder også blive tale om at tage nye områder ind i planerne, da kommuneplanlægningen er en løbende proces.

Fremover vil vindmøllerne som hidtil fortrinsvis blive opstillet i det åbne land, men der vil også blive tale om at inddrage

placeringer i tekniske landskaber, som omfatter store industri- og havneanlæg, samt kraftværker. Med udgangspunkt i en opgørelse over store industrialanlæg i Danmark og opstilling af 1,5 MW vindmøller skønnes potentialet her at være i størrelsesordenen mindst 200 MW med en produktion på ca. 0,5 TWh/år.

På havet er der et meget betydeligt potentiale, som vil kunne udnyttes på mellemlangt og langt sigt. Miljø- og energiministeriets udvalg om havplacerede vindmøller har peget på fire større områder, hvor der ikke er knyttet andre myndighedsinteresser. Tilsammen har disse områder en rummelighed på 8000 MW installeret effekt svarende til en energiproduktion på 15-18 TWh/år eller 54-65 PJ/år. Vindkraft på havet vil med denne beregning kunne dække mindst 50 % af Danmarks nuværende elforbrug.

En fuld udnyttelse af det samlede vindenergi-potentiale som angivet i tabel 5.5 kræver bl.a. tilstedeværelse af en lang række planmæssige forudsætninger. På land kræver det en vilje til udpegnings af udstrakte områder til vindmøller i kommende region- og kommuneplaner, som vil medføre udnyttelse af det åbne land herunder af landskaber, som ikke i forvejen er præget af tekniske anlæg. På havet



TABEL 5.6
Samlet skønnet solvarmepotentiale

Anlægstype	Antal anlæg	Areal	Ydelse
indiv. anlæg	300.000	3 mio. m ²	6 PJ/år
kollektive anlæg	100	7 mio. m ²	10 PJ/år
solvægge	-	10 mio. m ²	5 PJ/år
nye ruder	-	50 mio. m ²	20 PJ/år
I alt	-	-	41 PJ/år

136

Anm. : Ekskl. udnyttelse af akkumuleret solvarme i varmepumpeanlæg.

kræves først og fremmest en reduktion af omkostninger ved opstilling af møllerne.

Solenergi

Solenergi bidrager i dag marginalt til Danmarks energiforsyning. Bidraget udgør for aktive og passive solvarmeanlæg i størrelsesordenen 0,2 % af landets bruttoenergiforbrug. Det nuværende bidrag fra solceller til elforsyningen er stort set lig nul.

Solindstrålingen kan udnyttes til varmeproduktion i (aktive) solvarmeanlæg og som varmetilførsel eller varmetabsreducerende element i bygningsintegrerede komponenter (passiv solvarme). Indstrålingen kan udnyttes til elproduktion i solcelleanlæg.

Solvarmeteknologien er i dag - især hvad angår individuelle anlæg - teknisk set veludviklede. En fuld udnyttelse af solvarme vil dog kræve yderligere udvikling og billiggørelse af bl.a. lagringsteknologier i forbindelse med anvendelse af solvarme til fjernvarme.

Den følgende vurdering af potentialet for udnyttelse af solenergi i Danmark tager udgangspunkt i en vurdering af de tilgængelige arealer for placering af solenergianlæg. Det skønnes, at det samlede solvarmepotentiale vil kunne udgøre 41 PJ/år, incl. en bedre udnyttelse af solindfaldet i bygninger ved installation af nye, varmetabsreducerende ruder (energiruder). Med større anvendelse af bygningsintegreret/passiv solvarme og større

TABEL 5.7
Potentialet for elproduktion fra solcelleanlæg

Arealudnyttelse (Samlet bebygget areal: 426 mill. m ²)	Solcelleydelse kWh/m ² pr. år	Samlet elproduktion PJ/år
10 %	100	12
25 %	100	30
10 %	200	24
25 %	200	59

TABEL 5.8
Danmarks vedvarende energiresourcer. PJ/år

	"begrænset" potentiale	udnyttelse i 1994
vindenergi		
-på land	12 - 18	4,2
-på havet	54 - 65	~0
biomasse	150-200 *)	50
solenergi		
-solvarme	40	0,2 **)
-solel	10 - 60	~0
bølgeenergi	< 60	~0
geotermi	>100	~0

137

Anm.:

*) I år 2015/2025.

**) Excl. bidrag fra solenergi som nyttiggøres i varmepumpeanlæg. Dette bidrag udgjorde 2,9 PJ i 1994.



udbygning med individuelle og kollektive solvarmeanlæg vil solenergiudnyttelsen kunne forøges til mere end det dobbelte.

Der er et stort potentiale for at udnytte akkumuleret solvarme via varmepumpeanlæg. Et varmepumpeanlæg er i stand til at udnytte vedvarende energi ved et lavt temperaturniveau i form af akkumuleret solenergi i udeluft, jord og vand. Eldrevne varmepumpers miljøvenlighed er snævert knyttet til den overordnede elproduktions sammensætning. Varmepumper kan drives af andre energikilder, f.eks. naturgas.

Langt hovedparten af landets nuværende 33.000 varmepumpeanlæg anvendes til forsyning af private boliger med varme og varmt brugsvand. Der er et potentiale for udnyttelse af flere og mere effektive varmepumpeanlæg.

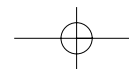
Potentialet for udnyttelsen af solenergi til elproduktion skønnes at være op til 12 - 59 PJ/år, afhængigt af i hvor høj grad tilgængelige arealer udnyttes og af udvik-

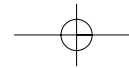
lingen i virkningsgraden for solceller.

Antages en udnyttelsesgrad på 10% - 25% af det samlede bebyggede grundareal vil den samlede elproduktion med dagens solcelleydelser (100 kWh/m² pr. år) være 12- 30 PJ/år. En større udnyttelse af solceller kræver, at der sker en markant forbedring af det nuværende pris/ydelsesforhold. Under forudsætning af udviklingen af solceller med den dobbelte ydelse vil elproduktionen være 24 - 59 PJ/år.

Solceller vil også kunne placeres fritstående på egnede arealer, som fx. rabatter langs veje og jernbaner, autoværn, brakmarker mv. Hermed vil det samlede potentiale kunne øges.

En beregning viser, at Danmarks nuværende elforbrug med dagens teknik vil kunne dækkes af solceller udlagt på et areal svarende til Langeland.





Bølgeenergi

Der er betydelige bølgeenergiressourcer i de danske farvande, især i den danske del af Nordsøen, men udnyttelsen afhænger af udvikling bølgeenergiteknologi.

Hvis det lykkes at færdigudvikle principperne i et dansk forsøgsanlæg vil et bølgekraftværk i Nordsøen med en installeret effekt på 330 MW kunne have en elproduktion på omkring 1,2 TWh/år (4,3 PJ/år). Det vil afhængig af andre arealinteresser, miljøhensyn m.v. være muligt at placere flere kraftværker af denne type i Nordsøen.

Udnyttelsen af bølgeenergi til energiproduktion befinder sig imidlertid i dag på et udpræget forsknings- og udviklingsstadium. Der er bygget og testet forsøgs-

anlæg flere steder i verden, herunder i Danmark (Hanstholm), men der er ikke bygget egentlige kommercielle anlæg af typer, som vil være relevante under danske forhold. Udviklingshorisonten skønnes at være mindst 20 - 25 år.

Geotermi

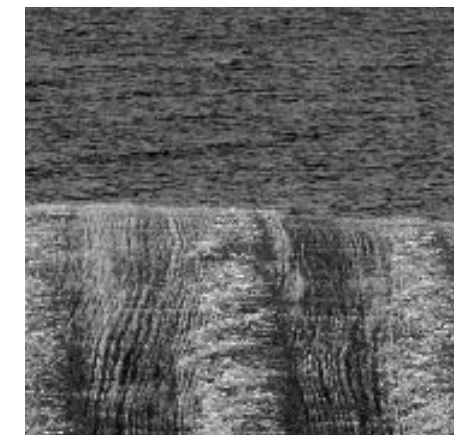
Geotermisk energi, som stammer fra Jordens indre, er en langsomt fornyelig energikilde, idet det tager 50-150 år at genopvarme et afkølet vandlager. De største reserver findes i Midt- og Nordjylland og på Sjælland. Potentialet for udnyttelsen af geotermisk energi i Danmark skal først og fremmest vurderes i forhold til mulighederne for at anvende geotermisk energi til

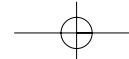
produktion af fjernvarme. Selv om de geotermiske reserver vurderes at være geografisk ulige fordelt, er der ingen rent tekniske hindringer for, at geotermisk energi fra et område vil kunne forsyne andre områder. Etablering af nye transmissionsledninger og nye lokale distributionssystemer vil således kunne øge afsætningsgrundlaget for geotermisk varme væsentligt.

Potentialet for geotermisk energi vurderes at være mindst 100 PJ/år, svarende til landets nuværende fjernvarmeforbrug. Når der tages hensyn til efterforskningsrisikoen og til de nuværende økonomiske forhold for udnyttelse af geotermi i forhold til f.eks. naturgas, kræves der p.g.a. de store anlægsomkostninger et stort var-

memarked for at udnyttelsen af geotermi vil være konkurrencedygtig. Vurderes potentialet for geotermi under disse forudsætninger vil der i dag være ca. 15 PJ/år, som kan udnyttes. Det kan stige til ca. 23 PJ/år, såfremt der bl.a. sker en øget udbredelse af lavtemperaturdrift af fjernvarmenet.

Teknologien til indvinding og udnyttelse af geotermi er i dag veludviklet. Der findes et mindre anlæg i drift i Danmark. DONG har siden 1983 haft enekonsession til at efterforske og indvinde geotermisk energi i Danmark. 1/3 af det uudnyttede område blev i 1993 tilbageleveret af DONG, og endnu 1/3 skal ifølge aftalen tilbageleveres i 2003.





6.

Energiforsyning og produktion



Dette kapitel omhandler forsyningen med el, varme og naturgas i Danmark. Formålet med kapitlet er at præsentere de eksisterende forsyningssystemer samt de fremtidige muligheder for øget effektivisering og miljøforbedring.

6.1 Sammenfatning

Det eksisterende system

Der er i de seneste godt 20 år sket væsentlige effektiviseringsforbedringer i energiforsyningen. Hovedparten af den indenlandske el bliver i dag produceret på store centrale værker med kraftvarmeudtag, mens en mindre del produceres på decentrale produktionsanlæg, - herunder bidrager vindkraft med godt 3,5% af den samlede elproduktion.

Fjernvarmeforsyningen sker i stigende grad som kraftvarme. I 1994 var 2/3 af fjernvarmeproduktionen baseret på kraftvarme. Der sker i disse år en voksende udbygning med decentral kraftvarme i form af omstilling af fjernvarmeverker og udbygning med industriel kraftvarme.

I fjernvarmesystemet er tilslutningen øget betragteligt de sidste 20 år, og der er i dag en gennemsnitlig tilslutning på 81% af opvarmningsbehovet i fjernvarmeområderne. Den øgede tilslutning har sammen med tekniske forbedringer reduceret varmetabet i fjernvarmenettene. Naturgasnettene forsyner en relativ stor andel af de potentielle villakunder i naturgasområ-

derne, og afsætningen til industrien kommer stadig tættere på den mulige afsætning. De fremtidige potentialer for yderligere udbygning af fjernvarme- og naturgasnet er begrænsede.

Den individuelle varmeforsyning (oliefyr, petroleumsovne, elvarme mv.) er som følge af den øgede tilslutning til fjernvarme- og naturgasnettene faldet til ca. det halve af niveauet i 1972.

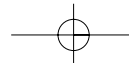
Fremtidige muligheder

Selvom der i de sidste 20 år er sket væsentlige ændringer i form af effektiviseringsforbedringer og reduktion af skadelige emissioner fra energiforsyningen, er der stadig yderligere muligheder inden for disse områder.

CO₂-reduktioner kan opnås ved skift til renere brændsler i produktionen, øget virkningsgrad, større udnyttelse af kraftvarme og vindkraft, solenergi mv. SO₂- og NO_x-emissioner vil i fremtiden reduceres parallelt med energibesparelserne og desuden kunne reduceres yderligere ved hjælp af nye rensningsteknologier.

Forbrændingsteknologier

Skift til renere brændsler i energiproduktionen har en markant virkning på CO₂-udledningen, men mulighederne er ikke ubegrænsede. Biomasse, specielt halm, er endnu vanskeligt og dyrt at anvende til kraftvarmeproduktion. Naturgas kan som det mest miljøvenlige fossile brændsel udgøre en umiddelbar miljøforbedring i



forhold til kul og indgå som brændsel i en overgangsperiode. Kul vil formentlig i en lang periode være det billigste brændsel til central kraftvarmeproduktion.

Teknologisk videreudvikling og anvendelse af kulstøvsfyrede anlæg vil i løbet af de næste 25 år kunne reducere CO₂-emissionen med knap 30% i forhold til i dag. Kulforgasning i kombination med brændselsceller vil kunne forbedre kulteknologien yderligere, men vil ikke kunne nå op på de samme elvirkningsgrader som naturgasteknologier. Naturgasbaserede brændselsceller i kombination med gasturbiner ventes i 2010 at opnå en elvirkningsgrad på ca. 70%.

Ved biomassefyring på større kraftvarmeverker kan man i dag opnå elvirkningsgrader i samme størrelsesorden som et nuværende gennemsnitligt kulværk, men pga. vanskeligheder med biobrændsler ventes forgasning af biomasse på sigt at give bedre resultater.

Vedvarende energikilder

Der findes allerede gode tekniske muligheder for øget anvendelse af VE i energiforsyningen, og inden for de næste 20 år ventes økonomien for teknologier som brændselsceller og solceller forbedret. El fra vindmøller med gode vindforhold kan i dag konkurrere med kulproduceret el, og udviklingen går i retning af lavere produktionsomkostninger. prisen for solceller er derimod stadig meget høj, men bl.a. udvikling og markedsføring af bygningsintegrerede solceller forventes at kunne sænke prisen.

Udnyttelse af bølgeenergi befinder sig i dag på eksperimentalstadiet. Kollektiv solvarme kan tænkes at spille en vis rolle som supplerende varmekilde i fjernvarmeforsyningen, evt. i forbindelse med et sæsonlager. Endelig kan eldrevne varmepumper være interessante i forbindelse med kraftvarmesystemer med store bidrag

fra vedvarende energi, idet sådanne anlæg i forbindelse med fjernvarmesystemer kan være med til at nyttiggøre kortvarige eloverskud fra f.eks. vindkraft.

Endelig råder Danmark over en stor reserve af geotermisk energi. Geotermisk energi vil kunne anvendes i store fjernvarmesystemer ved lave driftsomkostninger. Der kan imidlertid være risiko for, at investeringer i en boring tabes. Forudsat, at første boring er vellykket, vil geotermiske anlæg allerede i dag kunne konkurrere samfundsøkonomisk med andre kollektive forsyningssystemer.

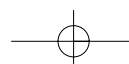
Systembetragtninger

De fremtidige tekniske muligheder for effektivisering og miljøforbedring af de traditionelle teknologier og brændsler er markante og vil kunne reducere miljøbelastningen fra el- og varmeproduktion en del.

Det er ikke muligt på forhånd at afgøre den bedst mulige indretning af energiforsyningen. Det afhænger af en lang række fremtidige prisrelationer, teknologisk udvikling, forholdet mellem udviklingen i el- og varmemarkedet, adgangen til begrænsede VE-ressourcer og meget mere. Dette taler for fleksible og robuste systemløsninger, der løbende kan tilpasses.

Den stigende vindkraftproduktion og øgede samproduktion af el og varme stiller nye krav til varme- og elsystemets regulering, hvor der bl.a. må findes løsninger til reduktion af eloverløb. Den teknologiske udvikling vil desuden føre til kraftvarmeanlæg med større elproduktion i forhold til et givet varmemarked, hvilket alt andet lige øger eloverløbet.

Samlet set ser det ud til, at udviklingen går i retning af decentralisering af forsyningssystemerne, flere forskellige produktionssteknologier, nye brændsler og en stigende afhængighed mellem de forskelli-



ge forsyningsformer. For at et fremtidigt forsyningsystem med flere mindre og forskellige enheder skal kunne spille sammen, stilles der større og delvis nye krav, dels til systemoptimering ved etablering af anlæg og dels til driftsoptimering. En af de store udfordringer bliver at forberede det eksisterende system på en løbende indpasning af nye teknologier. I dette perspektiv bliver naturgas en vigtig parameter som overgangsbrændsel.

6.2 Elforsyning

Elproduktion i Danmark foregår i dag primært på kulfyrede kraftvarmeværker, hvor hovedparten af de store elværker i dag ikke kun producerer el, men også varme til fjernvarmesystemerne. En mindre del af elproduktionen kommer fra en lang række mindre fjernvarmeselskaber og industrielle anlæg, som har etableret decentrale kraftvarmeværker hovedsageligt baseret på naturgas. Således er i dag ca. 1000 MW ud af en samlet installeret el-effekt i Danmark på ca. 10.000 MW baseret på decentrale værker.

Hertil kommer et stigende antal vindmøller med en samlet installeret vindmølleeffekt på godt 550 MW, hvoraf ca. 170 MW er ejet af elværkerne. Endelig udveksles der el med vores nabolande, og der har i en årrække traditionelt været tale om dansk nettoimport af el fra Norge og Sverige og nettoeksport til Tyskland.

Ældre udtjent kapacitet tages langsomt ud af drift, som illustreret i figur 6.1. I år 2015 vil kun godt halvdelen af den eksisterende kraftværkskapacitet være i drift. Med den udvikling kraftværksteknologien har gennemgået, er mange af de eksisterende anlæg allerede i dag teknologisk forældede, selv om de er fuldt funktionsdygtige og de bruges derfor bedst som

spidslastenheder. De ældre anlæg har desuden intet røggasrensningsudstyr. De ældre anlæg har således både højere driftsudgifter og højere udledninger af SO_2 , NO_x og CO_2 .

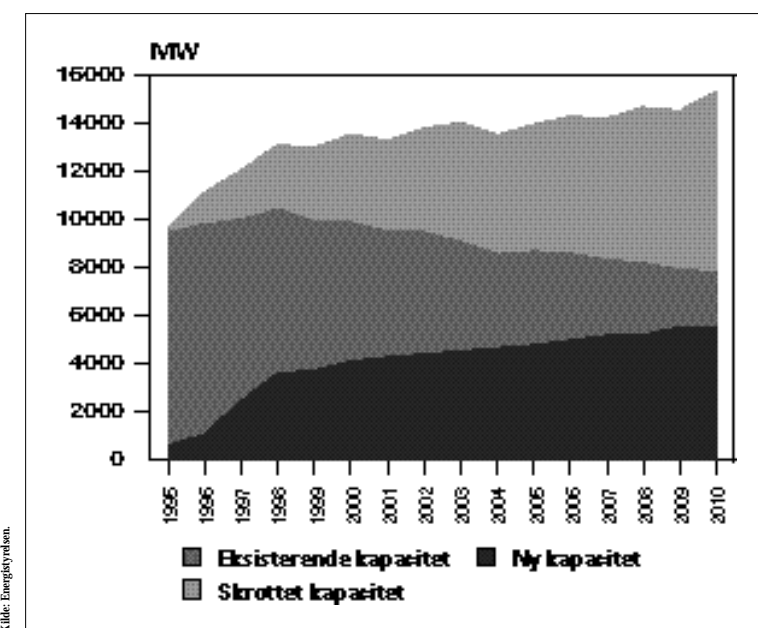
På landsplan er der i dag en overkapacitet på ca. 53%. Dette er incl. 20% overkapacitet, som selskaberne er forpligtiget til at opretholde af hensyn til den nationale forsyningsikkerhed. Udfasningen af ældre kraftværkskapacitet nedsætter med tiden overkapaciteten, og i 2003 vil overkapaciteten være nede på 20%, hvis elforbruget fortsat stiger.

Den indenlandske elproduktion i 1994 var på 38 TWh, hvoraf 90% foregik på centrale kraftværker. De resterende 10% af produktionen foregik på de decentrale kraftværker herunder vindkraftanlæg med 3,5% af den samlede pro-

Vindkraftinitiativer i Regeringens nye VE-pakke

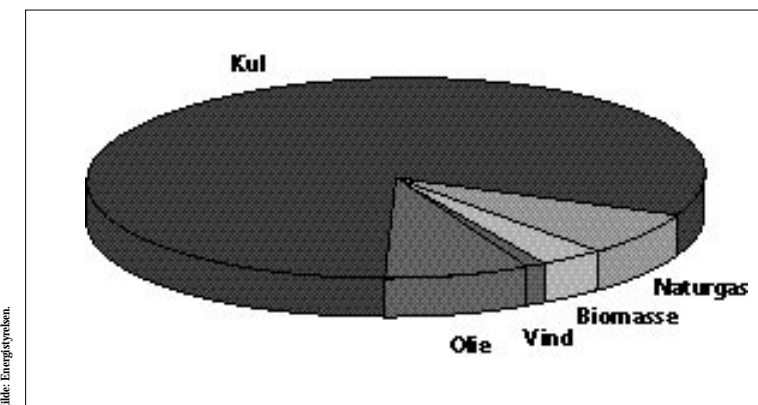
- Elværkerne skal fortsat spille en aktiv rolle for den planlagte vindmølleudbygning og pålægges at foretage yderligere udbygning på land. Sammen med Energistyrelsen skal der udarbejdes en handlingsplan for udbygning med vindmøller på havet.
- For at modvirke den stagnerende private vindmølleudbygning på land udarbejdes ændrede tilslutningsregler.
- Miljø- og Energiministeriet foretager i øjeblikket en opfølgning på kommunernes vindmølleplanlægning for at sikre, at der skabes det nødvendige antal placeringer til vindmølleudbygningen.
- Der gennemføres en informationskampagne om vindkraft, som bl.a. skal oplyse om vindmøllers miljø- og energimæssige betydning, mulighederne for god landskabsmæssig indpasning samt de beskæftigelses- og eksportmæssige fordele ved vindkraft.

FIGUR 6.1
Planlagt udfasning af udtjent kraftværkskapacitet



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 6.2
Brændselsforbrug til elproduktion 1994



Kilde: Energistyrelsen.

produktion. Der er således de seneste år sket væsentlige ændringer i produktionsformerne, og derudover er elvirkningsgraderne i løbet af de sidste 15 år steget fra 35% til 45% for de nyeste anlæg. Den gennemsnitlige elvirkningsgrad ligger i dag omkring 40%.

Figur 6.2 viser brændselsforbruget til elproduktionen. Andelen af kul er stadig forholdvis stor, men andre brændsler og forsyningsformer er på vej.

Organisation

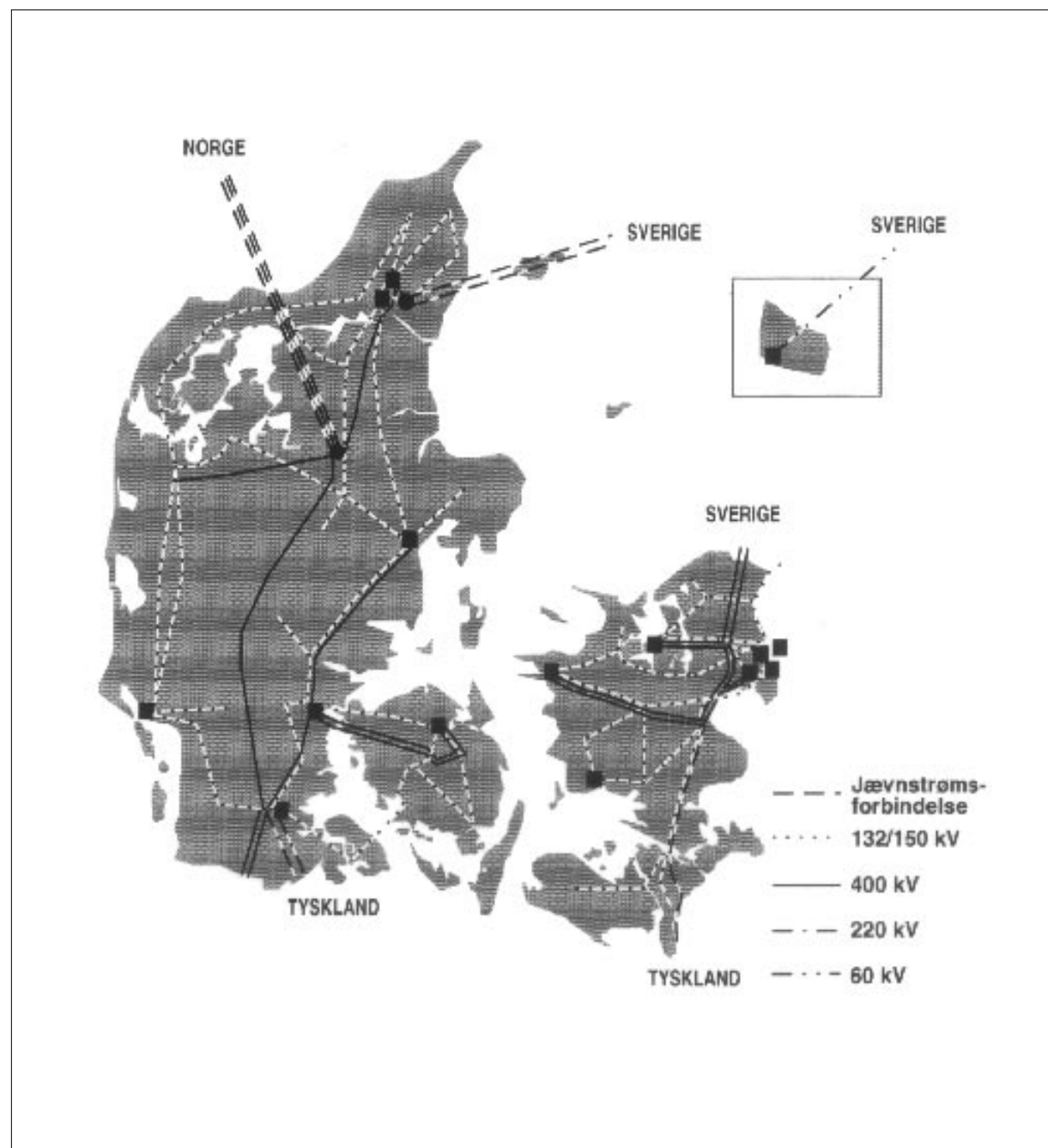
Strukturen i den danske elforsyning er adskilt i Vest- og Østdanmark; henholdsvis Elsams og Elkrafts forsyningsområder. Elsam og Elkraft er private selskaber ejet af produktionsselskaberne. Elsam og Elkraft varetager produktionsplanlægningen og den daglige driftsoptimering herunder driften af højspændingsnettet samt eludveksling med udlandet. Elsam og Elkraft ejer hver især det overordnede 400 kV-net og udlandsforbindelserne i deres område. produktionsselskaberne, der samarbejder i Elsam og Elkraft, ejes i begge områder af distributionsselskaberne.

I dag er der omkring hundrede selskaber af meget forskellig størrelse og konfiguration - interessentskaber, aktieselskaber, andelselskaber og kommunale selskaber - bundet sammen i et net af aftaler, vedtægter og bevillinger. Der var 11.600 ansatte i el-sektoren i 1994.

Figur 6.3 viser de store anlægs placering samt det overordnede transmissionsnet, herunder forbindelser til udlandet.

Stort set alle distributionsselskaber er i følge vedtægter forpligtet til at aftage el fra deres eget produktionsselskab. Produktionsselskabernes samarbejde i Elsam og Elkraft omfatter en puljekoekonomi. Herved sikres, at omkostningerne til samfundspålagte opgaver som for eksempel

FIGUR 6.3
Placering af anlæg, transmissionsnet og udlandsforbindelser



Kilde: Energistyrelsen.

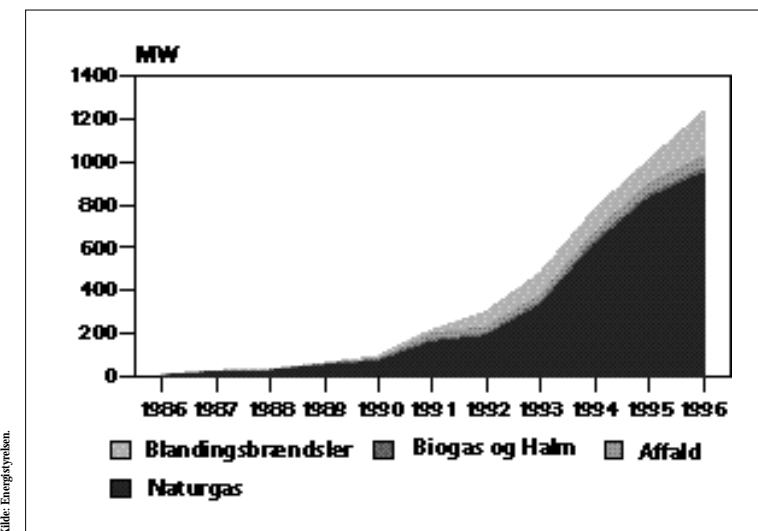
anvendelse af biomasse, etablering af vindkraft, kraftvarmeudbygning m.m. fordeles ligeligt på alle forbrugerne.

De mange nye decentrale kraftvarmeværker tilknyttet fjernvarmenettene er i Elsams forsyningsområde fortrinsvis ejet af de lokale fjernvarmeselskaber, hvorefter de i Elkrafts område i højere grad er ejet af eldistributionsselskaberne. De industrielle kraftvarmeanlæg er helt uafhængige af elselskaberne, hvilket også gælder for de private vindmøller.

6.3 Fjernvarmeforsyning

Kollektiv fjernvarmeforsyning er ud fra både et miljømæssigt og et samfundsøkonomisk synspunkt fordelagtig. Det er på produktionssiden en fleksibel varmeforsyningsløsning, og derudover er det muligt at udnytte overskudsvarme fra elproduktion.

FIGUR 6.4
Udbygning med decentral kraftvarme i perioden 1986 til 1996 fordelt på brændsler



Kilde: Energistyrelsen.

Oprindeligt opstod fjernvarmenettene i 1920'erne i de større danske byer, hvor der var mulighed for at udnytte overskudsvarme fra el-værkerne. Den kraftige fjernvarmeudbygning i 60'erne var hovedsageligt baseret på olie. Efter energikriserne i 1970'erne omstilledes mange fjernvarmeværker til kul. Op gennem 80'erne blev miljøhensynet efterhånden mere fremtrædende i bl.a. energiforsyningspolitikken. Med kraftvarmeaftalen i 1986 blev der taget hul på den decentrale kraftvarmeudbygning. 20. marts-aftalen fra 1990 (om øget anvendelse af kraftvarme, naturgas og andre miljøvenlige brændsler samt om eludbygningen i 90'erne), Energi 2000 samt den nye varmeforsyningslov fra 1990 har igangsat en planlægningsproces, hvorefter fjernvarmeværkerne skal omstilles til decentral kraftvarmeproduktion samt anvende miljøvenlige brændsler. Dog kan en række fjernvarmeværker fortsætte den nuværende biomassebaserede fjernvarmeproduktion, indtil der senest i begyndelsen af det næste årtusinde skal stilles om til biomassekraftvarme.

Fjernvarmeproduktionen dækker i dag knap 50% af energiforbruget til rumopvarmning mod 30% i 1972. 70% af fjernvarmeproduktionen er nu baseret på kraftvarme, og heraf udgjorde decentral kraftvarme i 1994 omkring 20%.

Udviklingen af decentral kraftvarme i fjernvarmeområder fremgår af figur 6.4. Omstillingen af fjernvarmeværkerne til decentral kraftvarme er nu i sin afsluttede fase. Indtil september 1995 er der etableret eller godkendt i alt 1150 MW. Med omstillingen af de resterende værker vurderes det, at den decentrale kraftvarmebaserede fjernvarmeproduktion frem mod år 2005 kan bidrage med ca. 1450 MW effekt, og det vurderes at CO₂-reduktionen herfra bliver på mere end 5 mio. tons årligt inden år 2005 i forhold til 1988. Dette svarer til omkring 8% af

CO₂-udledningen i 1988. 88 MW af den decentrale kraftvarme er godkendt i områder, der ligger i helt nye forsyningsområder (barmarkprojekter).

Udbygningen med industriel kraftvarme er blevet styrket de seneste år bl.a. med indførelse af et elproduktionstilskud. Frem til år 2005 forventes, som følge af grønne afgifter i erhvervslivet, udbygget op til 750 MW inklusive de 150 MW, som har eksisteret i en række år.

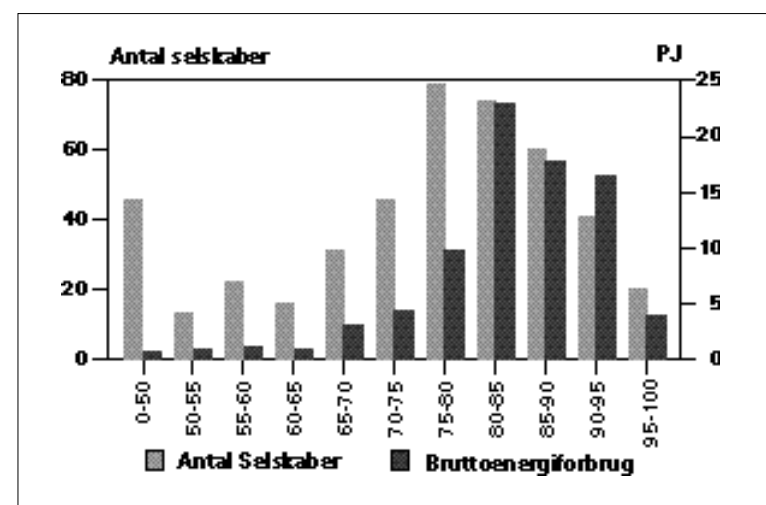
Tilslutning til fjernvarme

Ved forsyning med fjernvarme er der store energi-, samfundsøkonomiske- og miljømæssige fordele ved at øge brugertilslutningen til de etablerede kollektive forsyningsnet, fordi de eksisterende anlæg derudover bliver udnyttet mere effektivt.

Fjernvarmeselskaberne har imidlertid meget varierende tilslutningsprocenter, som det fremgår af figur 6.5. Den gennemsnitlige tilslutningsprocent er 81% udregnet på grundlag af bruttoenergiforbruget. Det bemærkes, at spredningen i tilslutningsprocent er forholdsvis stor. De store centrale forsyningsområder, har en meget høj tilslutningsprocent og hæver derfor gennemsnittet.

Mange steder har kommunerne i de senere år gennemført tilslutningspligt, hvor eksisterende forbrugere inden for en 9-årig periode skal tilsluttes fjernvarmenettet. Det sker bl.a. i forbindelse med etablering af nye net i kraftvarmeområder, hvor det har været en betingelse for at opnå etableringstilskud fra den såkaldte nettstilskudsordning, at der er vedtaget tilslutningspligt. Andre steder har der været iværksat kampagner for at øge tilslutningen til nettet, f.eks. i forbindelse med omlægning til kraftvarmeforsyning, hvor kraftvarmeverket ifølge reglerne skal

FIGUR 6.5
Tilslutningsprocenter og bruttoenergiforbrug i de tilsluttede fjernvarmeselskaber.



Kilde: DFE.

dimensioneres ud fra det totale antal potentielle forbrugere i forsyningsområdet. Såfremt fjernvarmeselskabet ikke søger for øget tilslutning, bliver den ofte store investering i det nye anlæg ikke udnyttet fuldt ud. Kommunerne har vedtaget tilslutningspligt for ialt 100 fjernvarmedistributionselskaber.

Alle blokvarmecentraler (virksomheder/offentlig/institutioner/boligkomplekser) over 0,25 MW beliggende i kollektivt forsynede områder (fjernvarme eller naturgas) og som anvender energi overvejende til opvarmningsformål, skal ifølge varmeforsyningsloven være tilsluttet fjernvarme/naturgas efter 1990. Et stort antal mindre blokvarmecentraler beliggende i de kollektivt forsynede områder er ikke omfattet af varmeforsyningslovens tilslutningskrav, og er ikke tilsluttet. Endvidere er der et stort antal erhvervsvirksomheder, hvor energianvendelsen overvejende går til procesformål, som ikke er tilsluttet de kollektive varmeforsyningssystemer.

Det forventes, at de nye grønne afgifter vil tilskynde både mindre erhvervsvirksomheder og procesvirksomheder, som også har et opvarmningsbehov, til at blive tilsluttet de kollektive systemer.

Den øgede nettilslutning har været med til at forbedre fjernvarmenettens effektivitet, da ledningstab er nogenlunde uafhængigt af den transporterede varmemængde. Derudover er der gennem de sidste år sket en række tekniske forbedringer af fjernvarmesystemerne, som har mindsket netttabene fra 25% i midten af 1970'erne til 20% i dag. Den danske udvikling af præisolerede fjernvarmerør er et af bidragene hertil, og ændrede reguleringsteknikker har endvidere nedsat energiforbruget til at pumpe fjernvarmevandet rundt i nettene.

På længere sigt kan anvendelse af additiver i fjernvarmevand, som nedsætter friktionstab (glat vand), få en vis udbredelse. Dette vil først og fremmest give mulighed for at reducere elforbruget til pumpning. I nogle tilfælde vil man endvidere kunne reducere temperaturniveauet i fordelingsnettene og således udnytte den øgede kapacitet, det glatte vand giver anledning til. Herved opnår man lavere varmetab fra ledningsnettene.

Organisation

Som det fremgår af kortet på fig 6.6, er den danske fjernvarmesektor opbygget af mange adskilte mindre forsyningsområder, med enkelte større sammenhængende forsyningsområder i de store byer. Sektoren er endvidere kendetegnet ved en lang række mindre fjernvarmeselskaber. Som det fremgår af nedenstående tabel, hører omkring 3/4 af fjernvarmeselskaberne til den kategori, der har et årligt varmesalg på under 100 TJ.

De store fælleskommunale transmissionselskaber blev dannet som interes-

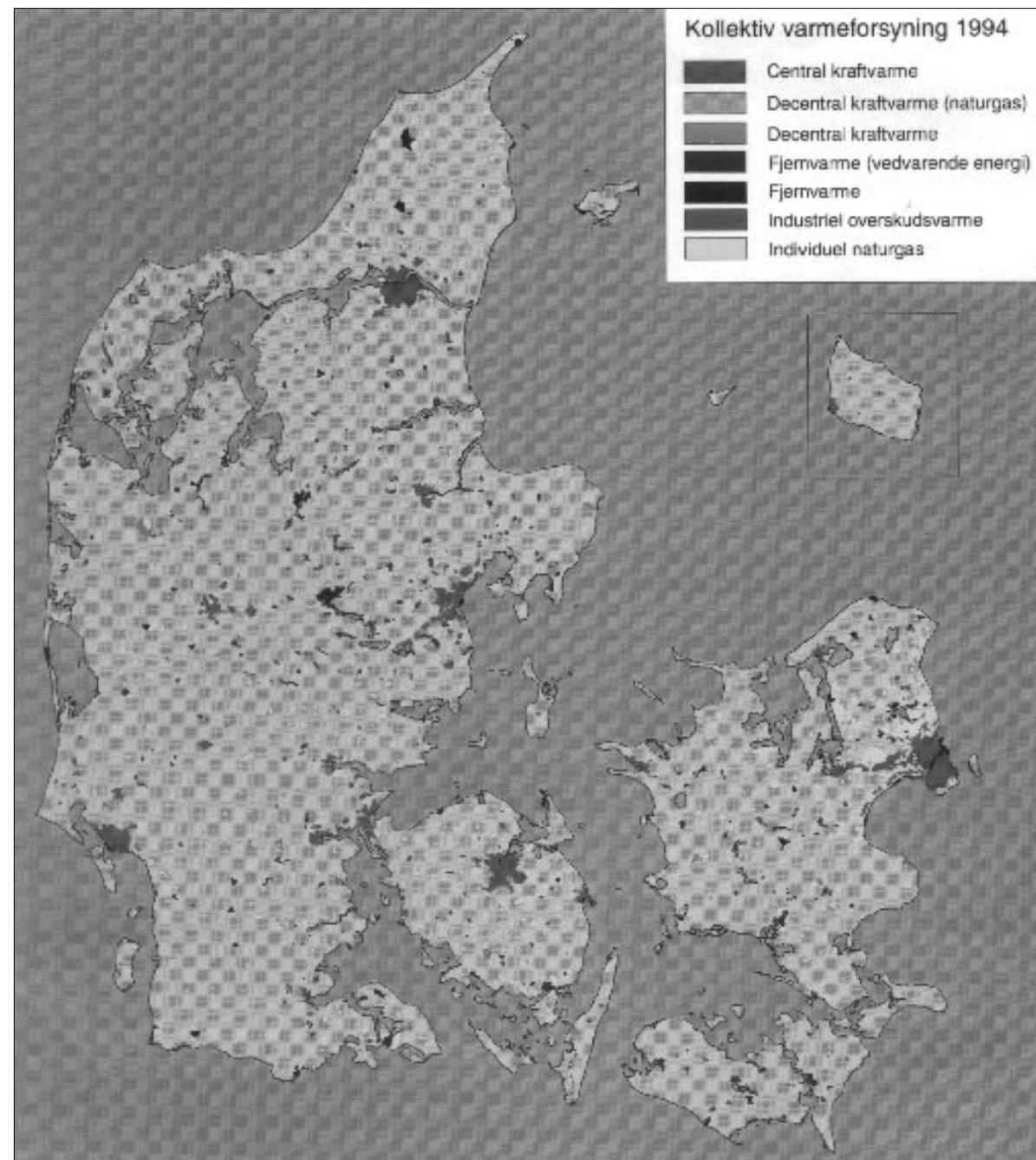
sentskaber i begyndelsen af 1980'erne. Selskaberne udbyggede de overordnede varmetransmissionsnet ved lånoptagelse. Disse selskabers økonomi har bl.a. været sikret via varmeplanlægning, afgifts- og tilskudspolitik. Derudover er brændselsbesparelsen og dermed fordelene ved samproduktion i de fleste tilfælde tilfaldet varmeforsyningsselskaberne indtil gælden er afviklet.

TABEL 6.1
Antal fjernvarmeselskaber fordelt efter størrelsen af det årlige varmesalg.

Årligt varmesalg (TJ)	Antal selskaber
Større end 1000	12
800 - 1000	2
600 - 800	6
400 - 600	15
300 - 400	11
200 - 300	15
100 - 200	60
Mindre end 100	313

De fleste af landets ca. 430 fjernvarmeselskaber varetager både varmeproduktion og varmeforsyning, men en del fjernvarmeforsyningsselskaber køber varmen hos en varmeproducent. Det kan f.eks. være hos et af de centrale elværker, en industrivirksomhed (overskudsvarme) eller et privatejet værk (f.eks. et landmandsejet biomasseværk). En del selskaber (især de større) er kommunalt ejede mens de resterende i de fleste tilfælde er medlemsejet gennem et A.m.b.a.

FIGUR 6.6
Forsyningsområder i fjernvarmesektoren

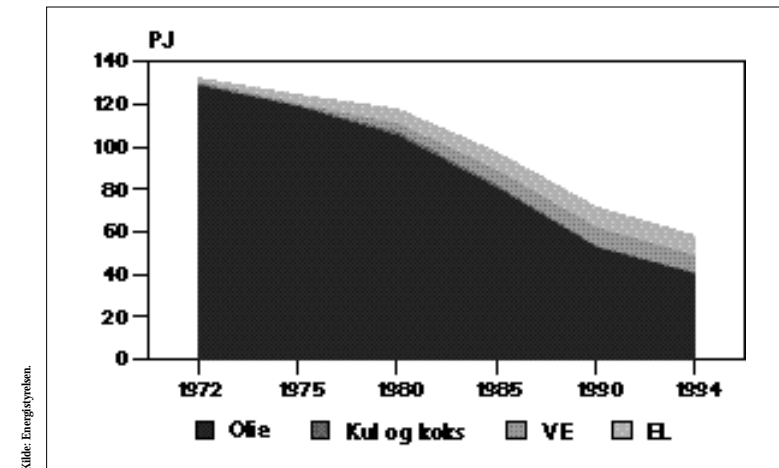


6.4 Individuel varmforsyning

Den individuelle varmforsyning omfatter individuel opvarmning i og udenfor de kollektive forsyningsområder. Uden for de kollektivt forsynede områder omfatter forsyning hovedsageligt fritliggende bygninger og mindre bysamfund, hvor de fysiske og økonomiske muligheder for kollektiv varmforsyning er meget begrænsede. Individuel naturgasopvarmning er behandlet under afsnit 6.5 om naturgasforsyning.

Som det ses af figur 6.7, er den individuelle varmforsyning til boligopvarmning faldet med godt 50% siden 1972. Dette er hovedsageligt som følge af udbygningen af naturgas- og fjernvarmforsyningen. Den individuelle varmforsyning har været domineret af oliefyr, men der er udover konverteringen til kollektiv forsyning i de senere år sket en stigning i biomasse samt i biogas (gårdanlæg), solvarme og elvarme.

FIGUR 6.7
Udvikling i individuel varmforsyning til rumopvarmning i perioden 1972 til 1994



Energistyrelsen har i samarbejde med el-, fjernvarme- og naturgasselskaberne undersøgt mulighederne for at fremme konvertering i de kollektivt forsynede områder. Det arbejde har endnu ikke ført til konkrete initiativer overfor elvarmekunder i fjernvarme- og naturgasområder.

For at forbedre forsyningsmulighederne i det åbne land er der for nylig etableret en tilskudsordning med støtte til omstilling fra elvarme til halmfyring, træfyring mv.

Om konvertering af elopvarmede bygninger

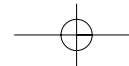
Omkring 150.000 bygninger ekskl. sommerhuse har elvarme som primær opvarmingskilde.

90.000 af de elopvarmede bygninger er beliggende i fjernvarme- og naturgasområder og de resterende 60.000 i områder uden kollektive forsyningssystemer. Elvarme dækker ca. 4 - 5% af det samlede varmebehov i Danmark og udgør 6% af det samlede elforbrug.

Anvendelse af elektricitet til opvarmning og varmt vand medfører et stort specifikt brændselsforbrug og en tilsvarende stor miljøbelastning. Omlægning fra elvarme til andre energikilder forudsætter investeringer i centralvarmeanlæg og fyr/varmeveksler. Over for dette står, at elvarmekonvertering medfører varige elbesparelser, sparede investeringer i ny elværkskapacitet samt betydelige CO₂-besparelser.

En omstilling af f.eks. 60.000 elopvarmede bygninger til fjernvarme og naturgas, skønnes at medføre en elbesparelse på ca. 1 TWh og en reduktion på 0,65 mio. ton CO₂ pr. år, svarende til 1% af den samlede CO₂-emission.

Fra 1. januar 1996 gives der tilskud til elvarmekonvertering i områder uden kollektive forsyningssystemer. Det forventes at knap 15.000 elopvarmede bygninger i løbet af en 5-årsperiode vil omlægges til



andre opvarmningsformer. Der er afsat 60 mio. kr. pr. år til tilskudsordningen.

6.5 Naturgasforsyning

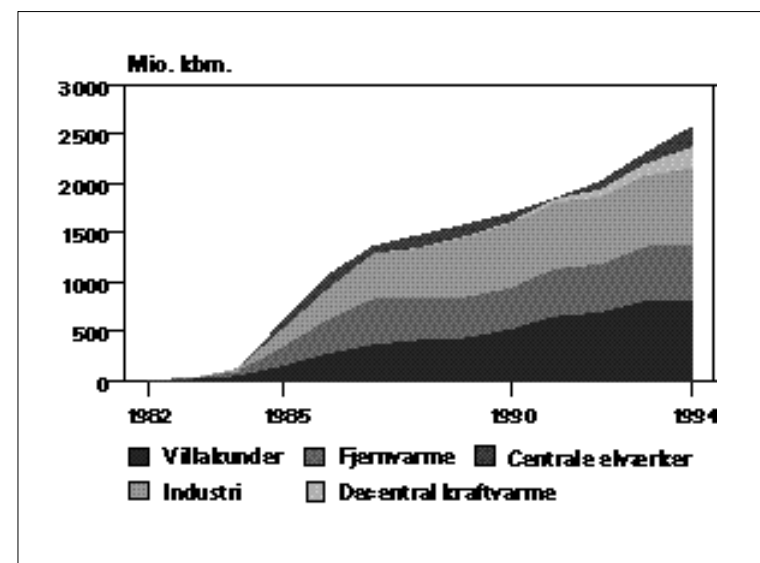
Naturgasforbruget er siden 1982 vokset til at udgøre 14% af bruttoenergiforbruget i 1994. Tilslutningen af henholdsvis villakunder, industri og fjernvarmeverker har udviklet sig parallelt og udgør i dag hovedparten af gasafsætningen. Naturgas har fået en stigende rolle i elproduktionen i decentrale kraftvarmeverker og centrale elværker, og en voksende andel af gasforsyningen til industrien anvendes til industriel kraftvarme.

Med 255.000 villakunder og andre mindre kunder har naturgasselskaberne opnået en markedsandel på 70% af de kunder, som bor i områder med naturgasforsyning. Gasselskaberne leverer 950 mio. m³ årligt til de store erhvervs-kunder hvilket svarer til op mod 80% af potentialet indenfor de eksisterende forsyningsområder. Hertil kommer 80 mio. m³ årligt, som industrien anvender på industrielle kraftvarmeanlæg. Endelig havde naturgasselskaberne medio 1995 aftaler om levering af 805 mio. m³ årligt til varmeproduktion på fjernvarmeverker og decentrale kraftvarmeverker samt 550 mio. m³ til elproduktion på de decentrale kraftvarmeverker.

Lagerudbygning

Et øget dansk naturgasforbrug gør det nødvendigt at udbygge DANGAS' lagerkapacitet. Naturgassen i Nordsøen produceres stort set jævnt hen over året, mens forbruget om vinteren kan være fem gange så højt som om sommeren. Det skaber et betydeligt behov for sæsonudjævning, hvilket er det ene formål med naturgas-

FIGUR 6.8
Naturgasafsætning fordelt på kundekategorier i perioden 1982 til 1994



Kilde: DANGAS

lagre. Det andet formål er at kunne sikre forsyningerne til kunderne i tilfælde af svigt i leverancerne eller rørbrud.

Den betydeligt øgede efterspørgsel efter naturgas medfører en stadig højere udnyttelse af kapaciteten i systemerne til produktion, transmission og distribution af naturgas. Flere af systemerne er i øjeblikket under udvidelse. Det gælder Dansk Undergrunds Consortiums produktionsanlæg i Nordsøen og DANGAS' anlæg på land til behandling, transport og lagring af naturgas.

De fleste af disse udvidelser er klar til drift fra vinteren 1996/97, hvor leverancerne fra Nordsøen øges til 7,5 mia m³ årligt. De planlagte udvidelser af selskabets eksisterende lagre i Ll. Torup og Stenlille vil få en kapacitet på henholdsvis 400 mio. m³ i Ll. Torup og 300 mio. m³ i Stenlille. Herudover har DANGAS behov for, at lagerkapaciteten skal udvides med yderligere 500 mio. m³, men det er endnu

ikke afgjort, hvor og hvordan denne udvidelse bedst kan gennemføres.

Organisation

DANGAS A/S er et datterselskab af Dansk Olie og Naturgas A/S. DANGAS har købt al den naturgas, der produceres i den danske del af Nordsøen. Naturgassen transporteres til land, behandles, oplagres og sendes videre rundt i landet samt eksporteres. På det danske marked sælger DANGAS til fem regionale distributions-selskaber, der er kommunalt ejede, og til Københavns og Frederiksberg kommuner. Herudover sælger DANGAS i fællesskab med de regionale distributions-selskaber naturgas til de store industrikunder og til decentrale kraftvarmeverker. DANGAS står alene for salget til store kraftværker.

Figur 6.9 viser placeringen af transmissionsfordelingsnettet i Danmark.

6.6 Tekniske muligheder for miljøforbedring ved energiproduktion

Selvom der de sidste 20 år er sket væsentlige ændringer i form af effektivitetsforbedring og reduktion af skadelige emissioner fra energiforsyningen, er der stadig store muligheder for at nedsætte miljøbelastningen. Mulighederne kan opdeles i 4 kategorier:

- Skift til renere brændsler
- Øget virkningsgrad
- Øget anvendelse af kraftvarme
- Anvendelse af vindkraft, solenergi m.m.

Nedenfor beskrives mulighederne for yderligere miljøforbedringer i energiproduktionen, opdelt på de 4 kategorier.



Skift til renere brændsler

De fossile brændsler har forskellige egenskaber, der har betydning for miljøvirkningerne. Aske- og svovlindhold, konsistens m.m. har betydning for, hvor bævarligt det er at anvende brændslet. Forholdet mellem brændslets indhold af kulstof, brint, ilt m.m. har betydning for CO₂-emissionen, som det ses i tabel 6.2.

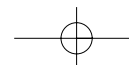
TABEL 6.2
CO₂-emission ved brug af forskellige brændsler.

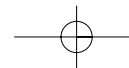
Brændsel	CO ₂ pr. GJ indfyret brændsel
Kul	95
Fuelolie	78
Gasoile	74
Naturgas	57
Halm, træ	0

Der bruges i dag omkring 300 PJ kul til elproduktion. Hvis det blev helt erstattet med naturgas - uden at ændre på værkerens virkningsgrader, ville det give en CO₂-besparelse på 11-12 mio. tons, svarende til stort set hele det reduktionskrav, der følger af den nationale CO₂-målsætning. Dette ville dog kræve store investeringer i naturgasnettet samt en betydelig gasimport.

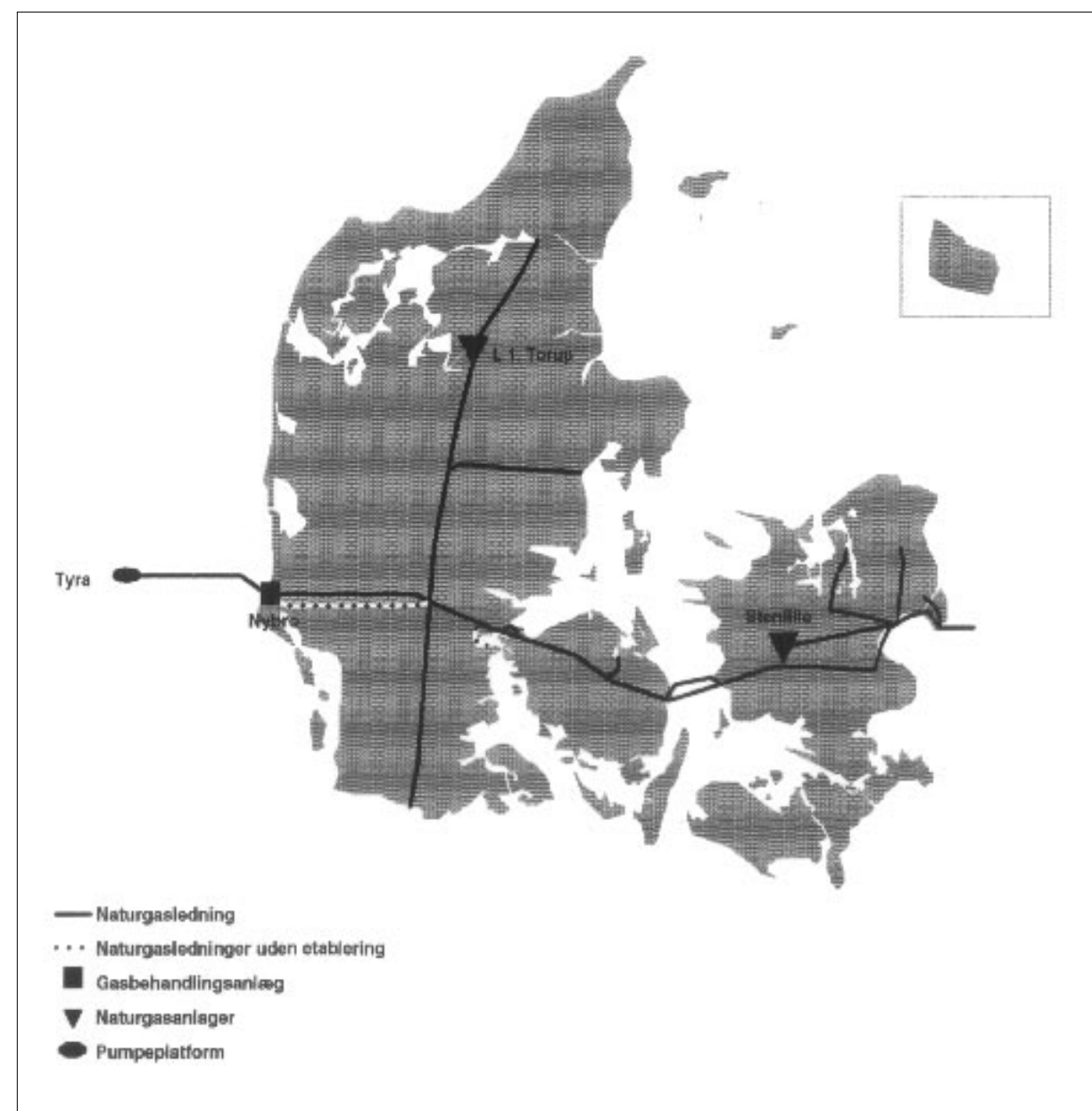
Blev hele kulmængden erstattet af biomasse, ville CO₂-reduktionen være 28-29 mio. tons. Imidlertid er det nuværende danske potentiale for udnyttelse af biomasse kun godt 120 PJ. Det fremtidige potentiale for anvendelse af energiafgrøder afhænger bl.a. af økonomiske forhold og forskellige arealinteresser.

Disse betragtninger viser, at brændsels-skift er et markant CO₂-virkemiddel, men at mulighederne ikke er ubegrænsede. Brug af biobrændsler giver den højeste





FIGUR 6.9
Naturgas transmissionsnettets placering i Danmark



154

CO₂-reduktion. Til gengæld er mange biobrændsler vanskelige og dyre at anvende i forhold til kul.

Brændselspriser

Kul har længe været det billigste brændsel til energiproduktion, og den hidtidige stabile prisudvikling tyder på, at dette vil vedblive at være gældende.

Naturgasprisen har hidtil været knyttet til olieprisen, som traditionelt har været det alternative brændsel. Den stigende anvendelse af naturgas til elproduktion har dog medført en tendens til at knytte gassen til kulprisen, når den anvendes til elproduktion. Generelt er langtidstrenden for naturgas- og olieprisen stigende.

Biobrændslerne er generelt dyrere end fossile brændsler, hvilket bl.a. skyldes, at fremskaffelsen af disse brændsler er arbejdsintensiv, og arbejds lønnen kan være høj. Derudover svinger biobrændselspriserne meget, både geografisk og tidsmæssigt.

Øget virkningsgrad

Generelt er luftformige og flydende brændsler ud fra et fyringsteknisk synspunkt lettere at have med at gøre end faste brændsler. Jo mere inhomogent et brændsel er, des sværere er det at have med at gøre, og det smitter af på virkningsgraden.

De kulstøvsfyrede kraftværker, der dækker hovedparten af elproduktionen, har i dag en elvirkningsgrad på i gennemsnit 40%. Det bedste anlæg har en elvirkningsgrad på 45%. Nordjyllandsværket, som er under opførelse, forventes at få en elvirkningsgrad på 47%. Ved kraftvarmeløsning har kulfyrede anlæg en totalvirkningsgrad på omkring 90%. Der forventes ikke væsentlige ændringer i totalvirkningsgraden fremover. På moderne anlæg

fjernes der i dag minimum 99,5% af flyveasken i filtre, og SO₂-udslippet reduceres i et afsvovlingsanlæg med omkring 90%. Også NO_x-emissionen kan reduceres væsentligt.

Videreudviklingen af kulstøvsfyrede anlæg vurderes at kunne føre til elvirkningsgrader på omkring 55% i 2020. Fortsættes elforsyningen med samme teknologi som i dag, vil brændselsøkonomien og dermed CO₂-emissionen altså kunne reduceres med knap 30% i forhold til i dag.

Virkningsgraden kan herudover forbedres ved anvendelse af kulforgasning kombineret med combined cycle-anlæg- og - på sigt - brændselsceller. Kulforgasningen giver anledning til et tab i selve forgasningsprocessen, men såfremt brændselscelleteknologien bliver kommerciel, vil elvirkningsgrader på op mod 60% kunne opnås inden for de næste 20 år. Dette giver en reduktion af kulforbruget og dermed CO₂-emissionen på omkring en tredjedel i forhold til i dag.

Med naturgas er det muligt at opnå højere elvirkningsgrader end på kul. Alleerede i dag har større naturgasfyrede combined cycle-anlæg en elvirkningsgrad på omkring 55%, og de ventes i løbet af få år at nå op på 60%. Om 20 år ventes 65% at være opnåeligt. Naturgasbaserede brændselscelleanlæg i kombination med gasturbiner forventes at kunne opnå elvirkningsgrader på op mod 70%. De mellemstore decentrale naturgasfyrede kraftvarmeværker opføres i dag med elvirkningsgrader på omkring 42-52%.

Anlæg på biobrændsler og affald base-res i dag overvejende på konventionel kedel/damp turbine teknik. Anlæggene er normalt kraftvarmeværker, og den typiske elvirkningsgrad er omkring 20- 25% for mindre anlæg. Ved biomassefyring på større kraftværker kan elvirkningsgrader omkring 40% eller derover opnås. Elvirk-

155



ningsgraden for halmbaseret el begrænses af, at røggassen ved høje temperaturer kan beskadige dele af kedlen. Noget lignende gælder for affald, mens træ er betydeligt lettere at have med at gøre.

Totalvirkningsgraden for kraftvarme på biobrændsler og affald ligger i dag på omkring 80-90% afhængig af brændslet. De laveste virkningsgrader ved forbrænding fås ved brug af affald og halm, de højeste ved brug af træ. Ved anvendelse af røggaskondensering kan man med træ som brændsel komme op på omkring 95-100% i totalvirkningsgrad. Der forventes ikke væsentlige forøgelse af totalvirkningsgraden på biomasse. Udviklingen går især i retning af at øge elvirkningsgraden.

På de større kraftværker opereres der med forskellige teknologier til biomassefyring. På Studstrupværket ved Århus blandes halm og kul direkte. Det er en billig løsning, men der ser ud til at være væsentlige problemer med genanvendelse af flyveasken. På Sønderjyllands Højspændingsværk ved Åbenrå er godkendt en separat biomassekedel, der skal lave damp til det eksisterende kraftværk. Her-

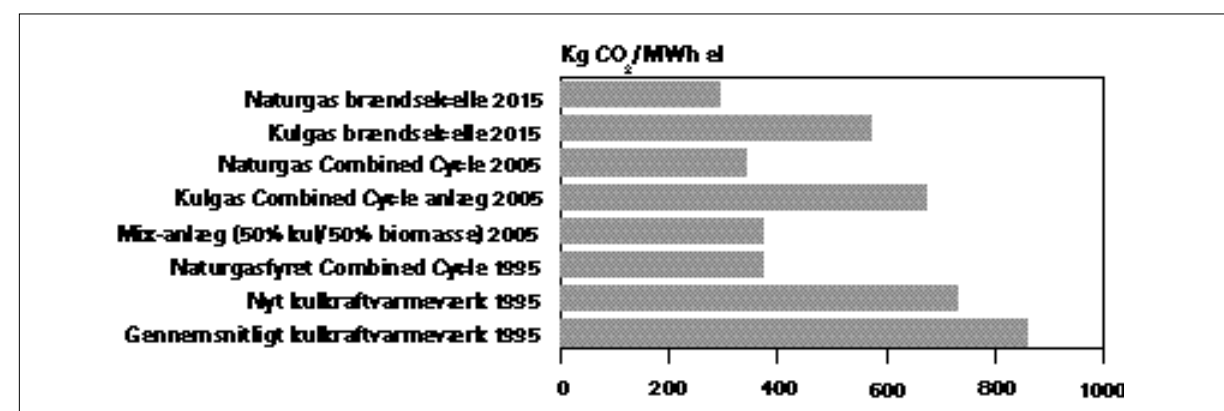
udover er der bygget en række mellemstore anlæg, baseret på ren biomasse eller affald i kombination med naturgas. Elsam mener, at fluid-bed kedel/dampturbine anlæg, hvor kul og biomasse blandes, er en vigtig udviklingsmulighed.

Der er visse muligheder for at forøge elvirkningsgraden for kedel/dampturbine-anlæg ved at bruge nye materialer og processer.

På grund af de nævnte vanskeligheder med direkte forbrænding af biomasse foreskes der i termisk forgasning, hvorved biobrændslet omdannes til en gas, der er meget lettere at brænde med høj elvirkningsgrad, fordi man kan udskifte dampturbiner med gastubiner eller gasmotorer. Forgasset biomasse kan f.eks. anvendes i et combined cycle værk eller en brændselscelle. Det giver på sigt mulighed for meget høje elvirkningsgrader. På grund af tabet ved selve forgasningen vil man dog hverken for kul eller biomasse kunne nå samme virkningsgrader som for naturgas.

Figur 6.10 viser CO₂-udslippet ved 1 MWh elproduktion baseret på forskellige brændsler og forskellige teknikker.

FIGUR 6.10
CO₂-udslippet ved 1 MWh elproduktion baseret på fossile brændsler



Kilde: Energistyrelsen.



Øget anvendelse af kraftvarme

Omkostninger ved energiproduktion
De i dag mest anvendte kulteknologier er kendetegnet ved forholdsvis høje anlægsomkostninger og lave driftsomkostninger. Naturgasteknologierne derimod har lavere anlægsomkostninger og højere driftsomkostninger pga. højere brændselspris. Samlet set er elproduktionsomkostningerne for naturgasteknologier en anelse højere end ved kulbaseret elproduktion, men forskellen er marginal. De ovenfor beskrevne udviklingsmuligheder for kul- og naturgasteknologier ventes ikke at medføre væsentlige forskydninger i forholdet mellem produktionsomkostningerne.

Biomasseteknologierne er i dag væsentlig dyrere anlæg, og samtidig er prisen på biobrændsler højere end for de fossile alternativer. Derudover er virkningsgraderne, som tidligere nævnt, lavere end for konventionelle teknologier, og dette medfører således at produktionspriserne for disse teknologier er en del højere. Disse forhold forventes ændret pga. udviklingen af biomasseteknologier.

Forgasning af biomasse formodes at kunne øge virkningsgraden og dermed reducere produktionsomkostningen.

Kraftvarmeproduktion har længe været en del af den danske energipolitik.

Fjernvarmeområderne i de større byer er allerede i vidt omfang forsynet med kraftvarme fra de store kulfyrede kraftværker.

Den decentrale kraftvarmeudbygning i de mellemstore og små fjernvarmeområder, der blev igangsat i 1986 og forstærket i 1990, forventes i store træk at være tilendebragt omkring 1998. Det ser i øjeblikket ud til, at det potentiale på 1450 MW, som blev skønnet i Energi 2000, netop nås. I fjernvarmeområderne vil

yderligere muligheder for kraftvarme uden være forbundet med udskiftning af eksisterende anlæg med ny og bedre teknik.

I Energi 2000 skønnedes det, at der var en række muligheder for yderligere udbygning med kraftvarme. I industrien er der et betydeligt potentiale, som med de gældende økonomiske forhold inklusive de eksisterende anlæg vurderes til omkring 750 MW overvejende naturgasfyrede anlæg. Der har i en årrække været installeret mellem 100 og 150 MW kraftvarme i industrien, hovedsageligt på olie og kul, men efter indførelse af CO₂-afgifter og tilknyttede tilskudsmuligheder har interessen været stigende. Størsteparten af potentialet for industriel kraftvarme ligger i Elsam's område.

For minikraftvarme i naturgasforsynde områder er der et potentiale på omkring 200 MW inklusive eksisterende anlæg.

Endelig kan man tænke sig et potentiale for kraftvarme i enfamiliehus på naturgas eller eventuelt andre brændsler. Potentialet er stort, men teknologien findes ikke endnu i den rigtige størrelse. De mindste gasmotorer, der kan købes i dag, er lidt for store til et enfamiliehus.

Anvendelse af vindkraft, solenergi m.m.

Vindkraft

Udnyttelse af vindenergi er baseret på fuldt udviklet og i stort omfang anvendt teknologi, og Danmark er verdensførende på området. Danske vindmøller produceres kommercielt i størrelser fra husstandsmøller på 5,5 kW til store møller på 600 kW. Vindmøller i størrelsen 1-1,5 MW er i øjeblikket under udvikling og forventes at være kommercielt tilgængelige inden for få år. Placering af store vindmøller på land stiller særlige krav til planlægningen.

De store møller vil være specielt interessante i forbindelse med havplacerede vindmølleparker og ved placering på land ved store industrianlæg.

Fortsat optimering af dagens vindmøller vil stadig kunne reducere omkostningerne betydeligt og øge effektiviteten. Derudover vil udviklingen formentlig fortsat gå i retning af nye mølletyper, nedbringelse af støj og udvikling af større mølleffekter, formentlig med en øvre grænse på 2-3 MW. El produceret på vindmøller kan i vindrige områder i dag konkurrere med kulproduceret el.

Solceller

Solcelleteknologien er udviklet, men prisen er dog stadig meget høj i forhold til konventionel elproduktion.

Solcelleanlæg findes i dag fra få milli-Watt op til 3.3 Mega-Watt (verdens største anlæg i Italien). Den øvre grænse for anlæggenes størrelse bestemmes af de tilgængelige arealer til placering. Solcelleanlæg kan enten installeres som individuelle (byggningsintegrerede) anlæg på hustage og lignende eller i form af "solcelleparker", hvor større ledige arealer udnyttes. Anlæggene vil i alle tilfælde være nettilsluttede, medmindre der er tale om strømforsyning til specialformål. For solcelleanlæg over 5 kW ventes en stigning i nettoydelsen fra 8-900 kWh/kW (installeret) til 9-1100 kWh/kW i 2020.

Specielt i Japan satses der pga. pladmangel på bygningsintegrerede solcelleanlæg, og der planlægges en udbygning med 4600 MW i de næste 15 år.

Hvis der monteres solceller på en fjerdedel af Danmarks tagarealer, vil elproduktionen udgøre mindst en fjerdedel af det danske elforbrug.

På længere sigt (15 år) kan prisen som følge af udenlandsk forskning og udvikling falde til et niveau, hvor nettilsluttede anlæg kan blive interessante også i Danmark.

Bølgekraft

Udnyttelsen af bølgeenergi til elproduktion befinder sig i dag på eksperimentaldiet. Der er bygget og testet forsøgsanlæg flere steder i verden, herunder i Danmark (Hanstholm), men der er ikke bygget egentlige kommercielle anlæg. Udviklingshorisonten for bølgekraft under danske forhold vurderes at være minimum 20 år.

Bølgekraftanlæg konstrueres enten som enkeltmaskiner i størrelsesordenen 50-150 kW eller som klynger i størrelsen 50-1000 kW.

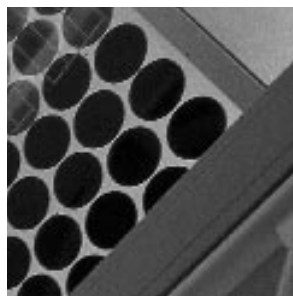
Et bølgekraftværk på ialt 330 MW installeret effekt anlagt over en strækning i Nordsøen på ca. 80 km, 80 - 120 km fra Jyllands vestkyst, vil i givet fald kunne levere en årlig elproduktion på ca. 4% af det nuværende elforbrug i Danmark.

Solvarme

Individuelle solvarmeanlæg til opvarmning af brugsvand er fuldt udviklet, mens anlæg til både rum- og brugsvandsopvarmning er under udvikling. Små solvarmeanlæg kan i dag levere 60-70% af det årlige varmtvandsforbrug og kan stort set klare varmtvandsforsyningen i sommerperioderne. Oliefyre har i perioder som om sommeren en lav belastning med en lav virkningsgrad til følge. Ved at supplere med solvarme vil oliefyret få en højere gennemsnitlig årvirkningsgrad. Hvis halvdelen af alle boliger havde brugsvandsanlæg, ville der kunne spares en brændselsmængde på omkring 15 PJ årligt, svarende til omkring en mio. tons CO₂-besparelse.

Der er desuden muligheder for større udnyttelse af passiv solvarme. Ved passiv solvarme eller bygningsintegreret solvarme (solvægge) anvendes selve bygningen som solfanger og lager.

Kollektiv solvarme kan tænkes at spille en vis rolle som supplerende varmekilde i fjernvarmeforsyningen, eventuelt i forbindelse med et sæsonvarmelager.



Solvarmeanlæg kan i dag generelt ikke konkurrere samfundsøkonomisk med de kollektive varmeforsyningsformer. I forhold til individuelle opvarmningsformer, kan det ved udskiftning af gamle oliefyre i nogle tilfælde betale sig privatøkonomisk at installere et solvarmeanlæg pga. anlægstilskud. Udviklingen i retning af lavere anlægsomkostninger samt anvendelse af solvarme i kombination med andre forsyningsformer vil forbedre konkurrencedygtigheden.

Solenergiinitiativer i Regeringens nye VE-pakke

- For at billiggøre og dermed fremme udbredelsen af solvarme vil der blive etableret fleksible finansieringsordninger for solvarmeanlæg, i forbindelse med at energiforsyningselskaber og private solvarmeselskaber får mulighed for at modtage anlægstilskud til solvarme.
- Der vil blive gennemført et *fremstød for solvarmeberedte beholdere* i forbindelse med nybyggeri og ved udskiftning af gamle centralvarmeanlæg. Samtidig vil regeringen gøre en særlig indsats for at fremme udbredelsen af solvarme i områder uden kollektiv energiforsyning. Tilskudsordningen til elvarmekonvertering i det "åbne land" med virkning fra 1. januar 1996 åbner samtidig op for etablering af solvarme. Det overvejes, at differentiere tilskuddene, hvorved der bl.a. kan gives større tilskud til en solvarmeberedt beholder.

Varmepumpeanlæg

Et varmepumpeanlæg er i princippet som et omvendt køleskab, hvor det er opvarmning og ikke køling, der er formålet. Varme oplagret af solen trækkes ud af en relativt kold varmekilde (luft, jord, havvand, spildevand eller lignende), som derved

afkøles og udnyttes til opvarmning af vand til f.eks. et fjernvarmesystem. Varmepumpen forbruger samtidigt drivenergi - enten el eller gas. Afhængigt af temperaturniveauerne på varmekilden og varmeforbruget, vil den leverede varme være 2-5 gange større end den tilførte drivenergi.

En eldrevet varmepumpes samlede effektivitet og miljøeffekt afhænger af, hvordan elektriciteten produceres. Hvis elektriciteten produceres på kul med en virkningsgrad på omkring 40% er varmepumpen ikke mere effektiv mht. bruttoenergiforbruget end en varmeproducerende kedel. Eldrevne varmepumper kan imidlertid være interessante i forbindelse med kraftvarmesystemer med store bidrag fra vedvarende energi, idet den kan være med til at opsuge eloverskud fra f.eks. vindkraft.

Varmepumper er relativt investerings-tunge, og den samfundsøkonomiske varmeproduktionspris overstiger i dag prisen for kollektiv varmeforsyning og de billigste former for individuel varmeforsyning (olie- og naturgasfyre). Anlægsprisen ventes i løbet af en 20-årig periode at falde mellem 10 og 15% for store anlæg, hvorimod der ikke ventes et prisfald for små varmepumper.

Geotermisk varme

Et geotermisk anlæg udnytter varmt vand fra dybereliggende jordlag. Vandet skal pumpes op og temperaturen eventuelt hæves ved hjælp af en varmepumpe. Et geotermianlæg skal have en vis minimumsstørrelse (typisk omkring 400 TJ), da der er store initialomkostninger (stort set uafhængig af produktionskapaciteten, men afhængig af boreddybden) forbundet med et sådant anlæg.

Elforbruget til pumpeenergi udgør typisk 5-10% af den geotermiske varmeproduktion. Hertil kommer energi til en eventuel varmepumpe.

De geotermiske reserver er mange hundrede gange større end det årlige danske varmekonsum. Reserverne er geografisk ujævnt fordelt. Potentialet for udnyttelse af geotermisk energi er mindst 100 PJ/år.

Udnyttelse af geotermisk varme forudsætter, at reserverne befinder sig i områder med et fjernvarmenet, eller at der investeres i transmissionsledninger fra varmekilden til fjernvarmeområderne.

Både primær energiforbrug og driftsomkostningerne er lave ved geotermiske anlæg. Der kan imidlertid være risiko for, at investeringer i en boring tabes. Forudsat, at den første boring er vellykket, vil geotermiske anlæg allerede i dag kunne konkurrere samfundsøkonomisk med andre kollektive forsyningsformer.

Systembetragtninger vedrørende el- og fjernvarmeproduktion

Den stigende vindkraftproduktion og øgede samproduktion af el og varme stiller nye krav til reguleringen af elsystemet, idet ingen af disse produktionsformer er indrettet til at producere efter elbehovet. Ved kraftvarmeproduktion er det behovet for varme, der bestemmer hvor meget el, der kan produceres, og produktionen på vindmøller er ikke altid optimal i forhold til variationen i elforbruget.

I kolde og/eller vindrige perioder kan elproduktionen fra kraftvarmeverker og vindmøller overstige elforbruget. Herved opstår et eloverløb. Dette eloverløb bør af miljømæssige og økonomiske årsager så vidt muligt minimeres. Allerede i dag opstår eloverløb i korte perioder, men energiindholdet er marginalt, og overløbet sælges til Norge og Sverige. I takt med øget kraftvarme- og vindkraftproduktion stiger energiindholdet i overløbet. Den teknologiske udvikling vil føre

til kraftvarmeanlæg med højere forhold mellem el- og varmeproduktion, hvilket alt andet lige øger eloverløbet.

Der er adskillige tekniske muligheder for at reducere eloverløbet. Flere af de store kraftvarmeverker og stort set alle decentrale kraftvarmeverker har i dag installeret en varmeakkumulator, der gør elproduktionen mindre afhængig af varmebehovet. En anden mulighed er at købe adgang til de norsk/svenske vandkraftsystemer og anvende dem som ellers. Dette sker allerede i et vist omfang. Andre muligheder er at supplere med varmepumper i fjernvarmesystemerne eller flytte en del af elforbruget. F.eks. kunne man i fremtiden tænke sig elbiler opladet i perioder med eloverløb.

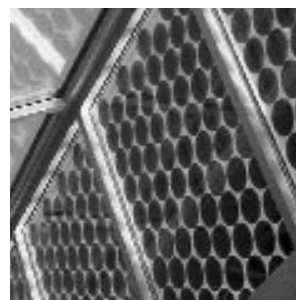
Uanset om man vælger en traditionel udbygning med kulkraftvarmeverker eller en kraftig satsning på vedvarende energi må det forventes, at den stigende andel af uregulerbar kapacitet kræver særlige foranstaltninger.

Systemmæssige krav til elnettet

Det danske elforsyningsnet består af to teknisk uafhængige vekselstrømsnet adskilt af Storebælt. Øst- og Vestdanmark er ikke direkte elektrisk forbundet, men har hver især etableret samarbejdsforbindelser til øvrige nordiske lande og kontinentet. Elnettet i Østdanmark drives som en del af vekselstrømssystemet i Norden, medens elnettet i Jylland og på Fyn drives som en del af vekselstrømssystemet på kontinentet. En arbejdsgruppe er ved at afslutte en undersøgelse om mulighederne for at etablere en jævnstrømsforbindelse over Storebælt.

Driften af højspændingsnettet i Øst og Vest herunder udveksling med udlandet varetages i dag af henholdsvis Elkraft og Elsam.

Transmissionsnettet anvendes til transport af el over store afstande og for-



binder de centrale kraftværker samt større fordelingsknudepunkter. Desuden anvendes transmissionsnettet til fordeling af import/eksport og transit.

Distributionsnettet har til formål at fordele elektriciteten i forsyningsområderne og levere til den enkelte forbruger.

Kravene til elnettet i fremtiden afhænger af, hvilket forsyningsystem, som vil blive realiseret. En fortsat udbygning med centrale elproduktionsenheder vil ikke kræve væsentlige ændringer i elnettets overordnede struktur. En eventuel vækst i elforbruget og en eventuel øget elhandel vil kræve forstærkninger i transmissionsnettet.

De øgede krav til kabellægning af højspændingsnettet af hensyn til bl.a. visuelle gener vil føre til større investeringer i elnettet fremover. Det er besluttet, at der gradvist skal ske en reduktion af den samlede luftledningslængde ved at kabellægge nye ledninger under 100 kV og fjerne eller kabellægge eksisterende ledninger under 150 kV, der er uhensigtsmæssigt placeret. Dette ventes at medføre merinvesteringer i forhold til nuværende praksis af størrelsesordenen 6 mia. kr. over en 20 års periode eller ca. 1 øre/kWh.

Basere produktionen i højere grad på en decentralisering af elproduktionen med kraftig satsning på vindenergi, ændres kravene til de lokale distributionsnet. Skal der udveksles vindenergi med Norges eller Sveriges vandkraftsystemer, stilles der desuden krav til effektiv adgang til, og eventuelt forstærkning af udlandsforbindelserne.

Det vurderes derfor, at elnettet både teknisk og økonomisk vil få en ny rolle i fremtiden.

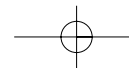
Muligheder for energisystemer med væsentligt reduceret miljøbelastning

De fremtidige muligheder for reduceret miljøbelastning omfatter forbedring af kendte og allerede anvendte teknologier og introduktion af nye teknologier i energiforsyningen. Fortsat udvikling af central kraftvarmeteknologi vil i de næste 35 år forbedre kraftvarmeproduktionen væsentligt. En kombination af effektivisering af centrale produktionsenheder og vedvarende energiteknologier vil således kunne reducere miljøbelastningen væsentligt.

Hvis man tager udgangspunkt i en forestilling om, at det danske energisystem skal respektere det økologiske råderum, som diskuteret i kapitel 2, vil et langsigtet fremtidigt mål for energiforsyningen være, at systemet ved indgangen til det 22'ende århundrede i meget høj grad skal være baseret på vedvarende energikilder. Anvendelsen af fossile brændsler kan tænkes at være begrænset til nødsituationer, f.eks. længere vindstille perioder etc.

Hvis der i fremtiden stilles meget høje miljøkrav til energiproduktionen, ser det med de i dag kendte teknologier ud til, at udviklingen går i retning af flere produktionsenheder, flere forskellige teknologier, nye brændsler og øget systemmæssig afhængighed mellem produktions- og forsyningsformer.

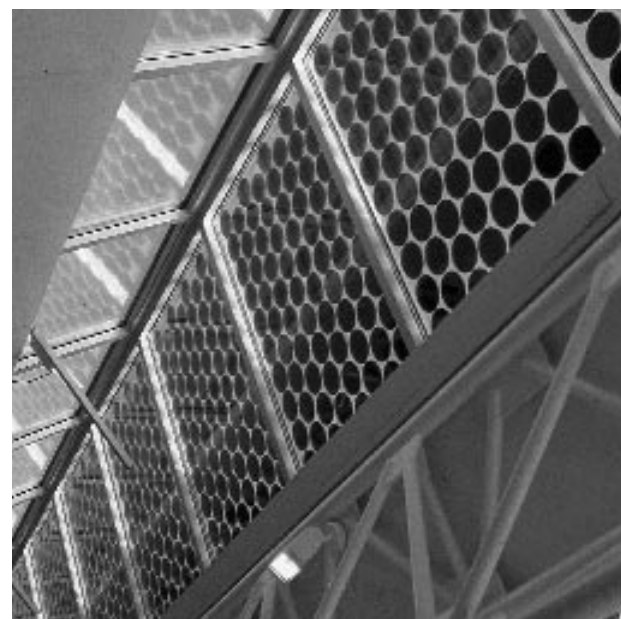
Vi ser allerede i dag en decentralisering, hvor produktionsteknologierne flytter nærmere til ressourcen, f.eks. i tilfælde af biomasse, eller nærmere forbrugeren, som f.eks. industriel kraftvarme. Et centralt forsyningsystem er først og fremmest mere fleksibelt, idet der vil være bedre "plads" til indpasning af nye teknologier, når det kun er mindre enheder, der skal erstattes med den nye teknologi. Der vil derfor være bedre muligheder for en



indpasningsperiode, hvor man får oversøet eventuelle børnesygdomme, før den pågældende teknologi får større betydning i systemet. Et decentralt system stiller dog samtidig højere og andre krav til reguleringen, idet der bliver flere mindre produktionsenheder og flere forskellige teknologier. Hvis man forestiller sig et fremtidigt forsyningsystem opbygget med decentrale kraftvarmehenheder på biomasse, solvarmeanlæg, geotermiske anlæg, varmepumper, solceller og vindmøller, vil disse teknologier skulle supplere hinanden afhængig af ressourcenes tilgængelighed over døgnet og året.

162

Forberedelserne til et fremtidigt energiforsyningsystem skal påbegyndes i god tid pga. de lange levetider for forsynings-teknologierne. Hvis nye teknologier skal indpasses i det eksisterende system, vil der blive større behov for systemoptimering for bl.a. at undgå eloverløb og for at opretholde forsyningsikkerheden. Forsyningsystemet skal med andre ord i højere grad "skræddersys". Naturgassystemet kan i denne sammenhæng ses som et vigtigt overgangssystem til at sikre forsyningsikkerheden. I løbet af overgangsperioden kan man forestille sig en gradvis omlægning til andre forsyningsformer.



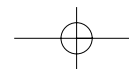
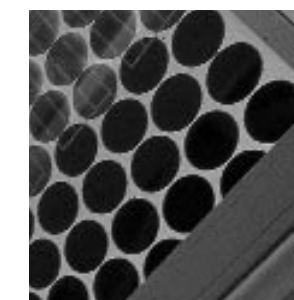
Fremtidens forsyningsystem kan betyde flere og mindre aktører og beslutningstagere. Hvis tilpasningen skal ske gradvist og så problemfrit som muligt, skal der i meget god tid arbejdes med de kriterier, som er baggrunden for beslutninger om udvikling af og investering i nye teknologier.

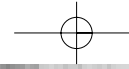
Det er ikke muligt på forhånd at afgøre den bedst mulige indretning af energiforsyningen. Det afhænger af en lang række fremtidige prisrelationer, teknologisk udvikling, forholdet mellem udviklingen i el- og varmekonsumet, adgangen til begrænsede VE-ressourcer og

meget mere. Dette understreger pointen om opbygning af et fleksibelt og robust system.

Energistyrelsen har gennemregnet et antal mulige forsyningsystemer for el og fjernvarme frem til 2030. Heraf er det ene et overvejende VE-baseret system, som forudsætter brug af vandkraftlagre og varmepumper kombineret med biomassekraftvarme. Dette system er gennemgået nærmere i kapitel 7.

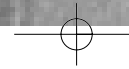
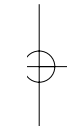
163





7.

Udviklingsforløb



7.1 Sammenfatning

I dette kapitel beskrives to tekniske udviklingsforløb af energiforsyningen frem til 2030. Formålet er at illustrere, hvad der kan ske, hvis der i det ene tilfælde ikke gennemføres yderligere energipolitiske tiltag, end dem der er implementeret nu, og i det andet realiseres omfattende besparelser i energiforbruget kombineret med stor udnyttelse af de vedvarende energiresourcer. Det første forløb kaldes *det passive forløb* og det andet *max indsats forløbet*. Begge forløb har som udgangspunkt den økonomiske vækstrate, der fremgår af Finansredegørelsen fra september 1995.

Forløbene er ikke prognoser, men skitserer nogle grænser, som den danske energiforsyning med stor sandsynlighed vil udvikle sig imellem. Forløbene beskriver især mulighederne på længere sigt under de usikkerheder, der er forbundet med at forudsige den fremtidige teknologiske og samfundsmæssige udvikling.

Resultaterne af de to udviklingsforløb

er meget forskellige i 2030. I forhold til 1994 medfører udviklingsforløbene på de vigtigste områder ændringer i landets energiforsyning, som er vist i tabel 7.1.:

Omkostningsniveauet for de to udviklingsforløb er forenklet fastlagt. For besparelserne er kun medregnet meromkostningerne ved at gennemføre dem i takt med at de eksisterende apparater, processer mv. skal udskiftes. Der er set bort fra virkemiddelomkostninger og merinvesteringer i transportsektoren.

De gennemsnitlige årlige omkostninger for de to forløb er opgjort for energisektoren excl. transport (dog incl. el til transport). *Max indsats forløbet* har omkring 6 mia. kr. højere årlige omkostninger end *det passive forløb* i perioderne 1995-2005 og 2005-2020, stigende til ca. 9 mia. kr. årligt for perioden 2020-2030. Heri er inkluderet meromkostninger i *max indsats forløbet* forbundet med el til transportsektoren.

Transportsektorens brændselsomkostninger excl. el, er lavere i *max indsats for-*

TABEL 7.1
Procentvise ændringer, 1994 til 2030

	Passivt forløb	Max indsats forløb
Bruttoenergiforbrug	+16%	-32%
CO ₂ -emission	+8%	-65%
Anvendelse af VE	+42%	+314%

løbet end i *passiv forløbet*. I starten af perioden ca. 1 mia. kr. årligt, i slutningen ca. 5 mia. kr. årligt. Dette må ses i forhold til merinvesteringer i transportsektoren i *max indsats forløbet*. Disse er imidlertid ikke opgjort.

Max indsats forløbet har højere investeringer og lavere omkostninger til brændsel, og vil i år 2030 have en betydeligt højere værdi (scrapværdi).

Forudsætningerne om tekniske og adfærdsmæssige besparelsemuligheder samt forventninger til den teknologiske og økonomiske udvikling af kollektive og individuelle forsyningsanlæg mv. er baseret på oplysninger i de tekniske baggrundsrapporter.

7.2 Fremskrivning af energiforbruget

Hovedforudsætninger

Det danske energisystem har undergået store forandringer i de seneste 25-30 år. Fra at være enstregnet hovedsageligt baseret på importeret olie er det nu et flerstrengt og mere fleksibelt system med udbredt anvendelse af kombineret el- og varmeproduktion. En stor del af brændselsforbruget er baseret på olie- og gasressourcerne i Nordsøen, og anvendelsen af naturgas er stærkt stigende. Hertil kommer et øget bidrag fra fornybare og vedvarende energikilder. Selv om nettoenergiefterspørgslen er steget, har bruttoenergiforbruget været næsten konstant i perioden som følge af effektivitetsforbedringer af forsyningsystemerne.

De samfundsmæssige forhold har stor indflydelse på udviklingen i energiforbruget. Samtidig er energiforbruget påvirket af den teknologiske udvikling samt en række energipolitiske tiltag. Ved en fremskrivning er det vigtigt at skelne mellem

forhold, der kommer udefra til den danske energisektor, som f.eks. internationalt bestemte energipriser eller den generelle økonomiske udvikling, og forhold der lader sig påvirke af energipolitikken. I det følgende vil de forhold, der ligger til grund for fremskrivning af energiforbruget, kort blive beskrevet. De mere detaljerede forudsætninger er gengivet i Bilag 1.

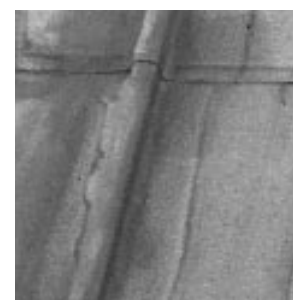
Samfundsøkonomisk udvikling

Energiforbruget afhænger bl.a. af den økonomiske udvikling i samfundet. I den seneste Finansredegørelse er opstillet et forløb frem til 2005, der vil sikre øget beskæftigelse, afvikling af udlandsgælden og en betragtelig reduktion af statsgælden. Fremskrivningen er ikke en prognose, men et kravforløb, hvilket vil sige en beskrivelse af, hvad der skal til, for at disse mål kan indfries.

I de følgende analyser anvendes den i Finansredegørelsen forudsatte udvikling i den økonomiske vækst frem til 2005. Fremskrivningen fra 2005 til 2030 er sket med samme økonomiske vækstrate som i perioden frem til 2005, blot med den forskel at der efter 2005 ikke er noget bidrag til den økonomiske vækst hverken fra øget beskæftigelse eller en øget arbejdsstyrke. I perioden frem til år 2005 er den gennemsnitlige vækstrate i BNP 2,8%, mens den over hele forløbet er 2,1%. Kravforløbet for bruttonationalproduktet og den tilhørende udvikling i privatforbruget er vist på figur 7.1 i 1980-priser. Bruttonationalproduktet forventes i år at udgøre 990 mia. i 1995-priser.

Brændselspriser

Fremskrivningen af brændselspriserne er foretaget på baggrund af det Internationale Energi Agenturs antagelser. Frem til 2005 forventes en vækst i priserne på de fossile brændsler, mens priserne på de indenlandske biomassebaserede brændsler



er konstante. Efter 2005 er alle priser konstante. De anvendte brændselspriser er nærmere angivet i Bilag 1.

Erhvervssektorerne

Energiforbrugets udvikling for erhvervssektorerne er kædet sammen med forudsætningerne om væksten i bruttofaktoringdomsten for de enkelte områder.

Boligsektoren

Energiforbruget i boligsektoren er indirekte afhængig af udviklingen i privatforbruget, idet dette er bestemmende for nybyggeri og anskaffelse af elforbrugende apparater.

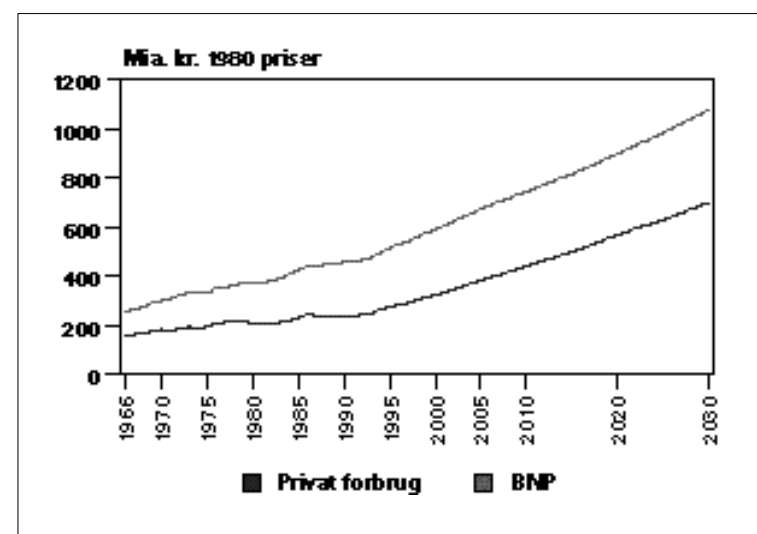
Befolkningstallet i Danmark forventes kun at stige svagt frem til 2030. Antallet af husstande forventes derfor ikke øget væsentligt, og selv om der er antaget en kraftig vækst i privatforbruget forudsættes væksten i nybyggeriet at være beskedent. Boligarealet skønnes at vokse fra 255 mio. m² i dag til 295 mio. m² i 2030. Samtidig forventes, at kun en mindre del af den bestående boligmasse bliver gennemgribende renoveret eller nedrevet. Den langsomme fornyelse af boligmassen kan illustreres ved, at 85 % af det forventede opvarmede areal i år 2030 er bygget før 1995. Dette betyder, at den aktuelle boligmasse har afgørende betydning for udviklingen i opvarmningsbehovet. Tilsvarende har de eksisterende apparater, deres forventede udbredelse samt udskiftningsfrekvensen, alle indflydelse på det fremtidige elforbrug.

Transportsektoren

Udviklingen i transportsektoren forventes i nogen udstrækning at følge den økonomiske udvikling. Det private transportarbejde afhænger af bilbestanden, der antages at vokse med privatforbruget fra nu 370 biler/1000 indb., indtil der opnås en mætning ved 550 biler/1000 indb. Gods-

FIGUR 7.1

Bruttonationalprodukt og privat forbrug 1966-94 i 1980-prisniveau samt fremskrivning 1995-2030



Kilde: Finansministeriet.

transportarbejdet vokser proportionalt med BNP, dog med lidt lavere vækst efter 2005. Forudsætningerne for den forventede udvikling er udarbejdet af Trafikministeriet og er nærmere beskrevet i kapitel 4.

Den offentlige sektor

For offentlige opgaver som undervisning og sundhedsvæsenet er antallet af ældre og unge samt opvarmet areal et mål for aktivitetsniveauet og dermed energiforbruget. For andre offentlige opgaver som f.eks. vandforsyning er det samlede befolkningstal anvendt som parameter for aktiviteten.

Energiefterspørgslen

Udviklingen i energiefterspørgslen frem til 2030 beregnes ud fra forbruget i 1994, idet der anvendes en række detaljerede sammenhænge mellem den økonomiske udvikling, kombineret med forudsætning-

ger om tekniske og adfærdsmæssige besparelsesmuligheder for apparater, processer og varmeanlæg. Disse besparelsesmuligheder er omtalt i kapitel 3.

Som led i fremskrivningen fordeles energiforbruget på kombinationer af hovedkategorier/samfundssektorer, slut-anvendelser, forsyningsområder og energityper. Denne inddeling muliggør detaljerede analyser af den forventede udvikling i efterspørgslen. En beskrivelse af beregningsmetoder og -forudsætninger er givet i Bilag 1.

Energiefterspørgslen beregnes for årene 2005, 2020, 2030 ved at anvende de enkelte hovedkategoriers aktuelle energintensitet, f.eks. energiforbrug i forhold til bruttofaktoringdomst (BFI) og en prognose for den valgte aktivitetsparameter. Det samlede energiforbrug fordeles på energityper ud fra den aktuelle fordeling i 1994.

Elforbruget fremskrives separat ud fra en historisk analyse af den valgte aktivitetsparameter og elforbruget. På erhvervsområdet benyttes eksempelvis en sammenhæng mellem BFI og elforbrug. Fremskrivningen af elforbruget sker efterfølgende ved at de historiske sammenhænge fastholdes og fremskrives.

Energianvendelsen er kun fremskrevet for årene 2005, 2020 og 2030. Mellem disse årstal antages en lineær udvikling.

Forsyningsanlæg

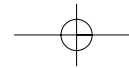
Det eksisterende energiforsyningsystem er nærmere beskrevet i kapitel 6. Selv om forsyningssystemet løbende er blevet effektiviseret, er der fortsat store muligheder for tekniske forbedringer. Hertil kommer, at en række nye teknologier forventes at blive udviklet og markedsført inden 2030.

For det samlede el- og varmforsyningsystem beregnes de største anlæg og

varmforsyningsområder individuelt. De enkelte værkers drifts- og energimæssige forhold er beregnet på baggrund af opførelsesår, effektivitet, levetid mv., samt kendskab til el- og varmebehovet år for år. Desuden kan de enkelte værker i takt med, at de skrottes, erstattes af tilsvarende anlæg med nye og bedre driftsdata eller af helt andre anlægstyper. Det er i beregningerne forudsat, at landet kan betragtes som et sammenhørende elforsyningsområde, svarende til at der etableres en elmæssig Storebælts-forbindelse.

I teknologikatalogerne er givet økonomiske og driftsmæssige data for en lang række eksisterende og fremtidige forsyningsanlæg. Værdierne er anført dels gældende for dagens teknik og dels for årene 2005 og 2020 under hensyntagen til de forventede teknologiske udviklingsmuligheder.

Som hovedregel er det antaget, at udviklingen af de beskrevne forsyningssteknologier vil finde sted, uanset hvor meget teknologien efterspørges. Dette er en forsigtig antagelse, idet teknologiudvikling kan fremmes via markeditiltag, så produktudvikling og forbedringer især finder sted med stigende afsætning, som det eksempelvis har været tilfældet for vindmøller. Det er også erfaringen, at dette ikke kan finde sted fra dag til dag, men kræver en længere årrække. Det vil således ofte være nødvendigt at påbegynde anvendelse af en ny teknologi mange år før den forventes at være konkurrencedygtig. For nogle teknologier sker udviklingen i udlandet, hvorfor anvendelsen i Danmark kun i ringe omfang påvirker teknologiudviklingen.



Opstilling af udviklingsforløb

Det fremtidige brændselsforbrug afhænger af energiefterspørgslen og den måde det dækkes på via energiforsyningssystemerne. Til analyserne af de fremtidige muligheder er der opstillet to udviklingsforløb, der kort kaldes: *det passive forløb* og *max indsats forløbet*.

Ingen af udviklingsforløbene er prognoser, men beregninger af sammenhængende forløb under givne forudsætninger. I *det passive forløb* regnes energiefterspørgslen kun ændret som følge af den almindelige teknologiske udvikling og af at den traditionelle el- og kraftvarmeforsyning effektiviseres mest muligt.

I *max indsats forløbet* forudsættes der gennemført vidtgående energibesparende foranstaltninger, og der sker en løbende omlægning af forsyningssystemerne til en væsentligt større anvendelse af vedvarende energi.

Der kan opstilles mange sammenhængende udviklingsforløb. De her valgte repræsenterer imidlertid to grænser, inden for hvilke den fremtidige udvikling med stor sandsynlighed forventes at forløbe.

De samfundsøkonomiske forudsætninger, herunder forudsætningerne om den økonomiske vækst, er ens for begge forløb. I begge medtages hele landets energiforbrug incl. energiforbruget til transport.

7.3 Det passive forløb

Hovedforudsætningen for dette udviklingsforløb er, at der ikke gennemføres yderligere regulering end den, der kendes og er besluttet i dag. Initiativer og tiltag, som har været diskuteret, men ikke er besluttet, medtages ikke. Forløbet er et udtryk for en minimumsbetragtning hvad angår initiativer, idet kun den historisk observerede energieffektivisering og de

Forudsætninger i *det passive forløb*:

- Energiavgifterne fortsætter.
- De eksisterende tilskudsordninger til omlægning af varmeforsyningen, f.eks. tilslutning af ældreboliger, konvertering af elvarme uden for de kollektive forsyningssystemer, tilskud til VE-anlæg samt tilskudsordninger for erhvervene mv. opretholdes uændret indtil de evt. udløber.
- CO₂-afgifter samt udbygning af industriel og minikraftvarme fortsætter.
- Mærkningsordninger mv. videreføres.

besluttede initiativer er medregnet. En række initiativer fra Energi 2000-opfølgningen, som ikke er blevet implementeret, er således udeladt.

Passiv forløbet beskriver en forventet udvikling i energiforbruget i en periode på 35 år. Der knytter sig selvsagt en ganske betydelig usikkerhed med hensyn til de benyttede forudsætninger og de beregnede energiforbrug især i den sidste del af perioden.

Energiefterspørgslen i *det passive forløb*

I *passiv forløbet* er forudsat, at forbrugsudviklingen er en følge af udviklingen i samfundsøkonomien, som beskrevet i afsnit 7.1. Der antages således som hovedregel kun de effektivitetsforbedringer, der forekommer ved udskiftning af nedslidte apparater mv. med tilsvarende nye med de forventede gennemsnitlige effektiviteter på udskiftningstidspunktet.

På forbrugsområdet er der i *passiv forløbet* medtaget virkningerne af allerede besluttede og iværksatte initiativer. Disse er nærmere beskrevet i Bilag 1.

Forsyningsforudsætninger i *det passive forløb*:

- De eksisterende centrale kraft- og kraftvarmeverker udskiftes og erstattes med de nyeste og mest effektive kulbaserede værker i takt med nedslidningen.
- Den vedtagne biomassehandlingsplan realiseres med anvendelse af 1,2 mio. ton halm og 0,2 mio. ton træ i en række elværker. Når værkerne skrottes ophører anvendelsen af biomasse. Det er antaget i beregningerne, at Avedøre 2 bygges som ansøgt af Sjællandske Kraftværker med idriftsættelse år 2000 og et brændsel-mix med 10% naturgas, 150.000 tons halm og resten kul.
- Naturgasforsyningen af de større decentrale kraftvarmeverker opretholdes, idet de ved levetidens ophør erstattes af tilsvarende nye værker med endnu højere virkningsgrader. Anvendelse af biomassebaseret kraftvarme øges i mindre værker, hvorfor andelen af rene varmeverker tilsvarende reduceres.
- Anvendelse af vedvarende energi øges i den takt, der har været gældende de senere år. Udbygningen med vindmøller er antaget til 30 MW pr. år, og udnyttelsen af affald til kraftvarmeproduktion fortsætter som planlagt. Endelig forudsættes anvendelse af biogas fra lossepladser, biogasanlæg mv. at stige jævnt op til 8 PJ i 2030.
- Den øgede tilslutning til fjernvarmenettene sammenholdt med antagelser om generelt lidt lavere driftstemperaturer og renoveringer af nettene medfører, at netvirkningsgraderne gradvist stiger fra nu 0,80 til 0,83 i 2030. Det københavnske dampnet omlægges til vand i takt med Københavns Kommunes planer herom.
- Der forventes kun en mindre udbygning af gasnettet til industrien mv.

Energiforsyning og produktion

For *det passive forløb* forudsættes som hovedregel, at den nuværende forsyningsform vedligeholdes og udbygges i takt med energiefterspørgslen. Specielt på industriområdet er forudsat stort set sam-

me brændsels sammensætning som hidtil, således at eksempelvis de senere års omstillingstakt til naturgas i stedet for olie ikke i fuldt omfang forventes at fortsætte. Ligeledes er udbygningen med industrikraftvarmeanlæg baseret på den nuværende industriproduktion, og udbygges derfor ikke som følge af de forventede stigninger i industriproduktionen efter 1994.

Overordnet set fastholdes den nuværende opdeling af landet i fjernvarme- og naturgasforsynede områder, og den igangværende og besluttede udbygning med kraftvarmeforsyning gennemføres som planlagt. Elværkerne bygger effektive, kulbaserede kraftvarmeverker. De mere specifikke forudsætninger er angivet i Bilag 1, idet de væsentligste er:

Forsyningsforudsætninger i *det passive forløb*:

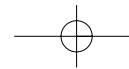
For alle fremtidige forsyningsenheder anvendes oplysninger om investeringer, virkningsgrader, levetider mv. fra teknologikatalogerne. Det er herunder forudsat, at de fremtidige teknologier udvikles og markedsføres fra de her angivne år. Specielt er det antaget, at kulbaserede brændselsceller anvendes efter 2015.

Danmarks aftaler med udlandet om import/eksport af elektricitet medregnes, indtil aftalerne ophører, og der indgås ikke nye kontrakter. Dette betyder, at der frem til 2006 vil være en vis eksport og derefter en nettoimport.

Resultater af *det passive forløb*

Energiforbrug

Samlet medfører udviklingen, at nettoenergiefterspørgslen stiger med 32 % fra 600 PJ til 800 PJ i 2030 og bruttoenergiforbruget med 16%, nemlig fra 810 PJ til 940 PJ, jævnfør figur 7.2.



Ændringen i energiefteerspørgslen skyldes en stor stigning i det samlede varme- og procesforbrug i erhvervssektorerne på 75% fra 155 PJ til 280 PJ, en vækst i elforbruget til apparater mv. på 45 % fra 60 PJ til 85 PJ, mens transportsektorens forbrug øges med 30% fra 180 PJ til 235 PJ. Derimod falder forbruget til opvarmning med 3% og er næsten konstant på 200 PJ/år frem til 2030, jævnfør figur 7.3.

Omkostninger

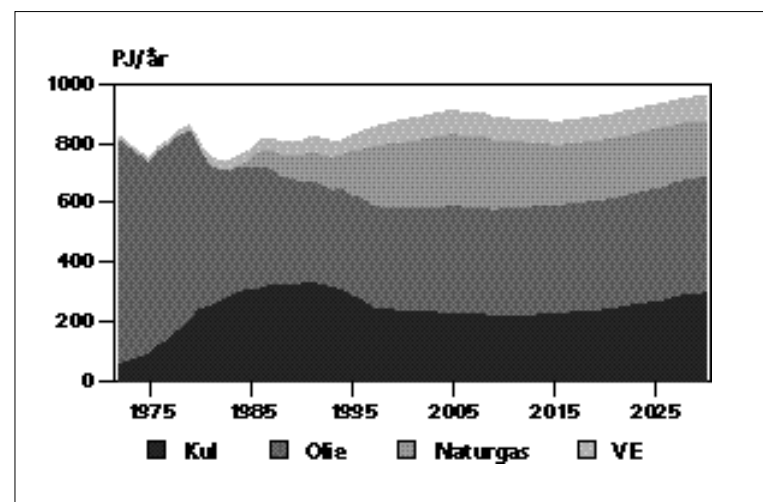
De samlede omkostninger til brændsel, drift og vedligeholdelse samt investeringer og reinvesteringer i forsyningsanlæg og brugerinstallationer, undtaget evt. merinvesteringer på transportområdet og virkemiddelomkostninger udgør i gennemsnit knap 30 mia. kr./år i perioden 1995-2005, voksende til godt 40 mia. kr./år i 2020-30. Omkring 60% af omkostningerne er brændselsudgifter, hvoraf brændselsomkostningerne i transportsektoren udgør ca halvdelen, jævnfør figur 7.4

I perioden er der et stigende eleffektbehov på ca. 3.500 MW fra i dag og frem til 2030. Dette medfører investeringer til forstærkning af elnettet af størrelsesorden 10 mia. kr. eller højere, hvis kablerne skal nedgraves.

Produktion af el og varme

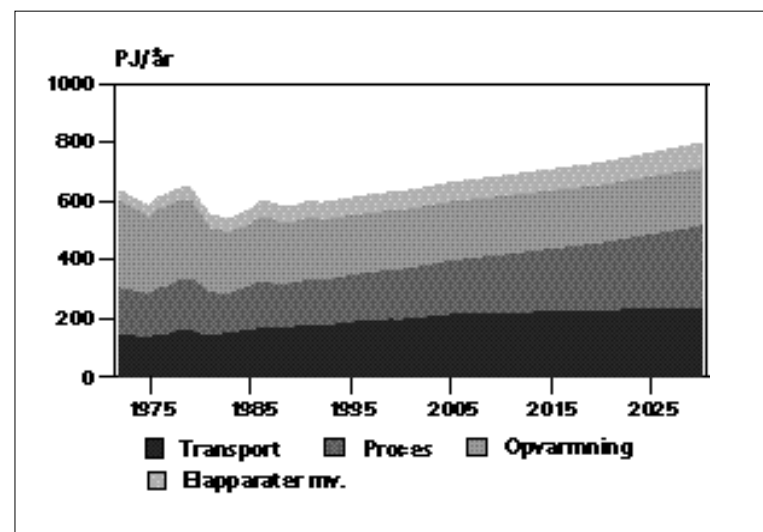
I forløbet udbygges der fortsat med kombineret el- og varmeproduktion. I takt med at elvirkningsgraderne på kraftværkerne øges, bliver der produceret mere og mere elektricitet ud fra samme varmebehov, hvorfor elproduktionen uden samtidig varmeproduktion næsten falder bort i slutningen af perioden. Dette er vist på figur 7.5

FIGUR 7.2
Bruttoenergiforbrug i passivt forløb fordelt på brændsler



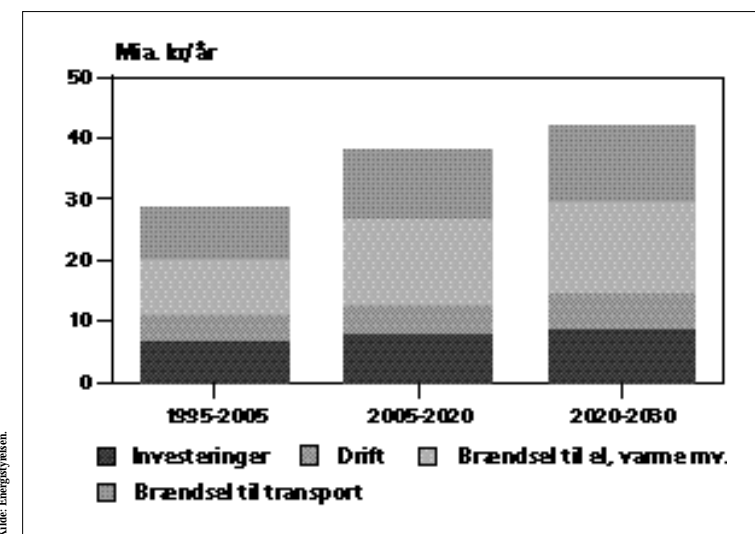
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.3
Endeligt energiforbrug i passivt forløb fordelt på anvendelse



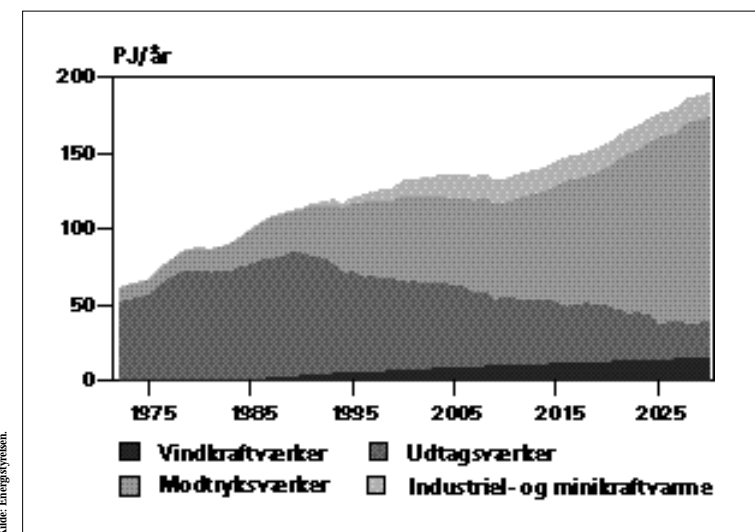
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.4
Gennemsnitlige omkostninger i 1995-prisniveau i passivt forløb



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.5
Elproduktionen i passivt forløb fordelt på produktionsanlæg



Kilde: Energistyrelsen.

I kolde perioder vil en stor del af elproduktionen komme fra kraftvarmeværker. Hvis dette falder sammen med et lavt elforbrug, hvilket typisk forekommer om natten, kan der opstå et overskud af el - det såkaldte eloverløb. Eloverløbet stiger, hvis der ud over den varmebundne elproduktion er bidrag fra vindkraft og lignende.

Eloverløb

Hidtil har den varmebundne elproduktion på kraftvarmeværkerne ikke udgjort noget reguleringsmæssigt problem, idet elproduktionen herfra kun har udgjort en mindre del af den samlede produktion. Efterhånden som den varmebundne elproduktion vokser, vil den resterende del af systemet skulle udjævne variationerne for at undgå eloverløb. Mulighederne for at minimere eloverløb er belyst i kapitel 6.

I år 2030 er eloverløbet foreløbig beregnet til at udgøre 13% af elproduktionen, og dette stiller ganske betydelige krav til reguleringen af elsystemet. I den foreløbige beregning er de tidsmæssige sammenhænge mellem elproduktion og elforbrug kun analyseret helt overordnet. Der vil efterfølgende blive gennemført mere detaljerede analyser for at fastlægge eloverløbets størrelse og fordeling på timebasis over året samt for at vurdere mulighederne for at begrænse det ved brug af eksisterende eller kommende varmelagersystemer, brug af varmepumper eller andre mere utraditionelle muligheder.

Eleffekt

Den forudsatte udbygning med kraft- og kraftvarmeværker medfører, at der frem til omkring 2004 installeres større effektkapacitet, end det forventede elforbrug og de forventede kraftværksskrotninger betinger. De nye værker har dog højere virkningsgrader, hvorfor især CO₂-emis-

sionen bliver lavere, end den ellers ville have været. Den forventede udvikling i effektbehov og installeret eleffekt er vist på figur 7.6.

Passivt forløb med lavere vækst

Som en følsomhedsberegning, der skal illustrere den økonomiske væksts betydning for energiforbruget, er der udarbejdet en økonomisk udvikling med den halve vækst i BNP. Dette forløb er konstrueret således, at den strukturelle udvikling, der optræder i Finansministeriets kravforløb, fastholdes.

Den lavere vækst er konstrueret med en gennemsnitlig årlig vækstrate i BNP på 1,1% over hele perioden. At halveringen er foretaget over hele periodens vækstrate er ensbetydende med, at dette forløbs delperioder ikke er direkte sammenlignelige med de tilsvarende delperioder i forhold til passivt forløbet med højere vækst.

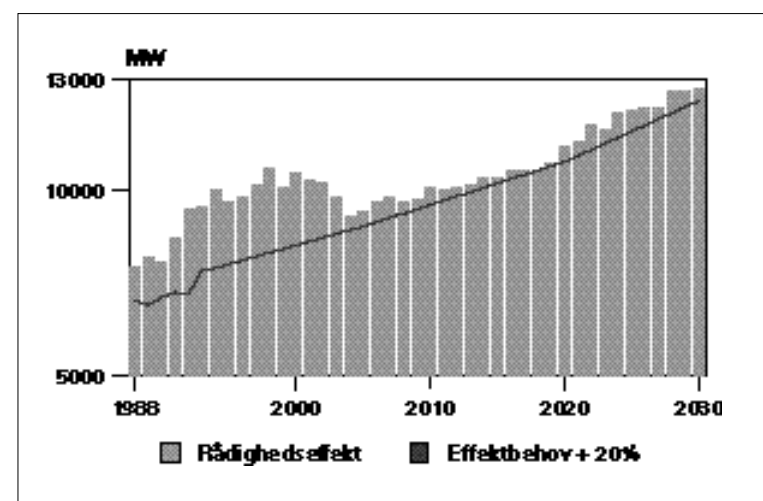
En ændring af vækstraten i forhold til det oprindelige kravforløb medfører desuden, at en række overordnede samfundøkonomiske mål som øget beskæftigelse, indfrielse af udlandsgælden og balance på de offentlige finanser, som kravforløbet fører frem til, ikke vil kunne realiseres i samme omfang.

Det er et generelt problem, at den økonomiske vækst ikke har en feed-back mekanisme i forhold til den teknologiske udvikling. En højere økonomisk vækst kan give bedre muligheder for at løse miljø- og energiproblemer i form af et større økonomisk og teknologisk råderum. Ved en sammenligning mellem de to forløb vil man formentlig derfor overvurdere forskellene i den økonomiske væksts indflydelse på energiforbruget.

Energiforbrug

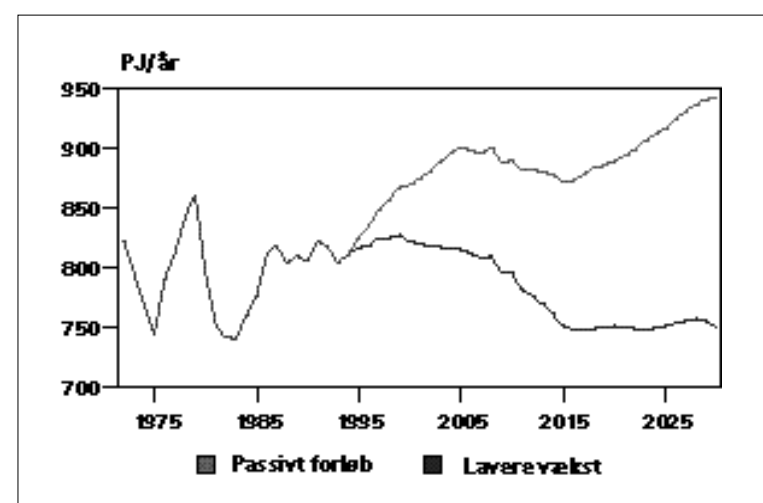
Den lavere økonomiske vækst reducerer energiforsørgslen med 20% i 2030. Bruttoenergiforbruget for de to forløb er

FIGUR 7.6
Rådighedseffekt og nødvendig eleffekt i passivt forløb



Kilde: Energistyrelsen

FIGUR 7.7
Bruttoenergiforbrug i passivt forløb og i passivt forløb med lavere økonomisk vækst



Kilde: Energistyrelsen

vist på figur 7.7. Ud fra et rent effektsynspunkt er der med det lavere elforbrug ikke behov for ny elkapacitet før omkring 2009.

Forsyningsomlægninger i max indsats forløbet

- Tilslutning af alle bygninger, også elopvarmede bygninger, til fjernvarme inden for forsyningsområderne.
- Tilslutning af alle bygninger til naturgas inden for eksisterende forsyningsområder. Fra 2005 sker der en gradvis omlægning til kraftvarmeforsyning, således at 70% af bygningsmassen er kraftvarmeforsynet i 2030.
- Maksimal udbygning med VE og varmepumper i område IV.
- Øget udbygning med industriel kraftvarme og mini-kraftvarme.
- Gradvis omlægning af person- og varebiler til eldrift, så 30 % af transportarbejdet dækkes heraf i 2030.
- Anvendelse af biobrændstof i transportsektoren gradvist stigende efter 2005 til 15 PJ i 2030.

7.4 Max indsats forløbet

I *max indsats forløbet* er forudsat, at udviklingen i BNP og privatforbrug mv. som følge af udviklingen i samfundsökonomien er den samme som i *det passive forløb*, jævnfør afsnit 7.1.

Teknologiske og adfærdsmæssige besparelser

I forløbet realiseres de maksimale teknologiske og adfærdsmæssige besparelsemuligheder, der er beskrevet i kapitel 3, fuldt ud. Som hovedregel realiseres alle de effektivitetsforbedringer, der kan opnås ved udskiftning af nedslidte apparater, maskiner mv. med de mest effektive på udskiftningstidspunktet. Uden vækst i efterspørgslen opnås hermed en halvering af energiforbruget i forhold til i dag.

På transportområdet gennemføres de maksimale teknologiske effektivitetsforbedringer. Dette øger den gennemsnitlige



kørsel for personbiler fra nu ca. 14 km/l til 40 km/l i 2030, svarende til en reduktion af brændstofforbruget på 65%. Brændstofforbruget for vare- og lastbiler forudsættes reduceres med 25-30% i forhold til i dag, og der regnes med realisering af de maksimale adfærdsmæssige besparelsemuligheder i form af overflytning af trafikarbejdet til anden transportform, øget belægning mv., jævnfør den nærmere beskrivelse heraf i kapitel 4.

Det er ikke vurderet, hvilke virkemidler der skal til for at opnå disse besparelser, og det vil i givet fald kræve en meget betydelig indsats at realisere en sådan udvikling. Omkostninger ved at gennemføre besparelserne er alene bestemt som de direkte meromkostninger. Der er ikke medtaget udgifter til virkemidler som f.eks. informationsaktiviteter og kortlægning af besparelsemuligheder mv.

Forsyningsomlægninger i max indsats forløbet

I forløbet regnes med fuld tilslutning til de kollektive forsyningsystemer samt en stor omlægning til VE-baserede anlæg. De detaljerede forudsætninger fremgår af Bilag 1.

Energiforsyning og produktion

I *max indsats forløbet* forudsættes, at den nuværende fjernvarmeforsyning opretholdes og udbygges.

På industriområdet er forudsat stort set samme brændselsammensætning som hidtil, således at eksempelvis de senere års omstillingstakt til naturgas i stedet for olie ikke i fuldt omfang forventes at fortsætte. Ligeledes er udbygningen med industrikraftvarmeanlæg baseret på den nuværende produktion og udbygges derfor ikke i samme takt som stigningen i produktionen.

På fjernvarmeområdet sker der en omlægning af det københavnske dampnet til

vand. Det er desuden antaget, at den øgede tilslutning til og udbygning af fjernvarmenettene medfører uændret varmetab, hvilket sammenholdt med de gennemførte varmebesparelser medfører, at netvirkningsgraderne gradvist falder fra 0,80 til 0,76 i 2030.

For alle fremtidige forsyningsenheder anvendes oplysninger om investeringer, virkningsgrader, levetider mv. fra teknologikatalogerne. Det er herunder forudsat, at de fremtidige teknologier er udviklet og markedsført i de angivne år.

Det skal understreges, at udviklingsforløbet ikke er økonomisk optimeret. Det er således ikke vurderet, om det er hensigtsmæssigt at gennemføre så omfattende besparelser samtidig med at forsyningsystemerne baseres på VE. Sammensætningen af VE-systemet af de forskellige teknologier er heller ikke optimeret.

Forsyningssystemernes brug af de forskellige VE-teknologier er alene fastlagt ud fra, at energifeterspørgslen skal dækkes, og at det i høj grad skal ske med brug af alle typer VE-anlæg uden at evt. begrænsninger i ressourcerne overskrides. De systemmæssige fordele og ulemper ved den benyttede kombination af de forskellige anlæg er kun meget foreløbigt behandlet.

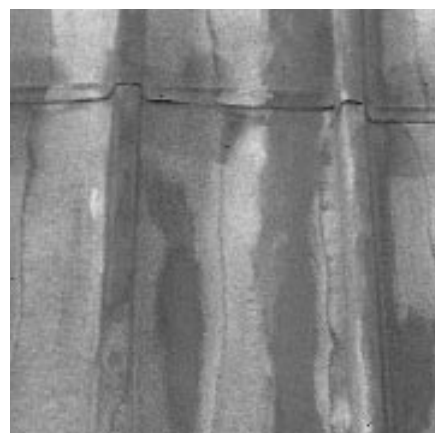
Resultater af max indsats

Samlet medfører udviklingen at energifeterspørgslen og bruttoenergiforbruget falder med 32% frem til 2030. Udviklingen for de enkelte sektorer fremgår af figur 7.8.

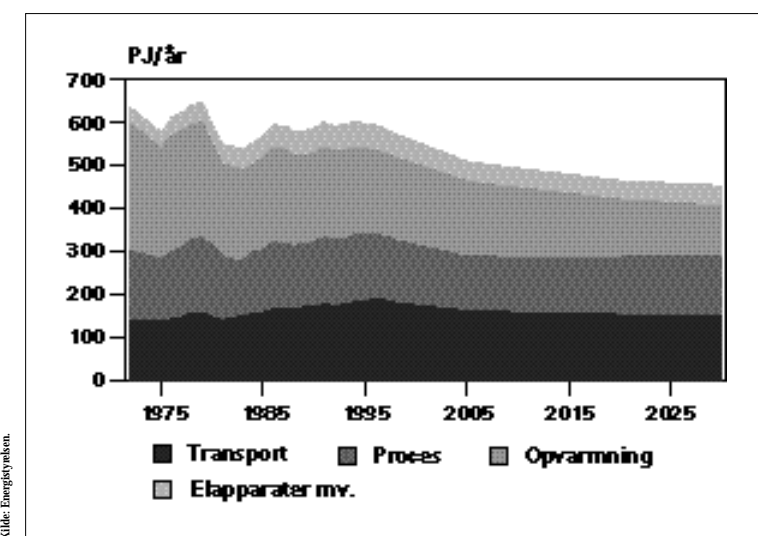
Faldet i forbruget er størst på opvarmningsområdet med en reduktion på 44%. På transportområdet og for elapparater mv. reduceres forbruget med 20%, mens de forudsatte besparelser på langt sigt

Vedvarende energi i max indsats forløbet:

- Den vedtagne biomassehandlingsplan realiseres med anvendelse af 1,2 mio. ton halm og 0,2 mio. ton træ i år 2000.
- I takt med at de eksisterende centrale og decentrale kraft- og kraftvarmeværker skrottes, erstattes de med de nyeste og mest effektive biomasseværker baseret på affald, biogas, halm, træ og energiafgrøder.
- Der udbygges med 104 MW vindkraft pr år frem til 2005, således at den landbaserede installerede effekt bliver 1.500 MW. Herefter installeres 70 MW/år frem til 2030, hvor den samlede vindkrafteffekt bliver 3.400 MW, heraf de 900 MW placeret til havs.
- Der antages en gradvis udbygning med solceller begyndende i 2.000 op til en samlet effekt på 1.000 MW i 2030
- Der udbygges med bølgekraft fra 2020 til en samlet effekt på 330 MW i 2030.
- Der etableres en række geotermiske anlæg og store varmepumpeanlæg med en samlet fjernvarmelevering på 32 PJ i 2030 samt en række solvarmeanlæg med en fjernvarmelevering på 2 PJ.

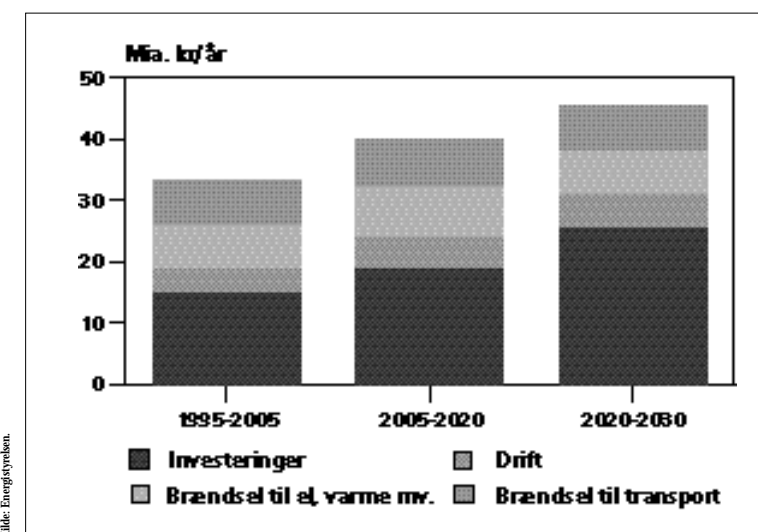


FIGUR 7.8
Endeligt energiforbrug i max indsats forløbet fordelt på anvendelse



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.9
Gennemsnitlige omkostninger i 1995-prisniveau i max indsats forløbet



Kilde: Energistyrelsen.

stort set opvejer væksten i fremstillingshervervene. På kort sigt er det frem til 2005 muligt at realisere besparelser på disse områder, der giver et fald i forbruget på 20-25%.

De samlede omkostninger til brændsel, drift og vedligeholdelse samt investeringer i nye forsyningsanlæg, undtaget eventuelle merinvesteringer på transportområdet og virkemiddelomkostninger udgør 33 mia. kr./år i perioden 1995-2005, stigende til 45 mia. kr./år i 2020-30, jævnfør figur 7.9. Udgifterne til brændsler, hvoraf transportsektorens andel udgør ca halvdelen, er omkring 15 mia. kr./år, svarende til 35-45% af de samlede omkostninger. Der er her set bort fra evt. ekstra investeringer i elnet og varmelagre, der er nødvendige for at udnytte eloverløbet mest muligt.

I forhold til *det passive forløb* stiger meromkostningerne til besparelsetiltagene fra 8 mia. kr. pr år i perioden 1995-2005 til 17 mia. kr./år i 2020-30.

Produktion af el og varme

Den samlede elleverance fra vindmøller, solceller og bølgekraftanlæg, er beregnet til 40 PJ (11 TWh) i 2030, svarende til 37% af elforbruget, jævnfør figur 7.10. Den installerede effekt fra disse kilder er 4.700 MW, samtidig med at effektbehovet er 5.700 MW.

Det sidste kulværk lukkes i 2027, og bortset fra gasbaseret industriel og minikraftvarme vil el- og kraftvarmeforsyningen være baseret på biomasse, geotermi og elproducerende VE-anlæg.

Særlige energimæssige forhold

Den forudsatte udbygning med vindkraft og andre ikke-styrbare energikilder, medfører at spørgsmål om eloverløb, ellagring og regulering bør ofres særlig opmærksomhed. Der skal være sikkerhed for ellevering, når vinden ikke blæser, og der skal være god udnyttelse af eloverløb, når vindperioderne falder sammen med lavt elforbrug og høj varmebunden elproduktion.

I 2030 er eloverløbet beregnet til 8% af elproduktionen. Eløverbet regnes delvis udvekslet med udlandets vandkraftbaserede elsystemer og delvis anvendt til drift af varmepumper til fjernvarmeforsyning i større byer i kombination med geotermisk varme samt udnyttet til eldrift af biler.

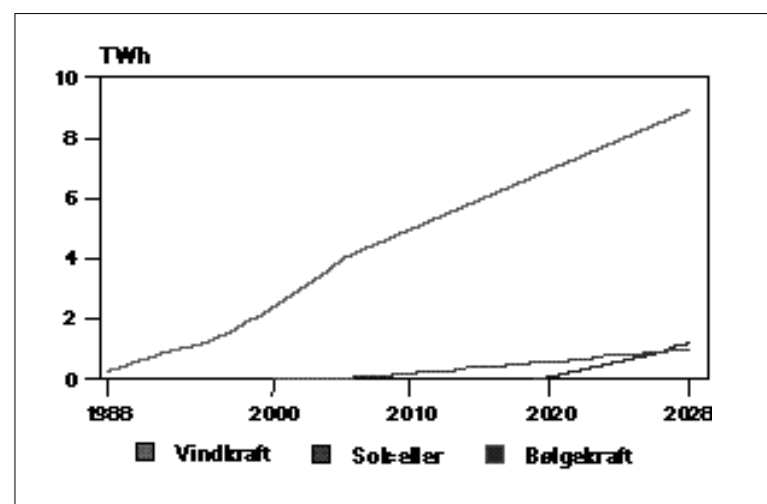
Ellagring i de vandkraftbaserede systemer er beregningsmæssigt forudsat at medføre en merudgift på 5 øre for hver lagret kWh, samt køb af eleffekt til 5 mio. kr. pr MW for en 30-årig kontrakt. Disse antagelser er i sagens natur behæftet med stor usikkerhed.

På grund af faldet i elforbruget frem til 2005 og den hurtige udbygning med vindkraft og biomasseværker er der ikke effektmæssigt behov for nye kraftværker før omkring 2010, jævnfør figur 7.11.

Biomasseanvendelsen øges frem til 2030, men først efter år 2015 bliver det nødvendigt at supplere de nuværende ressourcer med dyrkning af energiafgrøder i større omfang, som vist på figur 7.12.

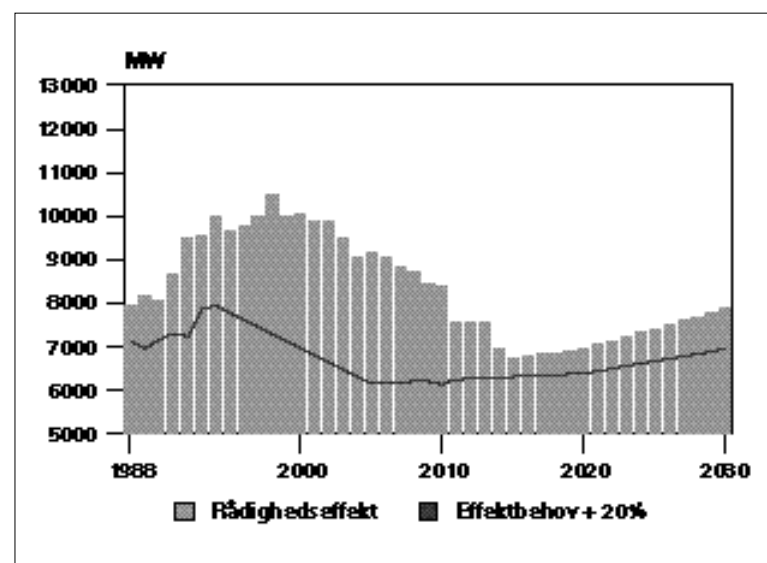
I 2030 er det samlede energiafgrødeforbrug godt 80 PJ/år, hvilket kræver et areal på 300.000-400.000 ha middelgod jord eller 12-15% af det nuværende landbrugsareal. Heraf udgør forbruget til transportformål 30 PJ/år, idet der over-

FIGUR 7.10
Elproduktion fra vindkraft, solceller og bølgekraft i max indsats forløbet.



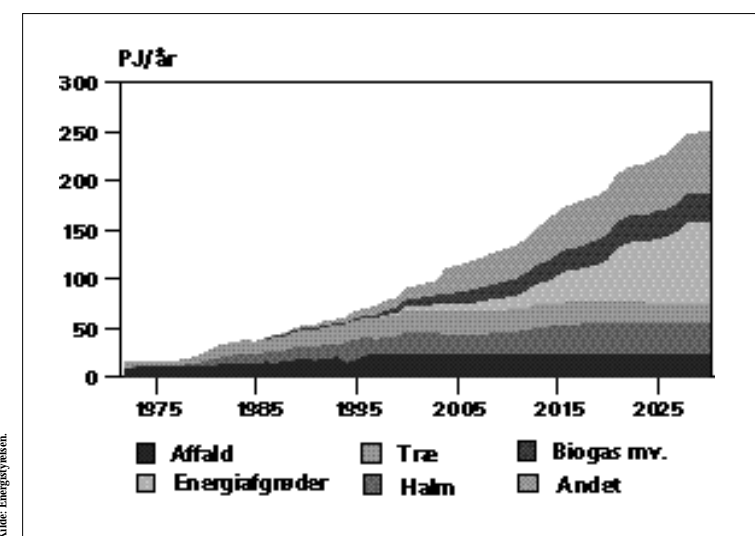
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.11
Rådighedseffekt og nødvendig eleffekt i max indsats forløbet.



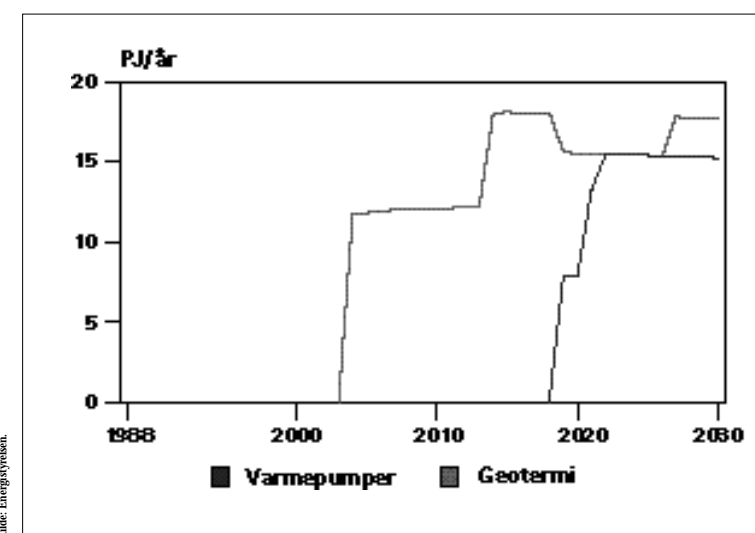
Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.12
Energiproduktion fra ikke-fossile energikilder i max indsats forløbet



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.13
Fjernvarmelevering fra geotermianlæg og store varmepumper i max indsats forløbet



Kilde: Energistyrelsen.

slagsmæssigt er regnet med en omdannelse til ethanol med en effektivitet på 50%.

Det samlede elforbrug falder samtidig med, at der produceres betydelige mængder el fra vindmøller, hvorved elproduktionen i kraftvarmeområderne falder. Selvom der også gennemføres isolering af bygningsmassen i kraftvarmeområderne stiger fjernvarmeforbruget svagt på grund af øget tilslutning, og det er ikke muligt at dække varmeforbruget med kraftvarme alene. Der er derfor behov for supplerende varmeforsyning.

Biomasseanvendelse er af ressource- og transportmæssige grunde mindre hensigtsmæssig i de største fjernvarmeområder. Derfor er brug af geotermi og store varmepumper til varmeforsyning beregningsmæssigt forudsat at finde sted i forbindelse med de største fjernvarmeområder. Driften af geotermianlæg og varmepumper medfører et elforbrug. Dette forbrug kan med brug af varmelagre tidsmæssigt forskydes i forhold til varmebehovet og er derfor velegnet til at udnytte eloverløb.

Den nødvendige anvendelse af geotermi og varmepumpebaseret fjernvarme til dækning af varmebehovene er overslagsmæssigt vist på figur 7.13. Det skal understreges, at mere detaljerede vurderinger af de tidmæssige sammenhænge mellem varmebehov og elproduktion i udviklingsforløbet endnu ikke er gennemført, hvorfor det ikke er muligt at fastlægge, i hvor stor udstrækning eloverløbet kan udnyttes.

7.5 Sammenligning af udviklingsforløb

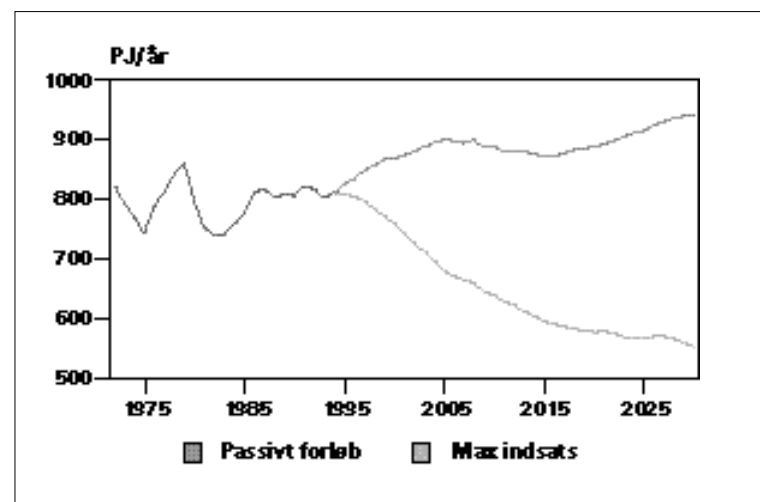
De to udviklingsforløb er ikke prognoser, men skitserer nogle grænser, som den fremtidige danske energiforsyning med den forudsatte økonomiske udvikling med stor sandsynlighed vil befinde sig imellem. I det følgende vil forskellene mellem forløbene blive beskrevet nærmere.

Bruttoenergiforbrug og emissioner

Det fremtidige bruttoenergiforbrug er meget afhængig af, i hvor høj grad der gennemføres tekniske og adfærdsmæssige besparelser. Dette er vist på figur 7.14, hvor det i *max indsats forløbet* er forudsat, at der fra nu af meget massivt gennemføres el- og varmebesparelser samt besparelser på trafikområdet, hvorimod der i *passivt forløbet* kun gennemføres moderate el- og varmebesparelser. Herved er det muligt frem til 2030 at reducere det samlede energiforbrug med 32% i forhold til i dag eller med 41% i forhold til forventningerne i *passivt forløbet*.

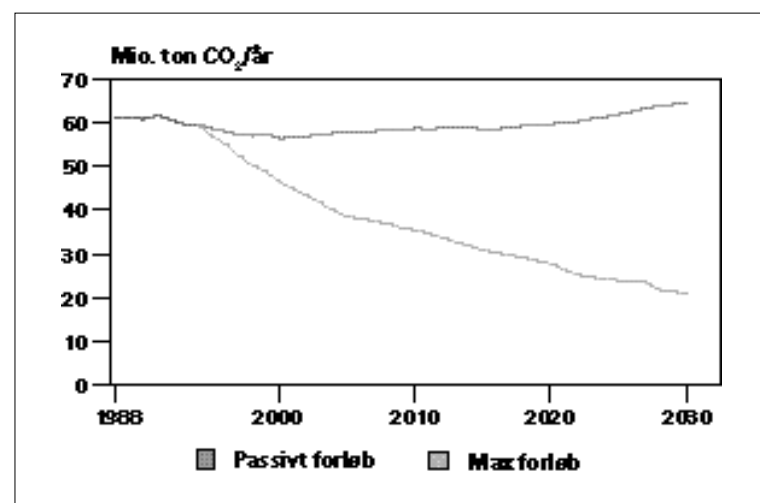
Gennemførelsen af besparelserne er forudsat at ske fra 1995, men selv om dette først påbegyndes om nogle år, vil det på længere sigt stadig være muligt at realisere de beregnede energibesparelser, idet alle apparater, processer mv. forventes udskiftet inden for en tidshorisont på 20-30 år. Der er dog enkelte områder, f.eks. på bygningsområdet, hvor levetiderne er betydeligt længere. Endelig er der mulighed for at forcere udskiftning af apparater mv., før de er udslidte, ligesom de ekstra varmebesparende foranstaltninger ikke nødvendigvis skal gennemføres i takt med den almindelige renovering og vedligeholdelse af bygningsmassen. En forceret

FIGUR 7.14
Bruttoenergiforbrug i passivt og max indsats forløbet



Kilde: Energistyrelsen.

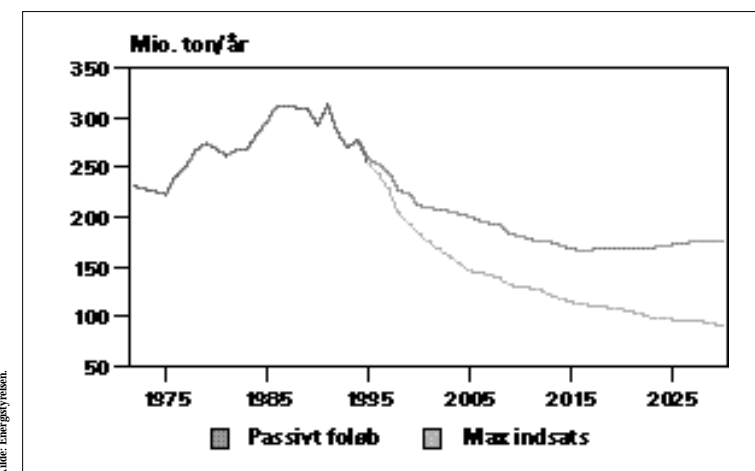
FIGUR 7.15
CO₂-emissioner i passivt og max indsats forløbet. Korrigeret for elimport/-eksport.



Kilde: Energistyrelsen.

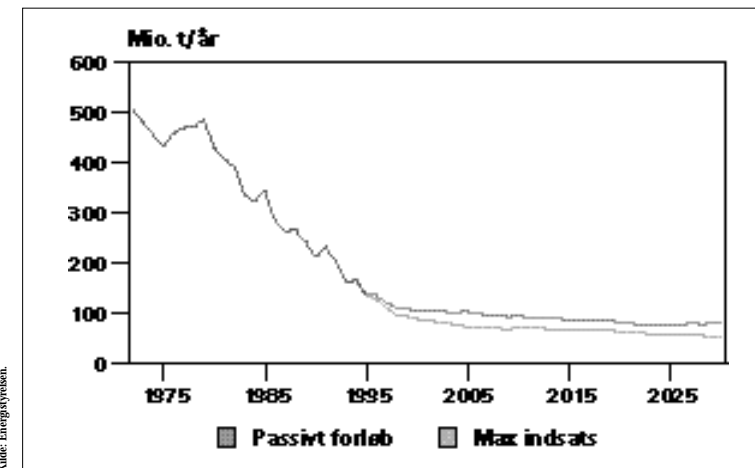
udskiftning vil dog normalt have højere omkostninger end en løbende udskiftning i takt med nedslidningen.

FIGUR 7.16
NO_x-emissioner i det passive og max indsats forløbet



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.17
SO₂-emissioner i det passive og max indsats forløbet



Kilde: Energistyrelsen.

I *max indsats forløbet* med et lavere bruttoenergiforbrug og en stor omlægning til vedvarende energi fås en betydelig reduktion i CO₂-emissionen. I forhold til i dag er reduktionen 65% i 2030, som vist på figur 7.15, men også på kort sigt,

dvs. i 2005, er reduktionen betydelig nemlig 37%. Størstedelen af denne reduktion skyldes besparelser, idet udbygningen med vedvarende energi primært er forudsat at finde sted i takt med, at der sker en nedslidning af det eksisterende forsynings-system, hvor der med faldende forbrug ikke er behov for ny kapacitet inden 2005.

I *det passive forløb* vil anvendelsen af fossile brændsler stige med 15% frem til år 2030 og stadig dække over 90% af energiforbruget. I *max indsats forløbet* falder anvendelsen af de fossile brændsler med 60%, og andelen af bruttoenergiforbruget reduceres til 55%. Dette medfører eksempelvis, at CO₂-emissionen pr indbygger i Danmark reduceres fra nu 11 ton/år til 4 ton/år.

Beregningerne af CO₂-emissionerne i *det passive forløb* medfører ikke nye antagelser om muligheden for at opnå en reduktion på 20% i 2005 i forhold til 1988. Det blev i forbindelse med beslutningen om grønne afgifter på erhvervslivets energiforbrug i foråret 1995 vurderet, at der manglede mindst 5% i at nå CO₂-reduktionsmålsætningen i år 2005. Virkningerne af den vedtagne pakke med grønne afgifter blev vurderet til at medføre en reduktion på 4% point, således at mankoen ville falde til 1%.

Forskellen mellem vurderingerne i foråret og analyserne i denne rapport skyldes de forudsætninger, som ligger til grund for beregningerne. I *det passive forløb* er vigtige dele af "Energi 2000 - opfølgningen" ikke medregnet, herunder effektivitetsnormer, elvarmekonvertering og gasfyring af Avedøre 2, hvilket forklarer 5,3% point af mankoen. Ændrede forudsætninger for den økonomiske vækst medfører en yderligere manko på 5,6%. Endelig medfører en række ændringer af tekniske forudsætninger 2,7%.

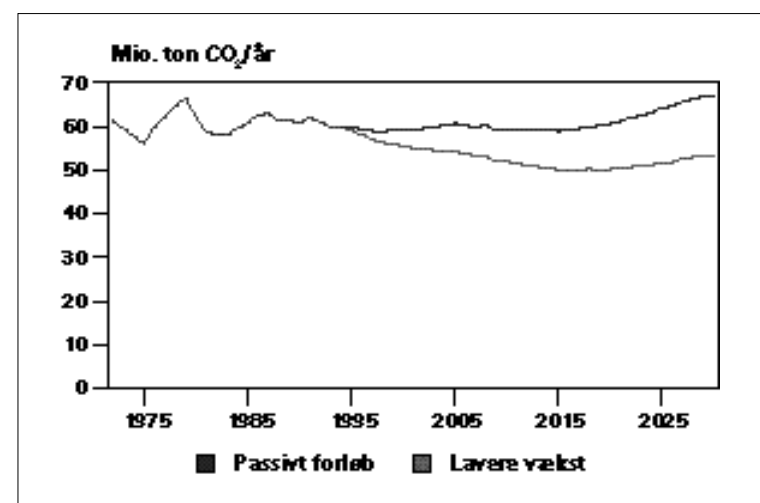
I denne sammenhæng kan det nævnes, at de i november 1995 fremlagte initiati-

ver til fremme af vedvarende energi skønnes at bidrage med en reduktion på 3-4% af CO₂-emissionen i 2005. Dette bidrag er ikke medregnet i *det passive forløb*.

Den beregnede udvikling i emission af SO₂ og NO_x i de to forløb er vist på figurerne 7.16 og 7.17.

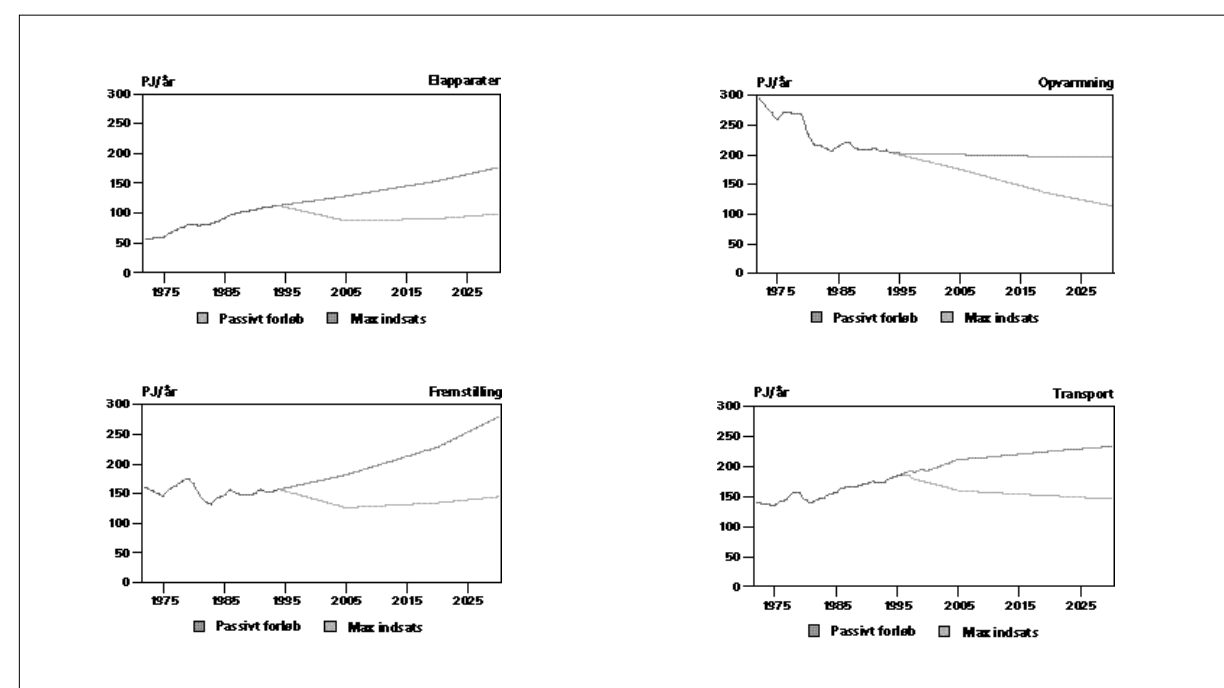
I *det passive forløb* med lavere vækst falder energiforbruget og dermed også CO₂-emissionen som vist på figur 7.18.

FIGUR 7.18
CO₂-emissioner i passivt forløb og i passivt forløb med lavere økonomisk vækst. Korrigeret for elimport/-eksport



Kilde: Energistyrelsen.

FIGUR 7.19
Endeligt energiforbrug i passivt og max indsats forløbet fordelt på anvendelse, henholdsvis elapparater, opvarmning, fremstilling og transport



Kilde: Energistyrelsen.

Sektorernes forbrug

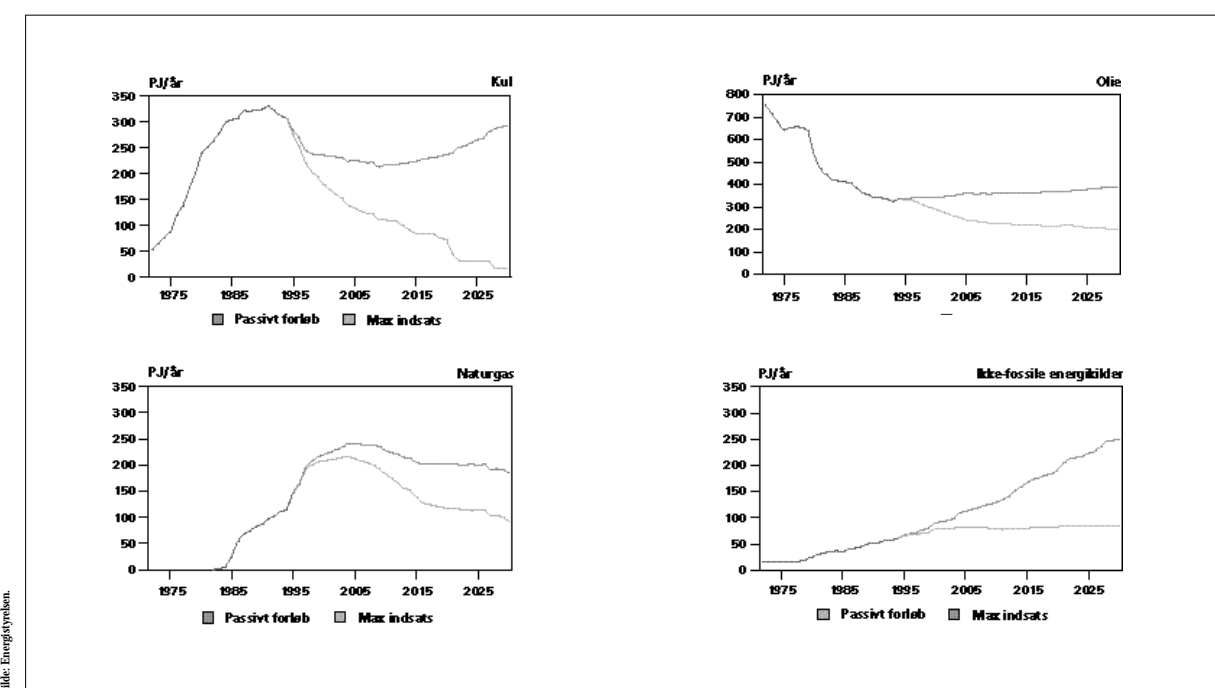
Energiforbrugets fordeling på hovedsektorer er vist på figur 7.19. På alle områder er der påvist tekniske og adfærdsmæssige besparelsesmuligheder, som stort set kan halvere forbrugene i 2030 i forhold til *det passive forløb*. De hurtigste besparelser kan opnås på områder, hvor levetiderne af apparater mv. er kort, som f.eks. på transportområdet, hvorimod udviklingen på opvarmningsområdet forventes at ske langsommere.

Udviklingsforløbene i forbruget af fossile brændsler og vedvarende energi er vist på figur 7.20.

I *max indsats forløbet* omlægges de centrale kraft- og kraftvarmeværker til biomassebaserede kraftvarmeværker og anvendelse af geotermi og varmepumper. Anvendelsen af kul i elforsyningen fortrænges helt ved udgangen af perioden. Tilsvarende gælder for den gasoliebaserede opvarmning, der erstattes enten af kollektiv varmforsyning, af individuelle biomasseanlæg eller varmepumpeanlæg. Tilbage bliver et olieforbrug i transportsektoren og til procesforbrug.

Naturgasforbruget øges frem til omkring 2005, hvorefter det aftager, mest i *max indsats forløbet*, hvor det faldet til under det nuværende forbrug omkring 2020.

FIGUR 7.20
Bruttoenergiforbrug i passivt og max indsats forløbet fordelt på brændsler, henholdsvis kul, olie, naturgas og ikke-fossile energikilder.



Kilde: Energistyrelsen.

I figur 7.21 er det samlede olie- og naturgasforbrug i de to udviklingsforløb sammenlignet med den skønnede danske olie- og naturgasproduktion.

Økonomiske forhold

De gennemsnitlige årlige omkostninger for de to forløb er opgjort for energisektoren excl. transport (dog incl. el til transport). *Max indsats forløbet* har omkring 6 mia. kr. højere årlige omkostninger end *passiv forløbet* i perioderne 1995-2005 og 2005-2020, stigende til ca. 9 mia. kr. årligt for perioden 2020-2030. Heri er inkluderet meromkostninger i *max indsats forløbet* forbundet med el til transportsektoren

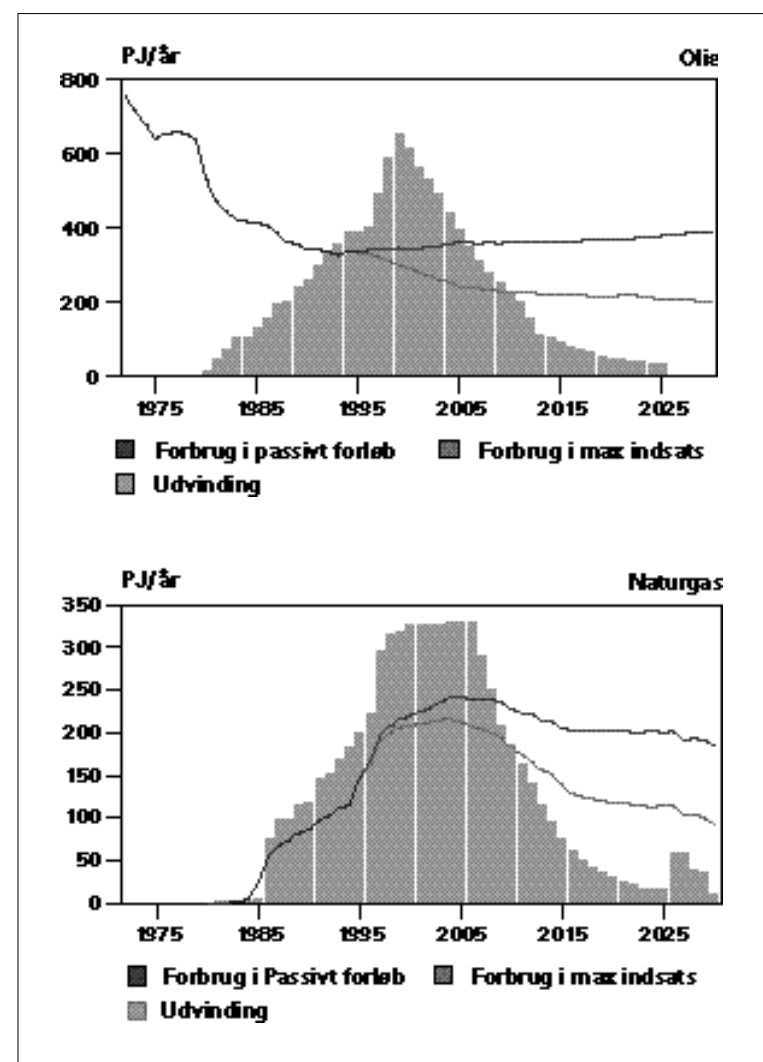
Transportsektorens brændselsomkostninger, eksklusiv el, er lavere i *max indsats forløbet* end i *det passive forløb*. I starten af perioden ca. 1 mia. kr. årligt, i slutningen ca. 5 mia. kr. årligt. Dette må ses i forhold til merinvesteringer i transportsektoren i *max indsats forløbet*. Disse er imidlertid ikke opgjort.

Meromkostninger i *max indsats forløbet* fremkommer som ekstraomkostninger til investeringer, reinvesterings og drift til energibesparelser og forsyningsanlæg på 8 mia. kr. stigende til 17 mia. kr. pr. år., minus brændselsbesparelser på 2 mia. kr. stigende til 8 mia. kr. pr. år.

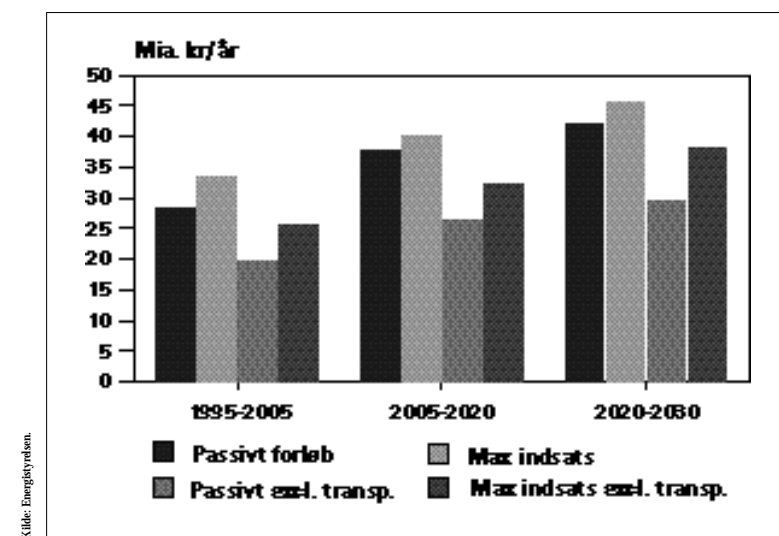
Max indsats forløbet har højere investeringer og lavere omkostninger til brændsel, og vil i år 2030 have en betydelig højere værdi (scrapværdi).

Figur 7.22 viser de gennemsnitlige

FIGUR 7.21 Udvinning i Nordsøen og bruttoenergiforbrug af olie og naturgas i passivt og max indsats forløbet



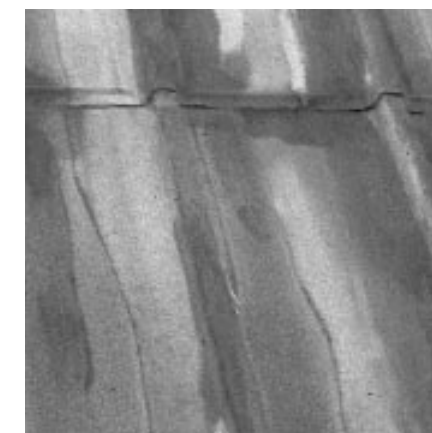
FIGUR 7.22 Gennemsnitlige omkostninger i 1995-prisniveau i det passive og max indsats forløbene med og uden brændselsomkostninger på transportområdet

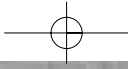


årlig omkostninger opgjort for de tre perioder og de to forløb, henholdsvis med og uden transportsektorens brændselsomkostninger. Investeringer i transportsektoren er som nævnt ikke opgjort.

Det er formentligt muligt at opstille et udviklingsforløb, hvor en kombination af knapt så gennemgribende og dermed billigere besparelser og med reduceret anvendelse af de billigste VE-teknologier og udelukkelse af de dyreste, samlet set medfører lavere omkostninger end i passivt forløbet.

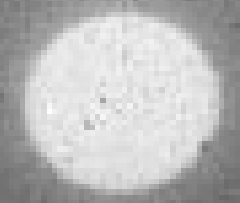
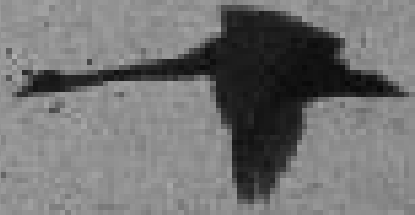
På transportområdet er det muligt at opnå betydelige brændselsbesparelser, op til omkring 5 mia. kr./år sidst i perioden. Meromkostningerne for at opnå disse besparelser er endnu ikke opgjort, men der er formentlig gode muligheder for at gennemføre en række samfundsøkonomisk attraktive tiltag på området.





8.

Elementer til en strategi



Dette kapitel sigter mod at rejse en række spørgsmål om, hvordan vi indretter os i fremtiden. Kapitlet fokuserer på det lange sigt og på miljø- og ressourceproblematikken. Herved sker en vægtning, hvor det korte sigt og de væsentlige problemstillinger om forsyningsforhold og økonomi er mindre fremtrædende. Den kommende energihandlingsplan vil naturligvis rumme både kort- og langsigtede overvejelser.

Energisektoren må løbende indrette sig på at sikre forsyning, skabe en optimal samfundsøkonomi, at løse miljøopgaverne og udnytte energiressourcerne rationelt. På kort sigt og i de konkrete handlinger er det naturligvis især de aktuelle økonomiske og forsyningsmæssige rammer, som bestemmer. Men der er behov for at se langt fremad, hvis miljø- og resourcedimensionen skal tages i betragtning.

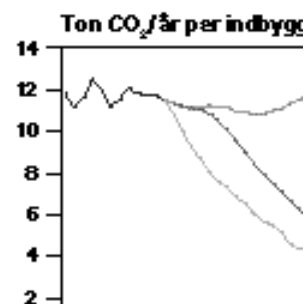
På kort sigt er det fortsat opfyldelsen af målsætningen om 20% reduktion af CO₂-udledningen i år 2005, som vil præge handlingerne på energiområdet.

Omstillinger i energisektoren tager imidlertid typisk et par årtier. De beslutninger, som træffes i dag, bestemmer, hvordan vores energisystem udvikler sig på længere sigt. Derfor må kursen udstikkes efter de langsigtede muligheder og betingelser.

8.1 Langsigtede miljø- og ressourcemål

Lige så vigtig som CO₂-målsætningen har været som pejlemærke de sidste 5 år, lige så vigtigt er det at se frem mod de udfordringer, der kommer efter år 2005. Set i dette lys er de sidste tyve års danske erfaringer på energiområdet yderst nyttige. En væsentlig erfaring er, at omstilling tager tid, en anden, at et fleksibelt energisystem giver flere handlingsmuligheder. De nye udfordringer og løsningen af dem må derfor allerede nu diskuteres.

- Nye langsigtede mål må bl.a. overvejes ud fra vores nuværende viden om vores energireserver og om sammenhængen mellem vækst og bæredygtig udvikling. Et økologisk råderum for Danmark vil være en mulig inspiration for, hvordan vi overvejer langsigtede internationale mål for energianvendelsen. Samtidig må energiforsyningen naturligvis fortsat tilrettelægges ud fra økonomiske hensyn, således at samfundets og erhvervslivets samlede energiregning bliver lavest mulig.
- De langsigtede mål må ledsages af handlinger. Det drejer sig først og fremmest om at omlægge energiforbrug og energisystemer, så der på lang sigt kan ske en væsentlig reduktion af miljøbelastningen. Det vil kræve flere årtier at gennemføre den samlede omlægning, men handlingsmulighederne findes.



- Energisektoren er inde i en udviklingsproces i retning af ændrede kommercielle vilkår og nye rammer for organisationen. I fremtiden vil vi se nye arbejdsformer, både som del af en international markedsudvikling og i form af nye organisationsformer. Det danske samfund kan desuden skabe rammer for nye erhvervs- og eksportmuligheder i forbindelse med energisektorens videreudvikling.

Vækst og bæredygtig udvikling

Den nuværende udvikling i det globale ressourceforbrug er næppe bæredygtig. Ressource- og miljøproblemerne vokser med den stigende befolkning på kloden og specielt med den forventede store vækst i mange udviklingslande. Siden år 1900 er verdens befolkning mere end tredoblet. Verdens energiforbrug er i samme periode steget med en faktor 17. Den eksplosive vækst de sidste ca. fyre år fortsætter.

Denne vækst øger trækket på verdens udtømmelige fossile energiressourcer, og den globale miljøbelastning vokser, herunder efter al sandsynlighed også drivhuseffekten.

I de sidste par årtier er det lykkedes det danske samfund at levere flere energitjenester med et stadigt lavere energiforbrug pr. energitjeneste. Dette har indtil i dag stabiliseret energiforbruget. Samfundets årlige energiregning er reduceret til det laveste i de sidste tyve år. Det skyldes også, at verdensmarkedsprisen på kul og olie for tiden er relativt lav.

Bevaring af en lav energiregning må forudsætte, at de økonomiske ressourcer udnyttes bedst muligt, så samfundet får såvel billig og sikker energi som mindsket miljøbelastning. Det er energiplanlægningens opgave at afdække, hvordan disse mål kan nås.

De fossile ressourcer og energiforbruget
Fortsat vækst i såvel befolkningstal som i energiforbrug pr. person vil i næste århundrede kunne skabe mangel på olie og gas, og vil yderligere understrege det uholdbare i den ulige fordeling mellem verdens lande.

Udvindingen af de danske olie og gasforekomster topper i disse år, og gør landet til nettoeksportør af både olie og naturgas.

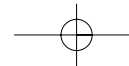
20-30 år fremme er vi inde i en tid, hvor alle de investeringer, vi foretager i dag, vil være afskrevet, og landet vil formentlig stå over for en helt anden situation. Vores tilbageværende Nordsøressourcer vil muligvis være begrænsede, og verdens efterspørgslen på olie og naturgas kan have presset priserne væsentligt op.

Hvis vi i løbet af vores generation skal omstille os til en situation, hvor vi øger mængden af energitjenester, og på samme tid skal reducere brugen af fossile brændsler til en brøkdæl, må vi øge vores tekniske og organisatoriske indsigt. Ændringer i energisystemer tager tid. 20 år er der nu gået siden den første energiplan. Men ændringer i vores livsstil og holdninger kræver også tid.

Vi må således værne os til at operere inden for ressourcerammer, som afspejler sig i vores brug af energi.

Det indebærer, at vi skal være opmærksomme på det ressourceforbrug, der ligger bag den enkelte energitjeneste. Det er væsentligt at anlægge helhedsbetragtninger, så "vugge til grav"-vurderinger indgår. Det er i stigende grad nødvendigt, at mængden af energitjenester revurderes. Ikke alle energitjenester er lige nødvendige. Vil vi afstå fra visse energitjenester?

Ressourcebetragtningerne må desuden indgå i producenteres og andres udvikling og markedsføring af nye teknologier, ligesom forbrugeres fokus på en bevidst og konsekvent udvælgelse af den bedst til-



gængelige teknologi må forstærkes. (En sådan udvælgelse er eksempelvis forudsat i *max indsats forløbet*).

Miljøhensynet må således fortsat integreres i såvel energipolitikken som i de økonomiske og reguleringsmæssige mekanismer. Der må skabes en dynamik, som bedre kan integrere miljøhensynet i de økonomiske prioriteringer.

190

Begrebet "det økologiske råderum"

I begrebet "det økologiske råderum" søges opstillet en formel for løsning af de globale fordelingsproblemer. Tankegangen bag er dels, at trækket på naturressourcer og forurening fra produktion og forbrug ikke må ødelægge kommende generationers livsvilkår, dels at alle har lige ret til at trække på ressourcer og at belaste miljøet.

Som et eksempel på en dimension i et muligt økologisk råderum er de to udviklingsforløb lagt ind i det scenario for år 2100, som blev præsenteret i kapitel 2.

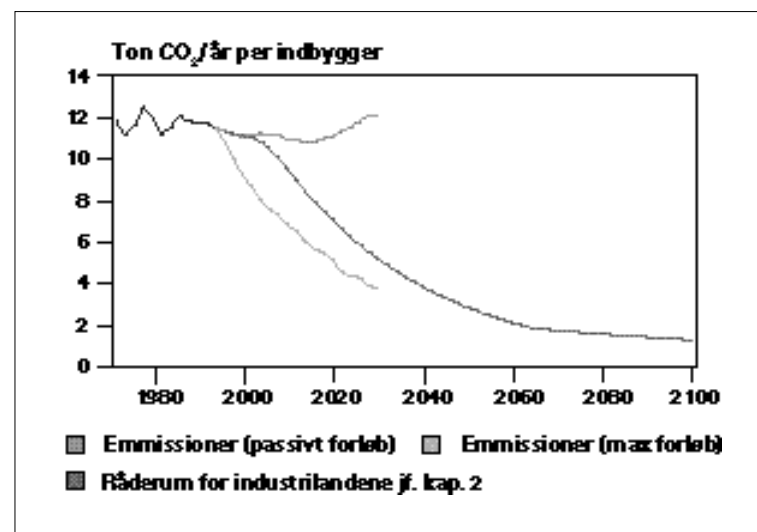
Figur 8.1 viser, at det ene yderpunkt *max indsats forløbet* ligger under beregningseksemplet, mens *det passive forløb* ligger over. Allerede fra årtusindskiftet vil Danmarks samlede CO₂-emission ifølge *det passive forløb* begynde at vokse igen, og omkring 2020 vil emissionen være større end for *Energi 2000*.

Tilrettelæggelse af udviklingen

En storstilet indsats over for CO₂-udledningen, som i *max indsats forløbet*, er beregnet til at medføre en forøgelse af den samlede energiregning. Samfundets energiregning vil dog næppe komme over det høje niveau i begyndelsen af 1980'erne. En sådan indsats vil herudover indeholde langt større indenlandsk produktion og beskæftigelse.

Den energipolitiske strategi må sigte mod, at økonomisk vækst knyttes til frembringelse af bæredygtige energitjene-

FIGUR 8.1
Sammenligning mellem beregningseksemplet i kapitel 2.4.2 og de to udviklingsforløb



Kilde: Energistyrelsen.

ster, der produceres ved lavest mulige omkostninger. Det vil være en vigtig opgave at udvikle vækstbegrebet, så det bedre afspejler hensynet til de udtømmelige ressourcer og miljøbelastningen, og øger anvendelsen af andre ressourcer, f.eks. arbejdskraft.

En forøgelse af energiregningen kan kobles sammen med en reduktion i den årlige CO₂-udledning. I en økonomisk prioritering gælder det om at vælge de løsninger, som giver den mindste meromkostning (f.eks. målt i kroner pr. ton CO₂-reduktion pr. år).

8.2 Overvejelser om formulering af en ny langsigtet målsætning

En konkretisering af det økologiske råderum kan inspirere den danske holdning i internationalt energi- og miljø samarbejde. Det drejer sig om på samme tid at mind-

ske presset på ressourceudtømming og miljø og at skabe en bedre fordeling af ressourcerne for at give plads til en stigende økonomisk velfærd for de fattige lande.

Det vil være nødvendigt med en omfattende og målrettet økonomisk satsning i de rige lande for at udvikle miljøvenlig og resourcebesparende teknologi, og det internationale samfund må udvikle det økonomiske vækstbegreb i en mere kvalitativ retning. Gennem internationalt, økonomisk samarbejde må der sikres en prioritering af en hurtig spredning af de nye teknologier. Parametrene for international konkurrencevne må give et positivt udslag, når lande anstrænger sig for at bevæge økonomien mod miljømæssig bæredygtighed, og samtidig skaber plads for økonomisk udvikling for de fattigere lande.

En ny international udviklingsmodel er nødvendig, men det vil tage lang tid at ændre de grundlæggende præmisser for internationalt samarbejde. Selv om Danmark er et lille land, har vi mange muligheder for at fremme en hurtigere omstilling af økonomien til et mere bæredygtigt grundlag.

Langsigtede målsætninger

Nutidens energipolitiske valg giver bindinger, som rækker ud over 2005. Skal der fastlægges politiske rammer for udviklingen på det lange sigt, og i givet fald hvilke?

Skal Danmark i klimaforhandlingerne argumentere med udgangspunkt i begrebet økologisk råderum?

Det tekniske potentiale tillader en kraftig reduktion i energiforbruget og energisektorens miljøbelastning, også med en kraftig økonomisk vækst. Er vi villige til at gå foran for at realisere disse muligheder?

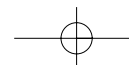
Den første forudsætning for at påvirke den internationale udvikling vil være, at vi selv er i stand til at finde nye løsninger. Fastlæggelsen af langsigtede energi- og miljømål som i *Energi 2000* samt formuleringen af nye mål, som rækker endnu længere, sammenholdt med konkret vilje og evne til at virkeliggøre målene, vil være nødvendig, hvis de danske synspunkter skal have troværdighed og gennemslagskraft i internationalt samarbejde. En dansk miljøprofil må have substans.

Den anden forudsætning er, at de løsninger og de nye teknologier, vi selv er med til at udvikle, også kan finde internationalt modsvar og markeder. En dansk satsning må ikke være isoleret, men må have forbindelseslinjer til internationalt samarbejde. Danske forskere og virksomheder skal kunne omsætte den særlige danske profil til internationale vilkår. Vores egen udvikling foregår ikke i et lukket rum, men i stigende grad på et åbent marked.

Markedsåbningen må ikke fjerne grundlaget for, at Danmark kan gå foran, men skal bruges til, at vi bruger ressourcerne på en endnu mere omkostnings- og miljøeffektiv måde. Uden effektivitet undermineres grundlaget for en særlig dansk miljøprofil og dermed påvirkningsmuligheden i det internationale samarbejde.

Den tredje forudsætning er, at Danmark spiller aktivt med i de internationale samarbejdsorganer. Danmark må især via EU presse på for, at drøftelserne frem til klimakonventionens 3. partskonference i 1997 fører frem mod fastlæggelsen af forpligtende reduktionsmål for drivhusgasudledning og anvendelse af fælles politikker og virkemidler i størst mulig udstrækning. I EU må Danmark arbejde for, at miljøhensynet integreres i energipolitikken. I forbindelse med Regeringskonferencen om revisionen af Maastricht-trak-

191



taten i 1996 kan Danmark arbejde for at give miljøhensyn en stærkere placering i forhold til det indre marked, og Danmark kan desuden være med til at fremme energipolitiske initiativer i EU, som stiller øgede krav til den teknologiske udvikling, specielt med hensyn til vedvarende energiteknologier og øget energieffektivisering.

8.3 Krav til fremtidens energisystem

Det danske fokus på forsyningsikkerheden de sidste 20 år har lagt grunden til Danmarks bidrag til løsningen af de globale ressource- og miljømæssige problemer. Der er sket en betydelig omlægning fra et ensidigt olieforbrug til i dag, hvor vi har et flerstrengt system med mange energikilder, og hvor vi i realiteten de næste 10-15 år kun er afhængige af kulimport. Ved satsningen på flere forskellige primære energikilder står Danmark i dag rustet over for knaphedssituationer på kort sigt. På længere sigt er situationen imidlertid mindre afklaret, medmindre der findes nye gas- og olieforekomster, eller der indgås langsigtede og robuste aftaler om energiudveksling - naturgas, vandkraft mv. - med vores nabolande.

I *det passive forløb* vil Danmark om et par årtier igen blive meget afhængig af importeret energi. Hvis den forventede stigning i den globale efterspørgsel efter fossil energi indtræffer i samme periode, vil det også for Danmark kunne betyde både forsyningskriser og negative virkninger på betalingsbalancen.

Ønsket om reduktion af CO₂-udledningen og hensynet til landets forsyningsikkerhed med brændsler trækker i samme retning: - at nedbringe landets behov for fossil energi. Bidrag hertil kan opnås ved satsning inden for 3 hovedområder:

- Energieffektivisering i slutforbruget.
- Vedvarende energikilder skal udvikles og forsyningen udbygges.
- Energisystemet skal effektiviseres.

Som følge af den række af energipolitiske initiativer, som allerede er taget inden for disse 3 hovedområder, har det årlige energiforbrug været nogenlunde uændret over nogle år, mens der i samme periode har været økonomisk vækst. Det har samtidig medført, at landet er førende i udnyttelse af bl.a. vindkraft, og at det danske kraftvarmesystem giver høj brændselsudnyttelse. Men *max indsats forløbet* illustrerer, at det er muligt at omlægge energisystemet mere gennemgribende, hvorved det fossile energiforbrug bliver minimalt, og CO₂-udledningen mindskes med to tredjedele inden for de næste tre-fire årtier.

Energieffektivisering i slutforbruget
Fokuseringen på CO₂-reduktionsmålet har været med til at sætte de miljømæssige effekter af energiforbruget under debat. Men netop fordi Danmark med en række tekniske løsninger i især forsyningssektoren søger at nå 20%-reduktionsmålet, har der kun i et vist omfang været sat fokus på energiefterspørgslen.

Opstilling af konkrete mål for reduktion af energiefterspørgslen vil kunne medvirke til at igangsætte en udvikling.

Der er et meget stort potentiale for at spare på energien til dækning af energitjenester som f.eks. tøjvask, belysning, opbevaring af madvarer eller forarbejdning af råvarer. Også i bygningsopvarmning mv. findes store potentialer.

Herudover er der et potentiale i mere "energirigtig" adfærd, både i husholdningerne, erhvervslivet og den offentlige sektor.

Desuden vil fremtidens mængde af energitjenester kunne variere, dels afhængigt af den økonomiske vækst, dels som et



bevidst valg til overholdelse af energimæssige rammer. Vi kan f.eks. vælge at tilrettelægge et transportmønster, hvor transportarbejdet, herunder ikke mindst kørsel i egen bil, bliver mindre.

De samlede vurderinger af energibesparelsespotentialerne viser, at der over den næste generation er et potentiale til at halvere energiforbruget i forhold til det nuværende. En del af dette potentiale vil blive modvirket af, at antallet af energitjenester forventes at vokse.

Allerede set på kort sigt foreligger der potentialer for energibesparelser, som ikke udnyttes. Det afspejler, at der i dag ikke sker en maksimal indsats i energieffektivisering.

En sådan indsats omfatter en vifte af forskellige virkemidler:

- information, rådgivning og kampagner over for forbrugere
- økonomiske incitament i form af afgifter og tilskud
- energisyn, energimærkning mv.
- krav, standarder og effektivitetsnormer for bygninger, maskiner, apparater mv.
- udskiftnings- og tilslutningskrav i til-

Effektivt slutforbrug

Hvordan opnås det bedste resultat i gennemførelsen af effektivitetsnormer for elapparater mv., skal Danmark gå enegang, skal vi afvente EU's initiativ, eller skal vi samarbejde med andre lande?

Hvor langt vil danskerne gå i retning af at ændre adfærd og livsstil for at opnå yderligere besparelser?

Hvordan organiserer vi en omfattende indsats i energieffektivisering?

knytning til kollektive forsyningsystemer

- forskning, produktudvikling, aftaler med producenter osv.

Det er vigtigt, at aktørerne har de rigtige incitament. Det vil bl.a. sige, at de nødvendige økonomiske rammebetingelser skal være til stede. Samtidig må der bevidst sættes på forskning og udvikling for at effektivisere og billiggøre de nødvendige teknologier, og på at disse teknologier introduceres målbevidst.

Med introduktionen af mærkbare grønne afgifter for erhvervslivet i foråret 1995 er der nu skabt incitament til energibesparelser for alle forbrugsgrupper.

Hvilke virkemidler, man ønsker at benytte sig af i fremtiden, må bero på en nøjere vurdering af virkninger, gennemførlighed, økonomi og mulige aktører. Samtidig må der indgå en vurdering af, hvorledes initiativerne indgår i en international sammenhæng. Europæisk og internationalt samarbejde, aftaler eller regler, f.eks. om normer for elapparater, vil i flere tilfælde bestemme et initiativ gennemslagskraft både her i landet og på verdensplan. De hidtidige erfaringer med at indføre ambitiøse EU-normer har ikke været lovende.

En ambitiøs realisering af de store potentialer for energibesparelser vil i givet fald tage lang tid og kræve en stabil og målrettet indsats. Dette vil ikke blot indebære en kraftig satsning på tekniske løsninger, men sandsynligvis også berøre den måde, vi tilrettelægger vores daglige adfærd og energiforbrug.

Vedvarende energi

Der er store potentialer for at forøge udnyttelsen af vedvarende energi. Disse potentialer er i realiteten meget rigelige i forhold til landets energibehov, og der er således gode muligheder for på længere

sigt at skabe en dansk energiforsyning, baseret på vedvarende energikilder.

Potentialerne findes inden for vind, biomasse, sol, geotermi, mv.

En væsentlig udvidelse af energiforsyningen fra vedvarende energikilder kræver at:

- der skal findes en færdigudviklet, pålidelig og effektiv teknologi
- teknologien skal indpasses i det øvrige energisystem
- økonomien skal være i orden
- energiudnyttelsen skal afvejes mod andre hensyn, f.eks. natur- og landskabsbeskyttelse
- der skal være aktører og interessenter, som kan påtage sig at stå for udbygningen
- udnyttelsen af potentialet må organiseres rationelt

I *max indsats forløbet* er det uden videre forudsat, at disse forhold er bragt på plads. En udbygning med vindkraft, så den dækker en væsentlig del af elforsyningen vil f.eks. kræve at:

- der findes lokaliseringer, som er afvejet mod natur- og landskabshensyn,
- udbygningen er organiseret i parker med store møller,
- vindkraftudbygningen integreres i det øvrige elsystem, og
- udbygningen sker ved kompetente aktører og sikres økonomisk

Tilsvarende vil f.eks. en systematisk brug i stor skala af geotermisk energi i de store fjernvarmesystemer bl.a. kræve, at den geotermiske varme indpasses i det aktuelle produktionsmønster af el og varme.

Andre typer af problemer skal løses i forbindelse med småskala anlæg for vedvarende energi, hvor forsyningen skal organiseres i forhold til et stort antal interessenter.

Vedvarende energi

Hvilke typer vedvarende energi ønsker vi at prioritere i fremtiden, og ønsker vi at satse på stor udbredelse af vedvarende energi?

I hvilket tempo og på hvilke måder stimulerer vi den teknologiske udvikling af danske VE-teknologier gennem forskning, udvikling og demonstrationsanlæg mv., og hvordan kan de indgå i en international udvikling?

Hvordan organiserer vi udbygningen, og skal den bestå af store fællesanlæg eller små individuelle?

En dansk indsats i vedvarende energi kan med fordel tilrettelægges under indtryk af, hvad der rummer internationale perspektiver med hensyn til teknologiudvikling og eksport.

Der er således behov for en indsats på flere niveauer - teknologisk, organisatorisk, økonomisk osv. - for at få den vedvarende energi fremmet til en hovedrolle i fremtidens energiforsyning. Det tager mange år at gennemføre denne indsats.

Effektivt energisystem

For at strække de nuværende indenlandske reserver af fossile brændsler, og samtidig reducere CO₂-udledningen mest muligt, er det nødvendigt at udnytte dem effektivt. Dette gælder naturligvis også i en fremtid med vedvarende energikilder. En effektiv udnyttelse af energien kan være metoden til at sikre en overgang fra en tid med store mængder billige fossile brændsler til en fremtid med et begrænset økologisk råderum.

En effektivisering af energisystemet forudsætter, at alle led i forsyningen må

vurderes, fra udvindingen af energi, transport, konvertering og distribution til slutforbrug mv. Det betyder også, at de forskellige dele af energisektoren må ses på tværs: - el, varme, naturgas, vedvarende energi mv., og at koblingsmulighederne kan udnyttes til kraftvarmeproduktion, varmepumper, løsning af overløbsproblemer mv.

Disse muligheder er kun delvis belyst i de to udviklingsforløb. Men det fremgår af analyserne, at der er flere potentielle muligheder, som ikke er fuldt udnyttet i dag, f.eks. i kraftvarmeudbygningen, konvertering fra elvarme til kraftvarme eller naturgas, mv.

Der er både organisatoriske og økonomiske barrierer for at udnytte disse muligheder. Det må derfor forudsættes, at disse spørgsmål løses i et energiscenario, hvor de fossile brændsler skal strækkes. Et hovedemne i den kommende energiplan

Effektivt energisystem

Hvordan kan vi arbejde for, at der i EU og i Danmark opstilles mål og effektivitetskrav til udnyttelsen af fossile brændsler, f.eks. i kraftvarmeproduktion?

Hvordan kan eludveksling med Norge og Sverige sikres brugt som aktivt virkemiddel til at øge fleksibiliteten i elsystemet?

Er den igangværende integrerede ressourceplanlægning i elsystemet tilstrækkelig til at åbne for en sammenhængende udnyttelse af energisystemet, eller skal den udvides til også at omfatte fjernvarme- og naturgassektoren samt vedvarende energi?

Skal der opstilles øgede økonomiske incitamenter til at bruge energien rationelt, f.eks. afgifter på naturgas og brændsler til elværker?

kan være at fastholde sammenhængen til udnyttelse af de fossile brændsler.

Disse emner har også en international dimension. Krav til markedsmekanismer mv. stiller sig hindrende for en effektiv integration i energisystemet. Markedsåbning kan omvendt skabe nye muligheder for udveksling af energi og arbejdsdeling i energisystemerne.

Stilles der f.eks. effektivitetskrav til større energianlæg, vil det bl.a. kunne bane vejen for en større udbredelse af kraftvarmen internationalt. En udbredelse af kraftvarme i Europa på samme niveau som det nuværende danske skønnes at ville kunne reducere Europas samlede CO₂-udledning med 10-15%.

8.4 Nye arbejdsformer

Fremtiden byder på nye udfordringer for energisektorens aktører. Der ses flere tendenser i den internationale udvikling:

- energiselskaberne er generelt på vej fra en mere teknisk orientering til en markedsrettet/kundeorienteret udvikling
- for el- og naturgassektorerne går den europæiske udvikling i retning af øget international konkurrence og større økonomisk integration på tværs af landegrænserne
- markedet for leverancer af eksempelvis kraftværksteknologi er også blevet mere åbent efter gennemførelsen af EU's udbudsregler og de globale handelsaftaler
- markederne for teknologi til vedvarende energi, energieffektivt udstyr mv. er i vækst internationalt.

Disse tendenser betyder en bevægelse over i et nyt handlingsmønster, som også får afsmitning for den danske energisektors måde at indrette sig på.

Nyorientering af opgaverne

I fremtiden må det forventes, at der vil blive lagt mere vægt på indholdet af en energitjeneste, dvs. ydelsens pris og kvalitet, samt det ressourceforbrug, der ligger bag. Det bliver derfor ikke kun nettoenergi prisen, der vil blive fokuseret på. Hvordan vægten vil blive lagt, vil afhænge af bl.a. de forskellige incitamenter i form af afgifter, effektivitetskrav mv.

Via brugen af energitjenester er hver især med til at bestemme et ressourceforbrug, og har dermed bidraget til den globale miljøbelastning. Ud fra en bæredygtigheds synsvinkel vil der opstå et helt andet kritisk forhold til ineffektiv energiforsyning, f.eks. udtrykt i efterspørgsel efter "grøn el", "skrabe-el" osv.

Den danske energisektor har længe været på vej ind i nye opgaver med øget vægt på energieffektivisering, vedvarende energi, kraftvarme mv. Det gør på forhånd sektoren godt rustet til en mere bæredygtig fremtid. Forventningen om nyorientering rejser naturligt spørgsmålet om den videre organisering.

Markedsåbning

I hovedparten af de europæiske lande, også de nordiske, har den offentlige sektor spillet en rolle i energiforsyningen. Det gælder både brydning af kul, udvinning af olie og naturgas, og elproduktion som kernekraft, vandkraft mv. Offentlige virksomheder inden for kul, el og naturgas har forsynet forbrugerne i konkurrence med de store multinationale oliekoncerner.

Oliekriserne med de stærkt stigende energipriser i 1970'erne øgede behovet for aktiv offentlig deltagelse, også i Dan-

mark. Nye mål som selvforsyning og national energiproduktion opstod, og national energipolitik blev et nyt vigtigt politikområde i mange lande.

I EU har man gennem flere år søgt at skabe enighed om fælles regler for øget konkurrence på el- og naturgasområdet. De øvrige nordiske lande gennemfører en elliberalisering, og Norge og Sverige er ved at etablere en fælles elbørs. Dette rejser spørgsmålet om, hvordan den danske energi- og miljøpolitik realiseres i et mere konkurrencepræget energimarked.

Markedsåbning vil ændre rammerne for realisering af den danske miljø- og energipolitik, f.eks. vil den hidtidige aftalebaserede styring af elsektoren næppe kunne opretholdes på samme måde. Der vil være behov for, at de offentlige forpligtelser, som el- og gasselskaberne pålægges for at sikre miljøhensyn og forsyningsikkerhed, præciseres og fastlægges i forhold til selskabernes kommercielle råderum. Det må endvidere sikres, at omkostninger ved den fastlagte energi- og miljøpolitik fordeles ligeligt mellem alle forbrugere.

Mere konkurrencebetonede el- og gasmarkeder vil påvirke investeringsadfærden på grund af øget usikkerhed om forrentningen af de gennemførte investeringer. Krav om hurtigere tilbagebetaling og høj risikodækning vil vanskeliggøre finansiering og gennemførelse af langsigtede og kapitalintensive investeringer. Brændselsbillige teknologier som f.eks. mange former for vedvarende energi og kul teknologier vil komme i klemme. Englands opgivelse af udbygning med kernekraft er et eksempel på dette forhold.

De danske energiselskaber

Den danske el- og fjernvarmesektor har bl.a. en lokal oprindelse i kommunale værker og andelselskaber. I takt med den tekniske udvikling er der bygget videre på



Nye arbejdsformer

Hvordan skal udformningen af energi- og miljøpolitikken tilpasses forholdene vedrørende markedsåbning ?

Hvordan skal hensyn til forbrugerbeskyttelse, miljø, forsyningsikkerhed mv., varetages i fremtiden, og hvilke roller og opgaver pålægges energiselskaberne ?

Hvordan skal prisregler og "hvile i sig selv"-princippet udformes i fremtiden?

Hvordan skal der bygges videre på energiselskabernes nuværende organisation, og er der behov for at styrke konkurrenceelementet ?

Hvilken betydning skal forbrugere og kommunal deltagelse have i fremtiden?

denne model til større sammenslutninger, specielt i elsektoren. Rollefordelingen inden for de enkelte sektorer kan tænkes ændret. Inden for elsektoren kan man forestille sig, at distributions-, transmissions- og produktionselskaberne får mere selvstændige og forskellige roller end i dag.

Elsektoren overvejer konsekvenserne af markedsåbning, bl.a. aspekterne i forhold til de opsparede indre værdier og elforbrugerne. Elsektoren er bl.a. ved at forberede sig gennem effektiviseringstiltag inden for selskaberne, fusioneringer mellem selskaber, organisering af elhandlen og alliancer med udenlandske selskaber.

Fjernvarmesektoren kan komme under pres, hvis elsektorens økonomiske mekanismer ændres, fordi fjernvarmen i Danmark i meget høj grad bliver produceret samtidig med produktion med el. Forbrugerbeskyttelsen af fjernvarmekunderne er her et centralt emne.

På *naturgasområdet* er DANGAS' eneret på import af naturgas allerede ophævet. Naturgasselskaberne er begyndt at afdrage på den store gældsbyrde og forventes at have afdraget gælden inden for ti-tolv år. Samtidig har regeringen over for Europakommissionen tilkendegivet, at man vil udarbejde en samlet plan for omlægning af sektoren gennem en overgangsordning.

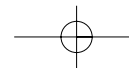
Den vedvarende energi og energibesparelser kan få en mere central rolle i fremtiden. I denne forbindelse opstår spørgsmålet om rollefordelingen mellem energiselskaber, de lokale aktører og den private sektors engagement, og om hvorledes konkurrenceelementer kan benyttes til at fremme udnyttelse af vedvarende energi og energibesparelser.

Det demokratiske islet med kommunal deltagelse og forbrugers engagement indgår i disse problemstillinger. Det bør overvejes, hvordan forbrugers mulighed for indflydelse på energisystemet kan realiseres i forbindelse med en øget markedsorientering.

8.5 Transportsektoren

Transportsektoren er kilde til en voksende del af Danmarks CO₂-udledning, og desuden hovedansvarlig for lokal luftforurening i byer mv. Mere end halvdelen af det samlede forbrug af olieprodukter i Danmark anvendes til transportformål. I *det passive forløb* forudses, at transportsektorens CO₂-udledning i år 2005 vil være 22% over niveauet i 1988.

Væksten vil kunne medføre, at transportsektorens CO₂-målsætning for år 2005 ikke kan opfyldes. Det kan derfor blive nødvendigt at iværksætte yderligere initiativer på trafikområdet. I modsat fald skal der muligvis kompenseres ved at sætse på relativt dyrere besparelser i den øvrige energisektor.



Mens udviklingen i de private husholdningers energiforbrug er stabiliseret i takt med den voksende energieffektivitet i apparater mv., er brugen af privatbiler derimod kraftigt stigende. Biltallet vokser, og turene til arbejde, fritid, indkøb osv. bliver længere. Benzinøkonomien i bilparken forbedres kun langsomt. Udviklingen betyder, at husholdningernes energiforbrug "flytter hjemmefra".

198

Der er behov for initiativer, der sigter på at transportsektorens mål om stabilisering af CO₂-udledningen i år 2005 opnås. Samtidig må initiativerne vælges, så de er de mest hensigtsmæssige og samfundsøkonomisk set mest effektive, også vurderet på tværs af transportsektoren og energisektoren.

8.6 Erhvervsfremme

Mange overvejelser om økonomi og markedsforhold fokuserer på den eksisterende forsyningsstruktur og på gradvise forandringer af en kendt forsyningsverden. I en fremtid, hvor der skal leveres energitjenester med lavest muligt ressourceforbrug, bliver energieffektivitet og miljøkrav til produkter og teknologi helt afgørende. Det gælder bygninger, biler, apparater, maskiner, kraftværker osv. Ligeledes kommer energieffektive og miljøvenlige teknologier til udnyttelse af vedvarende ener-

Transportområdet

Hvordan sikres transportområdets bidrag til at reducere CO₂-udledningen. Skal vi f.eks. opstille præcise rammer og bindende handlinger på området?

gi og renere brændsler i centrum.

Derfor bliver en ny, vigtig opgave for myndigheder og erhvervsliv at skabe de rette rammer og markedsforhold for fremtidens "succesteknologier" ved at arbejde for, at både produktudbuddet og brugernes krav ændrer sig. Indsatsen kommer derved til at dreje sig om en hel kæde fra fabrikant til forbruger - fra forskning og produktudvikling, omstilling af produktsortiment, markedsføring af nye teknologier til påvirkning af den enkelte forbrugers præferencer.

Der er behov for at skubbe videre i udviklingen af en sådan ny reference, både internationalt, i EU, på nordisk og på dansk plan.

Men allerede i et kortere perspektiv flytter vægten i opgaverne. Det ses f.eks. i udviklingen af teknologi, produktion og udbredelse af vindkraft og andre vedvarende energianlæg. Den store vækst i dansk produktion af udstyr til energisty-



Erhvervsfremme

Hvordan udnytter vi eksportmæssige styrkepositioner vedr. f.eks. kraftværksteknologi, styrings- og reguleringsteknik og vedvarende energi bedre?

Hvordan sikrer vi, at de næste års udvikling underbygger de eksisterende eller skaber nye styrkepositioner, og hvilke aktører skal på banen?

ring, pumper, lavenergiapparater osv. er et signal om, at energieffektivitet er en af hovedparametrene i dagens efterspørgsel.

Udviklingen af dansk udstyr og know-how er på et niveau, så der opnås konkurrencemæssige og beskæftigelsesmæssige fordele. Styrkepositionerne er f.eks. vedvarende energi, energieffektivisering, fjernvarme, kraftvarme og kulteknologi. I en eksport- og erhvervsammenhæng gælder det om både at skabe og udnytte danske styrkepositioner på det internationale marked, og dette kan give fordele for dansk økonomi, beskæftigelse og handelsbalance.

8.7 Dansk energipolitik på kort og langt sigt

Det danske samfund skal sikres en billig, sikker og miljøvenlig energiforsyning.

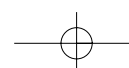
På kort sigt vil udfordringerne ligge i at udvikle CO₂-målene og de strukturelle ændringer på energimarkedet.

I et længere tidsperspektiv, får hensynet til *forsyningsikkerhed* og *miljø* stigende betydning. Knapthed på olie og naturgas vil opstå i det næste århundrede. Hvis der viser sig nye store olie- og gasforekomster, eller satses massivt på anvendelse af kul, vil CO₂-udledningen stige til det uacceptable. Der vil derfor under alle omstændigheder være behov for internationale initiativer, der sigter på reduktion af det fossile energiforbrug og CO₂-udledningen.

Danmarks situation kan ses som et billede af den globale. De danske olie- og gassressourcer vil imidlertid udtømmes før de globale fossile energiresourcer. Med dette udgangspunkt kan vi ruste os til at møde den langsigtede udvikling ved at tilrettelægge en dansk energipolitik, der allerede på kort sigt giver høj prioritet til reduktion af anvendelsen af fossile energiresourcer uden samtidig nedgang i den økonomiske velstand. Danmark kan dermed vælge at skabe sin energifremtid på en måde, der har relevans for kloden som helhed.



199



Bilag 1

Beregnings- forudsætninger

Indhold

Metode og forudsætninger for fremskrivning af energiforbrug

Metode og forudsætninger for fremskrivning af energiforsyning

Samfundsmæssige forudsætninger

Samfundsøkonomiske brændselspriser

Forudsætninger for Passivt Forløbet

Forudsætninger for Max Indsats Forløbet

Metode og forudsætninger for fremskrivning af energiforbrug

Grundlæggende fremskrives energiforbruget ud fra indextal for aktivitet, adfærd og teknologieffektivitet i de betragtede slutanvendelser i forhold til 1994. Sammenhængen kan beskrives således:

$$E_x = E_{94} * Ak_x * Ad_x * Ef_x$$

hvor

- E_x er energiforbruget i år x
- E_{94} er energiforbruget i 1994
- Ak_x er aktivitetsniveauet i år x i forhold til 1994
- Ad_x er adfærdindex for år x i forhold til 1994
- Ef_x er teknologieffektiviteten i år x i forhold til 1994

Denne grundlæggende fremskrivningsmetode er anvendt både i passivt forløbet og *max indsats forløbet*. Med hensyn til beregningsforudsætningerne er der anvendt samme forudsætninger om udviklingen i aktivitetsniveauet i samfundet i de to forløb. Forskellen mellem de to udviklingsforløb på forbrugssiden er således antagelserne om besparelsesindsatsen, d.v.s. hvilken teknologi, der anvendes, og hvilke adfærdændringer, der forudsættes. Hertil kommer forskellige forudsætninger om omlægning af energiforsyningen hos slutenergiforbrugerne.

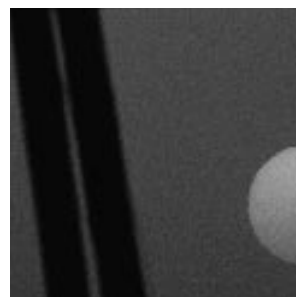
De fælles antagelser om aktivitetsniveau er uddybet neden for, herunder hvil-

ken aktivitetsparameter, der anvendes på de forskellige samfundssektorer. Desuden beskrives forudsætningerne om forsyningsomlægninger hos slutenergiforbrugerne nærmere. Teknologi- og adfærdsforsætningerne er nærmere beskrevet i kapitel 3.

Som udgangspunkt for opdelingen af energiforbruget i 1994 er anvendt Energi-styrelsens energistatistik for 1994. Data-grundlaget for fremskrivningerne suppleres med en række andre statistiske opgørelser, bl.a. fra Danske Elværkers For-ening, DEFU og Danmarks Statistiks industritællinger. Disse anvendes til fordeling af energistatistikken på samfundssektorer, slutanvendelser, forsyningsområder og energiformer.

Kategorisering af energiforbruget
Energiforbruget kategoriseres som følger:

- Samfundssektorer: Landbrug, skovbrug, gartnerier og fiskeri; Jern- og metalindustri; Kemisk industri; Nærings- og nydelsesindustri; Levering til bygge og anlæg; Anden fremstilling; Bygge- og anlægsindustri; Handel og service; Boliger (opdelt på eksisterende boligmasse og nybyggeri); Offentlig service (administration, sundhedsvæsen, undervisning), samt Offentlig forsyning.
- Slut anvendelser: Procesvarme; Rumvarme (Varmt vand i boliger beregnes på baggrund af rumvarme) Belysning; Elektronik; Køling; Mad-



lavning; Motorer; Opvask; Pumpning; Spec. blæser; Trykluft; Tørretumbler; Vask; Ventilation og Andet.

- Forsyningsområder: Fjernvarme-, Naturgas- og Individuelle forsyningsområder.
- Energiformer: Fuelolie; Gasolie; Naturgas; Kul og koks; El; Fjernvarme; CO₂-frit brændsel og Andet brændsel.

Fremskrivning af energiforbruget

Det samlede energiforbrug i år 2005, 2020 og 2030 fremkommer ved at anvende de enkelte hovedkategoriers aktuelle energiintensitet, f.eks. energiforbrug pr. bruttofaktoriindkomst (BFI) og prognoser for den valgte aktivitetsparameter. Fremskrivningen tager udgangspunkt i den aktuelle fordeling på energiformer.

Elforbruget fremskrives separat ud fra en historisk analyse af sammenhænge imellem de valgte aktivitetsparametre og elforbruget. På erhvervsområdet ses f.eks.

en sammenhæng mellem BFI og elforbrug. Fremskrivningen af elforbruget sker efterfølgende ved, at de historiske sammenhænge forudsættes fastholdt.

Det fremtidige energiforbrug bestemmes således ved at forbruget først beregnes som funktion af de udefra givne (eksogene) samfundsmæssige forudsætninger, f.eks. den økonomiske aktivitet i erhvervsområdet. Dernæst korrigeres for tiltag, der har indflydelse på det fremtidige elforbrug, f.eks. skøn over den teknologiske udvikling indenfor de enkelte slutanvendelser, grønne afgifter, frivillige aftaler eller tilskud til solvarme.

Energiforbruget fremskrives for årene 2005, 2020 og 2030. Mellem disse årstal antages en lineær udvikling.

Fremskrivningen af transportsektorens energiforbrug er foretaget af Trafikministeriet. De anvendte forudsætninger er beskrevet senere i bilaget.

TABEL 1
Aktivitetsparametre for de forskellige samfundssektorer

Samfundssektor	Aktivitetsparameter
Anden fremstilling Bygge og anlæg Jern og metal Kemisk industri Lev. til byggeri og anlæg Nærings og nydelsesmiddel Landbrug, skovbrug, gartneri & fiskeri	BFI
Handel og Service Offentlig service Offentlig forsyning Boliger Transport	BFI og opvarmet areal Antal unge og ældre samt opvarmet areal m ³ vand, m ³ fjernvarmevand og km oplyst vej Antal boliger og opvarmet areal BNP og privat forbrug



Metode og forudsætninger for fremskrivning af el- og fjernvarmeforsyning

Beregninger for el- og fjernvarmeforsyning er baseret på varighedskurver for el- og fjernvarmeforbrug samt data for konkrete kraftværks- og kraftvarmeheder, spidslastkedler m.v.

Der opereres med to grupper centrale kraftvarmewærker i fjernvarmeområderne: anlæg lokaliseret i de 27 store fjernvarmeområder og som beregnes individuelt, og øvrige fjernvarmeområder der er analyseret under et.

For alle kraftvarmeanlæg er der antaget et havarital på 7%. Der er desuden antaget, at fastbrændselsanlæggene er ude til revision 7% af tiden og de gas- og oliefyrede anlæg i 5%.

Skrotningstidspunkter for centrale elværker er baseret på Elsams og Elkraft's forudsætninger.

Der antages en konstant elnet-virkningsgrad på 93% over hele beregningsperioden svarende til et nettab på 7%. Det er desuden skønnet, at elnet-investeringer er af samme størrelsesorden i begge de gennemregnede forløb, og der er valgt ikke at medregne netinvesteringer i beregningerne.

Beregningerne er lavet med den antagelse, at elsystemet er sammenhængende, dvs. der forudsættes en elektrisk forbindelse over Storebælt i begge udviklingsforløb. Investeringen er ikke inkluderet, da den er ens for begge beregninger.

Alle oplysninger om virkningsgrader, anlægsinvesteringer og driftsomkostninger stammer fra baggrundsrapporterne "Teknologidata for el- og varmeproduktionsanlæg", maj 1995 og "Teknologidata for vedvarende energianlæg" del I og II, oktober 1995.

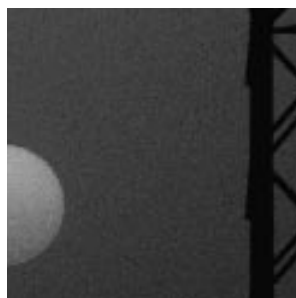
Samfundsmæssige forudsætninger

Energistyrelsen har som udgangspunkt for de beregnede udviklingsforløb benyttet Finansministeriets forudsætninger om udvikling i den økonomiske vækst frem til 2030. Fremskrivningen fra 2005 til 2030 er sket med samme økonomiske vækstrate som i perioden frem til 2005, blot med den forskel, at der efter 2005 ikke er noget bidrag til den økonomiske vækst fra hverken øget beskæftigelse eller en øget arbejdsstyrke. I perioden frem til år 2005 er den gennemsnitlige vækstrate i BNP 2,76%, mens den over hele forløbet er 2,14%.

For at illustrere den økonomiske væksts betydning for energiforbruget i Danmark har Energistyrelsen til en følsomhedsberegning udarbejdet en fremskrivning af energiforbruget med en gennemsnitlig halveret vækst. Dette forløb er konstrueret således, at den strukturelle udvikling, der optræder i Finansministeriets kravforløb, fastholdes.

Erhvervssektoren

I erhvervssektoren anvendes Finansministeriets fremskrivning af bruttofaktoringkomsten som aktivitetsparameter for fremskrivning af energiforbruget.



TABEL 2
BFI for erhvervene ved forlænget kravforløb 1995 (Opgjort i mia. 1980 kr.)

	Land- brug	Nær.& Nydelse	Bygge & Anlæg	Lev. til byggeri	Jern & Metal	Anden fremst.	Kemisk industri	Handel &Service
1994	26.77	19.38	19.27	6.21	23.98	14.36	10.76	118.50
2005	34.44	25.13	27.68	9.93	37.10	22.37	15.72	177.67
2020	43.45	30.04	33.73	12.41	48.30	36.01	22.69	274.12
2030	51.82	32.57	38.19	14.57	54.74	51.87	29.60	344.81

TABEL 3
BFI for erhvervene ved halv vækst (Opgjort i mia. 1980 kr.)

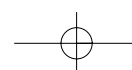
	Land- brug	Nær.& Nydelse	Bygge & Anlæg	Lev. til byggeri	Jern & Metal	Anden fremst.	Kemisk industri	Handel &Service
2005	30.38	22.09	23.13	7.87	29.89	17.96	13.03	145.37
2020	34.32	23.81	25.38	8.80	33.46	23.17	15.74	177.18
2030	37.23	25.03	27.00	9.49	36.07	27.46	17.86	202.15

Boligsektoren
I boligsektoren fremskrives nettovarme-

forbruget med opvarmet areal som aktivitetsparameter.

TABEL 4
Aktivitetsparametre i boligsektoren

	1994	2005		2020		2030	
		FR95	Lavere vækst	FR95	Lavere vækst	FR95	Lavere vækst
Befolkning, 1000 pers.	5.196	5.390		5.465		5.512	
Boligareal, mio m ² ialt	255,3	275,6	265,7	286,6	272,3	294,7	275,3
-nye bygninger mio m ²	0	22,4	12,6	37,3	23,0	48,0	28,6
Antal boliger, i 1000	2.325	2.573	2.464	2.671	2.538	2.694	2.571
Areal pr. person, m ²	49,5	51,1	49,3	52,4	49,8	53,5	49,9



Boligernes elforbrug fremskrives med ELMODELbolig. Dette sker gennem en opgørelse og fremskrivning af apparatbestand, dækningsgrad, specifikt elforbrug, anvendeshyppighed, samt levetider for hvert enkelt husholdningsapparat.

Offentlig service
I det offentlige service sektor fremskrives varmekonsumet med opvarmet areal som aktivitetsparameter, og elforbruget efter

antallet af unge under 20 og ældre over 65. For offentlige opgaver som varme og vandforsyning fremskrives med mængder fjernvarmevand, vandmængder og km oplyst vej som aktivitetsparametre.

Transportsektoren
Energiforbruget til transport i forsvaret og til udenrigsluftfarten er inkluderet i de sammenfattende beregninger i kapitel 7. Forsvarets forbrug er antaget konstant på

206

TABEL 5
Aktivitetsparametre for den offentlige sektor

	1994	2005	2020	2030
Opvarmet areal (mio m ²)	44.800	48.100	53.100	55.100
Antal unge og ældre (indeks)	1	1,06	1,12	1,17
Vandforsyning: m ³ vand (indeks)	1	1,1	1,2	1,3
Varmeforsyning: m ³ fjernvarmevand (indeks)	1	1,1	1,2	1,3
Km oplyst vej (indeks)	1	1	1,1	1,15

TABEL 6
Forudsætninger om fremskrivning af energiforbrug til transport

	1995-2005	2005-2030
Vækst i BNP i %	31	60
Vækst i privat forbrug i %	39	80
Bilbestand	Vokser som %-vis stigning i privat forbrug	
Maksimal biltæthed	550 biler/1.000 indbyggere	
Gennemsnitlig årskørsel pr. bil	19.000 km i år 2005	17.500 km i år 2030
Trafikarbejde med bil	Vokser med 0,4% når bilbestand stiger 1%	
Trafikarbejde med bil	Vokser med 0,6% når BNP stiger 1%	
Benzinpriselasticitet	- 0,6	
Persontransportarbejde; kollektiv bus	Konstant	konstant
Persontransportarbejde; tog	Stigning fra 4,8 - 5,6 mia p-km	konstant
Energieff.: bil, vare-bil, lastbil 1994=100	107	122
Godstransportarbejde, stigning;	Som %-vis stigning i BNP	75% af stigning i BNP
Belægning; gnst, lastbiler	7,4 t. til 8 t. i 2010, herefter konstant	
Godstransportarbejde; tog og fragt-skibe 1988=100	Tog=76, fragtskib=94 i år 2030	

TABEL 7
Særlige forudsætninger om fremskrivning af energiforbrug til transport med lavere økonomisk vækst

	1995-2005	2005-2030
Vækst i BNP i %	15	30
Vækst i privat forbrug i %	19	40
Maksimal biltæthed	450 biler/1.000 indbyggere	
Gennemsnitlig årskørsel pr. bil	19.000 km i år 2005	18.000 km i år 2030
Persontransportarbejde; tog	Stigning fra 4,8 - 5,6 mia p-km	Stigning 50%
Persontransportarbejde, koll. bus	Konstant	Stigning 50%

207

3 PJ/år, mens udenrigsluftfartens energiforbrug forventes at stige fra 26 PJ i 1994 til 40 PJ i 2005 og 68 PJ i 2030.

Forudsætningerne for fremskrivning af energiforbruget til indenrigstransport fremgår af tabellerne 6 og 7.

TABEL 8
Samfundsøkonomiske brændselspriser (incl. transporttillæg), kr./GJ an forbrugssted

	Naturgas (ab net)	Kul (an kraftværk)	Fuelolie (an værkt)	Træflis- og piller (an værkt)	Affald (an værkt)	Halm (an værkt)	Træflis- og piller (an forbruger)	Energiaf- groder (an værkt)	Gasolie	Benzin
1995	16.24	10.15	16.62	13.46	-20.00	16.56	20.54	25.01	33.49	34.83
1996	17.99	10.94	18.19	13.34	-20.00	16.56	20.42	24.95	35.88	37.27
1997	19.86	11.77	19.87	13.21	-20.00	16.56	20.29	24.89	38.41	39.84
1998	21.86	12.62	21.63	13.10	-20.00	16.56	20.18	24.83	41.06	42.52
1999	23.03	12.96	22.63	12.98	-20.00	16.56	20.06	24.77	42.38	43.81
2000	24.23	13.30	23.64	12.86	-20.00	16.56	19.94	24.71	43.72	45.11
2001	25.45	13.46	24.65	12.75	-20.00	16.56	19.83	24.66	45.06	46.42
2002	26.69	13.61	25.67	12.64	-20.00	16.56	19.72	24.60	46.40	47.73
2003	27.96	13.76	26.68	12.53	-20.00	16.56	19.61	24.55	47.74	49.03
2004	29.24	13.91	27.94	12.43	-20.00	16.56	19.51	24.50	48.93	50.19
2005	30.55	14.07	29.14	12.32	-20.00	16.56	19.40	24.44	50.06	51.30
2006	30.55	14.07	29.14	12.32	-20.00	16.56	19.40	24.44	50.06	51.30
2007	30.55	14.07	29.14	12.32	-20.00	16.56	19.40	24.44	50.06	51.30
2008	30.55	14.07	29.14	12.32	-20.00	16.56	19.40	24.44	50.06	51.30
2009	30.55	14.07	29.14	12.32	-20.00	16.56	19.40	24.44	50.06	51.30
2010	30.55	14.07	29.14	12.32	-20.00	16.56	19.40	24.44	50.06	51.30

Der antages konstante priser fra 2005 til 2030.

Brændselsomlægninger som følge af grønne afgifter og frivillige aftaler. *Det passive forløb*

Det er forudsat at i gennemsnit ca. 20% af erhvervenes procesvarmeforbrug omlægges, primært til naturgas. Tilsvarende er forudsat at i gennemsnit ca. 25% af rumopvarmning i erhvervslivet, inklusiv handel og service, omlægges til kollektiv varmeforsyning.

Effekt af ældreboligordningen, dvs. ældre boligernes omlægning til kraftvarme

Det er forudsat at ca. 90% af ældre boliger uden centralvarmeanlæg i kraftvarmeområder, omlægges til fjernvarme.

Omlægning af bygninger med centralvarmeanlæg til fjernvarme og naturgas

Det er forudsat at ca. 30% af boliger og institutioner mv. med individuelt forsynede centralvarmeanlæg, overgår til kollektiv varmeforsyning. Dette svarer til ca. 100.000 bygninger.

En begrænset "naturlig" elvarmekonvertering til fjernvarme og naturgas

I passivt forløbet er det forudsat at der ikke iværksættes særlige initiativer (tilskudsordnin-

ger m.v.) for at fremme elvarmekonvertering i kollektivt forsynede områder. Under denne forudsætning antages at 5.000 elopvarmede boliger omlægges til fjernvarme i perioden til 2005, samt et tilsvarende antal omstiller til naturgas.

Solvarmeanlæg

Som følge af eksisterende tilskudsordninger til solvarmeanlæg forudsættes 130.000 anlæg i alle områder etableret som supplerende opvarningskilder frem til 2030.

Varmepumper

Som følge af eksisterende tilskudsordninger til varmepumpeanlæg forudsættes installeret 2.700 anlæg i områder uden kollektiv varmeforsyning.

Anlæg til træ og halm

I perioden frem til år 2005 forventes etableret ca. 23.000 anlæg baseret på træflis, træpiller, halm m.v.

Elvarmekonvertering i ikke kollektivt forsynede områder (følge af tilskudsordninger)

Tilskudsordning til elvarmekonvertering i områder uden kollektiv varmeforsyning forudsættes at omhandle knap 15.000 elopvarmede boliger.

Forudsætninger for Passivt Forløb

I dette afsnit beskrives forsyningsomlægninger hos slutenergiforbrugere samt forudsætninger for el- og fjernvarmeforsyningen i passivt forløb.

Forsyningsomlægninger hos slutenergiforbrugere

Biogasanlæg indgår som minikraftvarme (gårdanlæg) og decentral kraftvarme under forsyningsystemet.

Hovedparten af tiltagene har virkning til år 2005.

Forudsætninger for el- og fjernvarmeforsyning

De eksisterende centrale kraft- og kraftvarm-

eværker udskiftes med de nyeste og mest effektive kulbaserede værker i takt med nedslidningen. De nye kulfyrede værker antages at have data som i tabel 9. Der forudsættes i det passive forløb bygget 21 nye 400 MW kraftværksenheder i perioden 2005-2030.

Fra 2005-2014 antages nye store kraftværker at være kul-KAD-anlæg. Herefter antages brændselscelleteknologien så udviklet, at der fra 2015 kan bygges 400 MW SOFC-værker (Solid Oxide Fuel Cell).

De større decentrale kraftvarmeverker antages at leve i 20 år, og skal derfor alle udskiftes mindst én gang inden 2030. De antages udskiftet med samme type anlæg med samme varmeyedelse, blot med højere virkningsgrad.

TABEL 9
Data for nye kulfyrede værker.

I drift	El-virkningsgrad	Eleffekt MW	Varmeeffekt MJ/s	Investering Mio. kr./MW	D&V % af inv.	Cm	Cv	Totalvirkningsgrad
Før 2007	49,5%	400	400	8,2	3,2	0,84	0,16	91%
2007-2015	51,5%	400	364	8,2	3,5	0,94	0,16	91%
2015- 2023	55,0%	400	218	8,2	3,5	1,83	0	85%
2023- 2031	60,0%	400	167	8,2	3,5	2,4	0	85%

TABEL 10
Data for nye decentrale kraftvarmeanlæg.

Værktype	Totalvirkningsgrad	Cm	Elvirkningsgrad
Combined Cycle (NG)	90%	1,20	49%
Gasturbine (NG)	91%	0,72	38%
Gasmotor (NG)	94%	0,88	44%
Combined Cycle (NG/affald)	88%	1,00	44%
Fastbrændsel (affald/halm/træ)	87%	0,45	27%

Anlægsomkostninger og omkostninger til drift og vedligehold varierer fra anlæg til anlæg. Data stammer fra Energistyrelsens database for decentrale kraftvarmeværker samt Teknologikatalogerne.

Der regnes indtil 2005 med 667 MW decentral kraftvarme i de større fjernvarmeområder og 803 MW i de mindre fjernvarmeområder; ialt 1470 MW indtil 2005.

Der regnes med en samlet eleffekt i industrikraftvarmeværker på ca. 750 MW elkapaletet i 2005. Hertil kommer 100 MW minikraftvarme i 2005.

De gældende aftaler med udlandet medregnes indtil deres ophør. Dog er i disse aftaler indeholdt import af 180 MW / 800 GWh vandkraft i al evighed.

I det passive forløb antages udbygget med 30 MW vindkraft pr. år. Der antages ingen solceller og ingen bølgekraft frem til 2030.

Fjernvarmenetvirkningsgraden antages at stige jævnt fra i dag 80% til 83% i 2030.

Forudsætninger for Max Indsats Forløbet

I dette afsnit beskrives forsyningsomlægninger hos slutenergiforbrugere samt forudsætninger for el- og fjernvarmeforsyningen i *max indsats forløbet*.

Forsyningsomlægninger hos slutenergiforbrugere

Max indsats forløb tager udgangspunkt i ekstra indsats udover de i passivt forløbet indeholdte konkrete initiativer.

Biogasanlæg indgår som minikraftvarme (gårdanlæg) og decentral kraftvarme under forsyningsystemet.

Omlægning af bygninger med centralvarmeanlæg (oliefyr m.v.) til fjernvarme og naturgas. *Max indsats forløbet*

Det er forudsat at ca. 95% af boliger og institutioner mv. med individuelt forsynede centralvarmeanlæg, overgår til kollektiv varmeforsyning. Dette svarer til ca. 250.000 bygninger. Fra 2005 sker en gradvis omlægning fra naturgas til fjernvarmeforsyning, således at 70% af bygningsmassen i naturgasområder fjernvarmeforsynes i år 2030.

Elvarmekonvertering i områder med kollektiv varmeforsyning

Det er forudsat at ca. 60.000 bygninger i 2005, stigende til ca. 70.000 bygninger i 2030, går fra el til kollektiv varmeforsyning.

Solvarmeanlæg

Der forudsættes etableret 500.000 solvarmeanlæg som supplerende opvarmningskilde med en årlig varmeydelse på 15 GJ/anlæg.

Varmepumper

160.000 varmepumpeanlæg forudsættes etableret i områder uden kollektiv varmeforsyning.

Anlæg til træ og halm

I perioden frem til år 2005 forventes etableret ca. 34.000 anlæg baseret på træflis, træpiller, halm m.v.

Elvarmekonvertering i områder uden kollektiv varmeforsyning

Det er forudsat at ca. 17.000 bygninger i 2005, 40.000 bygninger i 2020 og 50.000 bygninger i 2030 er omstillet fra el til anden varmeforsyning.

Forudsætninger for el- og fjernvarmeforsyning

De eksisterende centrale kraft- og kraftvarmeværker afvikles i takt med, at de skrottes, og der bygges ingen nye kulfyrede værker, udover dem, der er godkendt og under opførelse. De store centrale værker erstattes med biomasseværker i størrelsen 10-90 MW. I alt forudsættes

bygget 16 biomasseværker på centrale kraftværkspladser i perioden 2000-2030.

De større decentrale kraftvarmeværker antages at leve i 20 år, og skal derfor alle udskiftes mindst én gang inden 2030. De antages udskiftet med biomassekraftvarmeværker. Data for disse værker er de samme som i de centrale kraftvarmeområder, se tabel 11.

TABEL 11
Data for biomassekraftvarmeværker.

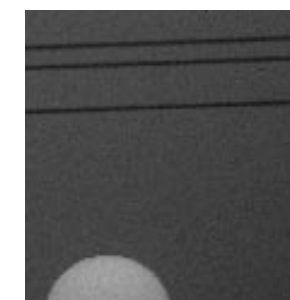
I drift	Elvirkningsgrad	Mio. kr/MW	Drift & vedl. %	Cm	Cv	Totalvirkningsgrad
Før 2007	36,0%	15	4	0,45	0,15	87%
2008-2015	37,7%	15	4	0,50	0,15	87%
2016-2030	39,4%	15	4	0,55	0,15	87%

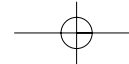
Der regnes i 2005 med 667 MW decentral kraftvarme i de store fjernvarmeområder og 650 MW i restområdet; ialt 1.317 MW i 2005. Dette er lidt mindre end i det passive forløb, fordi en større andel af biomasseværker har lavere Cm-værdi end de naturgasfyrede værker, der forudsættes i passivt forløbet.

Der regnes med en samlet udbygning

med industri- og mini kraftvarmeværker på ca. 1.000 MW elkapaletet i 2005 inklusive eksisterende industrikraftvarmeværker. I 2030 er den samlede kapacitet er 1.312 MW.

Den samlede elkapaletet baseret på VE er ca. 6.700 MW. Udbygningen med vedvarende energikilder er vist i tabel 12.





TABEL 12
Udbygning med VE i el- og varmeproduktionen.

VE-teknologi	1995-2005	2005-2030	Ialt 2030
Vind:			
• Landbaseret	MW/år 92	40	3.400 MW
• havbaseret	MW/år 12	30	
Solceller:			
Ialt installeret	35 MW frem til 2005		
	Installeres herefter gradvist		1.000 MW
Bølgekraft:	Installeres i perioden 2020-2030		330 MW
Biomasse, biogas og affald:	Installeres i takt med udfasning af eksisterende kapacitet		2.000 MW
• Kraftvarme			
Geotermi + store varmepumper:	Installeres i perioden 2004 til 2030		32 PJ
Fjernvarmelevering			
Solvarme:			
Fjernvarmelevering			2 PJ

212

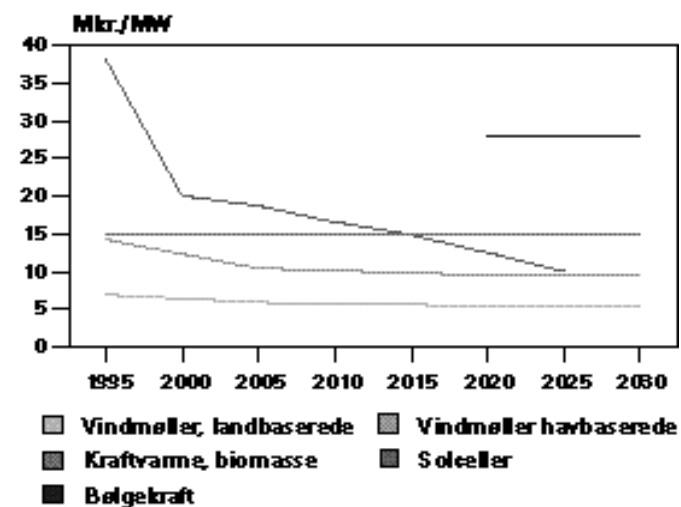
Fjernvarmenetvirkningsgraden antages at falde fra idag 80% til 76% i 2030.

Geotermisk anlæg er regneteknisk behandlet som varmepumper med en effektfaktor på ca. 6 svarende til, at eget-forbruget af el er 17% af varmeproduktionen. Eldrevne varmepumper antages at have en effektfaktor på 3,5.

Anlægsomkostningerne for elproducerende anlæg ses i figur 1. For varmeproducerende anlæg er antaget følgende:

Geotermiske anlæg:
8 mio. kr. pr. installeret MJ/s
Varmepumper:
3 mio. kr. pr. installeret MJ/s

FIGUR 1
Antagelser om anlægsomkostninger for elproducerende anlæg



Antagelser om udgifter til drift og vedligehold for elproducerende anlæg er følgende:

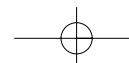
Vindmøller, landbaserede 1,5% af anlægsinv.
Vindmøller, havbaserede 2,0% af anlægsinv.
Bølgekraft 1,4% af anlægsinv.
Solceller 0,06 kr./kWh

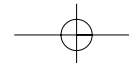
For varmeproducerende anlæg antages følgende til drift og vedligehold:

Geotermiske anlæg 10 kr./GJ
Varmepumper 5-6 kr./GJ

Der købes elkapacitet i Norge/Sverige i et omfang, så reservekapaciteten uden at medregne bidraget fra vind, sol og bølgekraft er mindst 15%. For importeret energi betales en pris svarende til den marginale produktionspris på et kulfyret værk, dvs. effekten koster 5 mio. kr./MW for en 30 års kontrakt, og at energien koster 10 øre/kWh (kulindexeret). Det antages yderligere, at når en kWh sendes til Norge/Sverige som eloverløb, da sælges den til den halve pris af købsprisen. Dvs. det koster ca. 5 øre/kWh at lagre en kWh i Norge/Sverige.

213





Ordliste

214

Absorption

Optagelse

Biomasse

Betegnelse for materialets indhold i en organisme eller et økosystem. Anvendes her synonymt med organisk materiale, f.eks. halm, træ, gylle etc.

BNP

Bruttonationalproduktet, angiver den totale produktionsværdi efter forbruget af rå- og hjælpestoffer er fratrukket.

CO₂

Kuldioxid.

Drivhusgasser

Gasser med evne til absorption af langbølget elektromagnetisk stråling. Omfatter de fleste gasser med mere en to atomer, f.eks. H₂O (vand), CO₂ (kuldioxid), CH₄ (metan), N₂O (lattergas), CFC'er ozon i troposfæren haloner mv.

Energiafgrøder

Afgrøder, der dyrkes udelukkende eller primært med henblik på energiudnyttelse, f.eks. hurtigtvoksende pil, elefantgræs eller konventionelle afgrøder som f.eks. korn etc.

Forsuring

Øget forsyning i miljøet som følge af regnvandets indhold af syrer (primært svovlsyre fra SO₂-emission samt salpetersyre og salpetersyring fra emission af NO_x)

Fossilt brændsel

Organisk materiale, som er ophobet og delvist omdannet over meget lange tidsrum. Omfatter olie, naturgas, kul, brunkul, tørv mv.

Geotermi

Energi i form af varme i undergrunden, som stammer fra kerneprocesser i jordens indre (modsat jordvarme, der udnytter varme fra luften og fra solindfald, som trænger ned i de øverste jordlag).

IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change. Organ nedsat under Verdens Meteorologioorganisationen og UNEP (FN's miljøprogram) med henblik på en tværgående videnskabelig og teknisk behandling af problemstillingerne ved drivhuseffekten.

Lattergas

N₂O, kvælstofforbindelse, der dannes bl.a. ved forbrænding samt ved omdannelse af nitrat i landbrugsjord.

Metan

CH₄, den simpleste kulbrinte-forbindelse. Hovedbestanddel af naturgas.

Nettovarmeforbrug

Nyttiggjort energi til rumopvarmning ekskl. konverteringstab i kedel el. lign.

NO_x

Fælles betegnelse for kvælstofforbindelser med uspecificeret iltningegrad, som i atmosfæren kan omdannes til hinanden (f.eks. NO, NO₂) samt til bl.a. salpetersyre.

Ozon

Stærkt reaktiv iltforbindelse bestående af tre iltatomer, modsat almindelig ilt, der består af to iltatomer.

ppmv

Millionte del målt i volumen, dvs. millionte del af rumfanget.

Renere teknologi

Produkter, der ved deres planlægning og design er udviklet under hensyn til minimering af miljøpåvirkninger i alle led af produktets levetid, dvs. produktion, anvendelse og bortskaffelse/genanvendelse.

Totalvirkningsgrad

Den andel af den tilførte energi, som et energianlæg omsætter til el og varme.

Transportsektoren

I kapitel 4 omfatter transportsektoren alene indenlandsk transport. I rapporten iøvrigt omfatter transportsektoren desuden international lufttrafik samt Forsvarets transport.

Økologisk råderum

Forsøg på konkretisering og operationalisering af "bæredygtig udvikling". Begrebet er under udvikling bl.a. på Wuppertal-instituttet. Begrebet udtrykker den mængde naturressourcer (luft, vand, jord, mineraler, energikilder, naturarealer, planter og dyr mv.) der kan bruges pr år, uden at vi forhindrer fremtidige generationer i at få adgang til samme mængde og kvalitet. Hertil kommer at alle mennesker har lige ret til det økologiske råderum.

215

