

NOAH's Energihandlingsplan 2050



Vejen til et Danmark uden fossile brændsler

NOAH's Forlag

NOAH's Energihandlingsplan 2050

Tekst: Stig Melgaard

Faglig arbejdsgruppe:

Palle Bendsen, Kim Ejlersten og Stig Melgaard, NOAH Energi og Klima

Tekstkorrektur:

Werner Hedegaard, NOAH's Forlagsgruppe

Layout og produktion: NOAHs Forlagsgruppe

Fotos og illustrationer: Stig Melgaard

Tryk: Svendborg Tryk

ISBN 978-87-91237-30-0

Udgivet af NOAH's Forlag, maj 2010

Energiplanen må gerne citeres med kildehenvisning.

Forfatterne kan kontaktes via NOAH's Sekretariat

Miljøbevægelsen NOAH,
Friends of the Earth Denmark,
Nørrebrogade 39, 2200 København N
Tlf.: 35 36 12 12, Fax: 35 36 12 17
Giro: 5 5600 39
E-mail: noah@noah.dk
Websted: www.noah.dk

Forord

Det er mere end 20 år siden, det internationale samfund for alvor blev opmærksom på faren ved at udlede drivhusgasser, specielt CO₂, i atmosfæren. I 1992 underskrev 154 lande en FN Klimakonvention, som forpligtede disse lande til at stabilisere koncentrationen af drivhusgasser på et niveau, så farlige menneskeskabte påvirkninger af klimasystemet blev forhindret.

Siden er udledningerne af drivhusgasser i atmosfæren fortsat med at stige. Stort set alle lande har ladet hånt om Klimakonventionen og fortsat med at udlede drivhusgasser. Den nuværende globale temperaturstigning på godt 0,8° C påvirker allerede natur og mennesker. Det stigende antal ekstreme vejrhændelser som hedebølger, oversvømmelser og storme har allerede ført til et stigende antal dødsfald og skader.

Og det er bare begyndelsen på problemerne. Med stigende temperaturer vil både de ekstreme vejrhændelser og de afledte konsekvenser blive flere og værre. Der er en stigende enighed blandt forskere og andre, der beskæftiger sig med klimaændringerne om, at en temperaturstigning på over 2° C vil være vanskelig for det eksisterende samfund at magte. Det vil betyde store sociale og økologiske ødelæggelser på globalt plan. Ødelæggelser, som vil starte i dette århundrede og række langt ud i fremtiden.

Det er den udfordring, det internationale samfund endnu ikke har turdet se i øjnene. Og jo længere, vi skubber problemerne foran os, jo sværere bliver det at få udfaset de fossile brændsler tilstrækkeligt hurtigt og få stoppet afskovningen og landbrugets udledning af drivhusgasser.

De globale tiltag for at standse klimaændringerne må nødvendigvis bygge på Klimakonventionens princip om, at hvert land må tage initiativet til at standse sine egne udledninger, og at de bredeste skuldre skal bære mest. Der er ingen tid til at købslå med CO₂-udledninger, hvis vi vil undgå alvorlige klimaændringer.

Det er udgangspunktet for NOAH's handlingsplan for at nedbringe de danske udledninger med mindst 6 procent årligt, med 2030 som tidsfristen til at omlægge Danmark til en fossilfri energiforsyning og 2050 som året, hvor de samlede danske udledninger er nedbragt til nul. NOAH's Energihandlingsplan 2050 er en kortlægning af, hvordan vi kan gøre det nødvendige muligt. De teknologiske og logistiske muligheder har vi.

Indhold

Forord	s. 1
1. Indledning	s. 6
2. Baggrund	s. 9
2.1. Hvad er 2-graders-målet?	s. 10
2.2. Hvis temperaturen stiger over de 2 grader	s. 11
2.3. 2-graders-målet og drivhusgaskoncentrationen	s. 13
2.4. Hvor meget skal Danmark reducere?	s. 15
3. Forudsætninger	s. 16
3.1. Fra vækst til bæredygtighed	s. 17
3.2. Grænser for vækst	s. 20
3.3. Vækst som standardforudsætning	s. 21
3.4. Grænserne for fortsat økonomiske vækst	s. 22
3.5. olieprisernes kaotiske svingninger	s. 23
3.6. Vi har et valg	s. 24
3.7. Forudsætninger i energiplanens scenarier	s. 25
3.8. Den konkrete udvikling i de to scenarier	s. 25
4. Energiforbrug	s. 32
4.1. Hvordan udvikler fremtidens energiforbrug sig?	s. 33
4.2. Virkemidlerne skal være flersidige og langsigtede	s. 33
4.3. Rumopvarmning og varmt vand	s. 34
4.4. El- og varmemeforbruget til industrielle processer	s. 37
4.5. Elforbruget til apparater	s. 39
4.6. Transport	s. 41
5. Energiressourcer	s. 51
5.1. Vindenergi	s. 53
5.2. Solceller	s. 55
5.3. Bølgeenergi	s. 56
5.4. Biomasse	s. 56
5.5. Solvarme	s. 60
5.6. Geotermisk energi	s. 62
6. Energisystemet	s. 65
6.1. Det integrerede forsyningssystem	s. 66
6.2. Varmeforsyningen i et fossilfrit forsyningssystem	s. 66
6.3. Elforsyningen i et fossilfrit forsyningssystem	s. 68
6.4. Varmelagring	s. 69
6.5. Ellagring	s. 69
6.6. Intelligent forbrugsstyring	s. 71
6.7. Omstilling af transportsektoren til vedvarende energi	s. 71

7. Energiscenarierne	s. 73
7.1. Bæredygtighed en grundforudsætning	s. 74
7.2. Udbygningen med vedvarende energi	s. 75
7.3. Mere fjernvarme	s. 78
7.4. Elforsyningen	s. 81
7.5. Transportsystemet i scenarierne	s. 82
7.6. Udviklingen fra år 2030 – 2050	s. 83
7.7. Andre scenarier med samme forudsætninger	s. 84
7.8. Konklusion	s. 86
 8. Konsekvenserne	 s. 87
8.1. CO ₂ -reduktion	s. 88
8.2. Afledte konsekvenser	s. 90
8.3. Konklusion	s. 92
 9. Klimalov	 s. 94
9.1. En ny klimalov – baggrund	s. 95
9.2. Energihandlingsplan	s. 97
9.3. Finansiering generelt	s. 98
9.4. Energipolitiske virkemidler	s. 99
9.5. Transporthandlingsplan	s. 100



1



Indledning

Mange er usikre på, om vi overhovedet kan klare os uden de fossile energikilder. NOAH Energi og Klima har udarbejdet et bud på, hvordan det kan lade sig gøre at komme fra den nuværende overvejende fossilt baserede energiforsyning og transportsektor til et bæredygtigt, fossilfrit samfund, uden at vi skal give køb på vores velfærd. Tværtimod vil en sådan omstilling indebære en lang række fordele af beskæftigelsesmæssig, økonomisk, sundhedsmæssig og miljømæssig karakter, og den vil sikre vores samfund mod kommende energiforsyningskriser og stigende energipriser på verdensmarkedet.

Energihandlingsplanens scenarier er udarbejdet med to forskellige forudsætninger om den fremtidige udvikling i forbruget af energitjenester i samfundet. I begge tilfælde viser NOAH's beregninger, at vi har de fornødne energiresourcer og -teknologier til at gennemføre den ønskede omstilling og dermed opfylde de krav til CO₂-reduktioner, som Danmarks bidrag til at holde den globale opvarmning under 2° C kræver. For stabiliseringsscenariet gælder dog, at reduktionstempoet i den første periode vil være lidt langsommere end ønskeligt.

Scenarierne kendetegnes ved at bygge på en tværsektoriel tilgang, der inddrager princippet om bæredygtighed og miljømæssigt råderum, hver gang der træffes valg, f.eks. når det drejer sig om affald, landbrug, husdyrproduktion og trafik. Energiscenarierne viser, at det er realistisk at kræve en 6 % årlig reduktion i vores udledning af drivhusgasser i energisektoren, hvilket er det, der mindst skal til, for at Danmark som et rigt land med meget store udledninger af drivhusgasser per indbygger kan levere sit rimelige bidrag til opfyldelsen af 2-graders-målet.

Det skal understreges, at scenarierne ikke omfatter en teknisk dokumentation, som demonstrerer en fuldstændig stabil energiforsyning under alle årstids- og døgnvariationer af energiforbruget. En sådan dokumentation vil kræve et udredningsarbejde til udpegning af den eller de mest optimale veje til et 100 % vedvarende energisystem. Dette dokumentationsarbejdet må sættes i værk, så snart beslutningen om at omstille til vedvarende energi er taget. Det vil under alle omstændigheder altid være muligt at gøre energisystemet robust ved at indføre den nødvendige lagerkapacitet på el- og varmesiden. Spørgsmålet er altså ikke, om det kan lade sig gøre at gennemføre en sådan omstilling, men hvordan vi finder den mest hensigtsmæssige måde at gøre det på.

Vores hensigt har primært været at sandsynliggøre, at omstillingen fra et fossilt baseret samfund til et samfund baseret på vedvarende energi faktisk er mulig inden for det korte tidsrum, der klimamæssigt er tilbage til at gennemføre den nødvendige CO₂-reduktion i energisektoren. Vores erfaringer viser imidlertid, at det ikke er nok at sandsynliggøre, at de vedvarende energiresourcer og -teknologier findes. Der er brug for en kæde af politiske beslutninger for at iværksætte og styre en sådan omstillingsproces. Derfor har vi i

arbejdet lagt vægt på at formulere en politisk handlingsplan for de tiltag, vi mener, der bør iværksættes over de nærmeste år, for at dreje udviklingen i den ønskede retning. Sidst, men ikke mindst har vi udarbejdet et forslag til en klimalov, som skal sætte rammerne for omstillingen mod et bæredygtigt energisystem.

En omstilling som den her beskrevne vil kræve store investeringer, men de skal ses i sammenhæng med, at samfundet under alle omstændigheder står over for store investeringer i energisektoren de kommende årtier. Spørgsmålet er derfor i lige så høj grad, hvilken retning investeringerne skal tage. Flere analyser viser, at en kombination af energibesparelser og omstilling til vedvarende energi ligefrem kan blive en rigtig god forretning for Danmark, ikke mindst i en situation med økonomisk krise og stigende arbejdsløshed. Samtidig vil vi fremtidssikre den danske energiforsyning imod kommende forsyningskriser. Der er ingen tvivl om, at det vil blive langt dyrere økonomisk såvel som menneskeligt, specielt for de kommende generationer, hvis vi i den nuværende, afgørende situation viger tilbage for at bære vores del af ansvaret for den nødvendige globale omstilling.

De to scenarier, der er beskrevet i energihandlingsplanen, fører til følgende konklusioner:

- Det er helt afgørende, at udnyttelsen af de mulige energibesparelsesmuligheder danner grundlaget for en fremtidig energiforsyning baseret på vedvarende energi.
- En omstilling af energiforsyningen til vedvarende energi skal ske koordineret og ud fra en samlet planlægning, som også omfatter andre samfundssektorer som transportsektoren, landbrugssektoren og skovbruget.
- De nødvendige vedvarende energiresourcer er til stede, og med de valgte forudsætninger kan de udnyttes uden at overskride grænserne for en bæredygtig energiforsyning.
- Det er uden mening at bruge penge på teknologier, som først på længere sigt vil kunne bidrage til at reducere CO₂-udledningerne. Her tænkes specielt på CCS-teknologier (lagring af CO₂ i undergrunden), som både er meget kostbare, og som ikke vil kunne bidrage til reduktioner de første to afgørende årtier.
- Jo længere, vi venter med at påbegynde omstillingsprocessen, jo sværere og dyrere bliver det at nå målet og dermed opfylde vores reduktionsforpligtelser med udgangspunkt i en retfærdig fordeling af reduktionskravene mellem fattige og rige lande.
- Det vigtigste er på den baggrund hurtigt at få vedtaget en klimalov, som kan danne rammen om de konkrete handlingsplaner, der skal igangsætte omlægningen af vores energiforsyning.

2



Baggrund

2.1. Hvad er 2-graders-målet?

FN's Klimakonvention blev vedtaget i Rio de Janeiro i Brasilien i 1992. De underskrivende lande forpligter sig ifølge Konventionen til at stabilisere koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren på et niveau, som vil forhindre farlig menneskeskabt påvirkning af klimasystemet. Konventionen slår også fast, at en sådan stabilisering skal opnås inden for en tidsramme, der er tilstrækkelig til at tillade økosystemer at tilpasse sig naturligt til klimaændringerne, at sikre, at fødevareproduktionen ikke trues, og at tillade den økonomiske udvikling at fortsætte på en bæredygtig måde.

Skal dette tages for pålydende, har ingen lande hidtil levet op til Klimakonventionen. Vi ser allerede nu, at klimaet ændrer sig med en hastighed, så mange økosystemer ikke kan nå at tilpasse sig til klimaændringerne.

Mange økosystemer får allerede problemer med at tilpasse sig, hvis gennemsnitstemperaturen stiger med mere end 0,1° C per årti. Denne grænse er faktisk overskredet mange steder på Jorden. I de arktiske områder har temperaturstigningen de seneste årtier været langt større.

Ved en global, gennemsnitlig temperaturstigning på 2° C er der ifølge IPCC's Fjerde Statusrapport en meget stor sandsynlighed for, at afsmeltningen fra Grønlands indlandsis på længere sigt vil føre til en havstigning på adskillige meter. Desuden vil biosfæren ændre sig fra at repræsentere et nettooptag af CO₂ til at udlede mere CO₂, end der optages. Dette vil føre til en acceleration af koncentrationen af CO₂ i atmosfæren. Det gælder specielt de arktiske permafrostområder, hvor der er bundet meget store mængder af metan og CO₂.

De fleste klimaforskere sætter derfor normalt grænsen for farlige og potentielt irreversible, dvs. uigenkaldelige, klimaændringer ved en stigning i den globale gennemsnitstemperatur på 2° C. Det samme gør EU, mens en række små østater mener, at grænsen bør sættes ved 1,5° C, da de allerede oplever klimaændringer, der truer deres overlevelse ved den nuværende temperaturstigning på 0,8° C.

Lave stigninger kan være farlige, bl.a. fordi den gennemsnitlige temperaturstigning dækker over meget store regionale forskelle. Men over en grænse på højst 2° C udsætter vi os for en kraftigt stigende risiko for, at klimaet løber ud af kontrol, uanset at vi på et senere tidspunkt gør en kraftig indsats for at reducere udledningerne af drivhusgasser. Vi ser allerede i dag med en temperaturstigning på godt 0,8° C begyndende problemer for økosystemer mange steder på Jorden, og ved en temperaturstigning på bare 1° C regner man med, at 80 % af verdens koralrev vil blive ødelagt. På grund af klimasystemernes træghed vil den nuværende koncentration af drivhusgasser i atmosfæren uundgåeligt føre til en temperaturstigning på mellem 1,4 og 1,5° C. Også selv om vi kunne og ville standse alle udledninger af drivhusgasser med det samme.

2.2. Hvis temperaturen stiger over de 2 grader

Vi ved ikke med sikkerhed, hvad konsekvenserne af en global temperaturstigning på 2° C eller derover vil medføre. Der kan stadig være ubehagelige overraskelser i vente, ud over det klimaforskerne regner med.

Sandsynligheden for en irreversibel nedsmeltning af Grønlands Indlandsis vil være over 50 % og stigende, jo mere den globale gennemsnitstemperatur stiger. Det alene vil på lang sigt føre til en stigning af verdenshavene på 6 - 7 meter. Og hertil kommer havenes varmeudvidelse og afsmeltningen fra Vestantarktis. Vi ved ikke, hvor lang tid det vil tage, men forskningsresultater, der er publiceret efter IPCC's fjerde statusrapport, tyder på en havstigning på mellem 1 og 2 meter allerede i dette århundrede.

Mens havstigningen vil komme langsomt og i begyndelsen nærmest umærkeligt, vil andre konsekvenser blive umiddelbart langt mere mærkbare. Mere ekstremt vejr med udbredt tørke i nogle dele af verden og voldsom nedbør med oversvømmelser til følge i andre dele. Det vil betyde stigende problemer med at få rent ferskvand og med at opretholde en stabil fødevarerforsyning i mange områder af verden. Og alt tyder på, at de i forvejen fattigste områder i verden vil blive først og hårdest ramt.

Naturens økosystemer vil begynde at bryde sammen under presset fra klimaændringerne. Korallrevene vil dø og begynde at blive nedbrudt med stigende problemer for alle de kystsamfund, der er afhængige af dem. Listen over de katastrofale konsekvenser af en fortsat global opvarmning er omfattende.

I en af de seneste rapporter fra klimaforskerne siges det meget tydeligt:

"En temperaturstigning på over 2° C vil være meget vanskelig for nutidens samfund at magte, og den vil sandsynligvis forårsage store samfundsmæssige og miljømæssige sammenbrud både i dette århundrede og på længere sigt."

Climate Change, Global Risks, Challenges & Decisions, Copenhagen, marts 2009

Konsekvenserne af en temperaturstigning på over 2° C

Temperaturstigning på 2 – 3° C

- for naturen -

- 97 % af verdens koralrev går tabt.
- 16 % af de globale økosystemer ændres.
- Økosystemerne mister mellem 5 og 66 % af deres indhold af arter, afhængigt af hvor udsatte og følsomme de er over for klimaændringerne.
- Total tab af det arktiske sommerisdække med følgende sandsynlig udryddelse af isbjørn og hvalros.
- Udbredt ødelæggelse af økosystemer som følge af en 60 % nedgang i lemmingebestanden.
- Kun 42 % af den eksisterende arktiske tundra forbliver stabil, hvilket bringer ynglende, højarktiske vadefugle og gæs i fare. Også almindelige midtarktiske arter bliver ramt.
- Amazonas regnskov kolliderer med tab af et stort antal dyre- og plantearter.
- 50 – 100 % af Kinas nordlige skovområder går tabt.
- 50 % af Sundarban-vådområderne i Bangladesh går tabt.

- for mennesker og samfund -

- Landbrugsudbytterne vil også falde i de rige lande.
- 1 – 2,8 mia. mennesker vil blive udsat for mangel på ferskvand.
- Havstigning og kraftigere storme og orkaner presser et stigende antal mennesker væk fra kystområder. Mellem 12 og 26 mio., afhængigt af hvor godt kysterne sikres.
- Antallet af mennesker udsat for malaria stiger, specielt i Afrika og Asien.
- Der vil ske tab af global kornproduktion på op til 180 mio. tons årligt.
- Antallet af mennesker, der kan blive udsat for hungersnød, stiger med op til 180 mio. yderligere.
- Inuit-jægerkulturen står over for udslettelse.
- Antallet af miljøflygtninge stiger kraftigt, specielt i Afrika.

Temperaturstigning på 3° C og derover

- for naturen -

- Kun få økosystemer kan tilpasse sig klimaændringerne.
- 22 % af alle økosystemer har ændret sig.
- 50 % af alle naturreservater er ude af stand til at leve op til deres naturbevarelsesmål.
- 22 % af alle kystnære vådområder går tabt.
- Økosystemerne mister mellem 7 og 74 % af deres artsindhold.
- Op til 60 % af jordens skovareal vil gå tabt.
- I Europa vil mange alpine arter nærme sig deres udryddelsestærskel.

- Middelhavsområdet mister 60 % af områdets arter.
- Der sker et stort tab af levesteder for trækfugle i såvel Nordamerika som Europa.

- for mennesker og samfund -

- Yderligere forværringer på alle områder.
- Antallet af mennesker, som presses væk fra kystområder, stiger med 25 – 40 millioner.
- Antallet af mennesker, som er udsat for hungersnød, stiger med op til 400 mio.
- Antallet af mennesker udsat for mangel på ferskvand stiger yderligere.

Temperaturstigning på 4° Og derover

- for naturen -

- Permafrosten slipper sit tag i de øverste jordlag i mere end 90 % af den arktiske tundra med voldsomme konsekvenser for de arktiske plante- og dyrearter.
- Sandsynligt tab af de fleste af jordens regnskove.
- Uberegnelige, men store negative konsekvenser for livet i havene på grund af en kombination af varmere vand, ændret næringsstofftilførsel fra dybhavet til havets overfladelag og et surere havmiljø. Risiko for, at store dele af oceanerne bliver forvandlet til havørkener uden liv.
- I øvrigt store og uforudsigelige negative konsekvenser for alle økosystemer.

- for mennesker og samfund -

- Hele områder mister deres landbrugsproduktion. Heriblandt Australien og store dele af Afrika.
- Yderligere forværringer på alle områder som fødevarerforsyning, ferskvand, vektorbårne sygdomme som malaria osv.
- Mange af verdens storbyer trues af oversvømmelser, heriblandt London, Shanghai, Tokyo og Hongkong.

Kilder: Exeter-rapporten og IPCC's fjerde statusrapport

2.3. 2-graders-målet og drivhusgaskoncentrationen

Udgangspunktet for NOAH's energihandlingsplan er med dette udgangspunkt, at den globale temperaturstigning skal holdes under 2° C. Allerhelst skulle temperaturstigningen holdes under 1,5° C – det er kravet fra de lavtliggende østater, der risikerer udslettelse såfremt havet stiger som forventet. Og de nyeste videnskabelige rapporter peger i samme retning: De globale udledninger af drivhusgasser kan ikke reduceres hurtigt nok.

Det betyder, at koncentrationen af drivhusgasser inklusive CO₂ i atmosfæren skal holdes på et niveau, så den gennemsnitlige globale temperaturstigning højst bliver 2° C og helst mindre. Forholdet mellem koncentrationen af drivhusgasser og den globale temperaturstigning afgøres af den såkaldte klimafølsomhed, som er den temperaturstigning, der er konsekvensen af en fordobling af koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren. Når man beregner klimafølsomheden, omregnes de andre drivhusgasser til CO₂-ækvivalenter (eq).

Klimafølsomheden beregnes ved hjælp af store, komplicerede klimamodeller. Disse modeller revurderes og forfines løbende og har på nuværende tidspunkt ført til et bedste bud på en klimafølsomhed på 3° C med en usikkerhed på mellem 2 og 4,5° C. Det vil sige, at den globale gennemsnitstemperatur stiger mellem 2 og 4,5° C med 3° C som et bedste bud, hvis koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren fordobles fra det førindustrielle niveau på 280 ppmv til 560 ppmv (ppmv betyder parts per million, eller milliontedele af rumfanget i atmosfæren). En klimafølsomhed på 3° C betyder også, at koncentrationen af drivhusgasser skal holdes under cirka 430 ppmv, hvis den globale temperaturstigning skal holdes under 2° C.

IPCC's fjerde statusrapport har ingen scenarier for en temperaturstigning under 2° C. Den gruppe af scenarier, der kommer nærmest, opererer med temperaturstigninger på mellem 2 og 2,4° C. Dette kræver, at koncentrationen af drivhusgasser ifølge IPCC skal stabiliseres på mellem 445 og 490 ppmv CO₂ eq., og at der med udgangspunkt i år 2000 ikke må udledes en større mængde af drivhusgasser til atmosfæren, end hvad der svarer til mellem 800 og 1100 Gt CO₂ (1 gigaton = 1 milliard ton). Og så vil der kun være en meget lille sandsynlighed for, at den globale temperaturstigning kan holdes under de 2° C.

En nyere og ikke helt så pessimistisk opgørelse udført af Malte Meinshausen viser, at den mængde drivhusgasser, der globalt kan udledes fra år 2000 og frem til år 2050 inden for 2-graders-begrænsningen, er i størrelsesordenen 1356 Gt CO₂-eq. Tallet rummer en del usikkerhed pga. opgørelsesmåden, og fordi man bliver nødt til at regne med en vis sandsynlighed for, at temperaturen på trods af begrænsninger i udledningen alligevel vil kunne overskride de 2° C. Jo mindre sandsynlighed for at overskride de 2° C, man ønsker, des lavere skal udledningen være. De 1356 Gt CO₂-eq har en sandsynlighed på 20 % for, at temperaturen alligevel kommer over de 2° C. Fratrækkes de 430 Gt CO₂-eq, som vi allerede har udledt mellem 2000 og 2010, er der 926 Gt CO₂-eq tilbage til perioden 2010 til 2050.

Andre forskere er knapt så optimistiske. Nogle mener, at vi allerede er på et niveau, som vil medføre en temperaturstigning på 2,4° C ved slutningen af dette århundrede. Der er altså stadig store usikkerheder med hensyn til, hvor meget vi kan tillade os at udlede, hvis vi skal have en rimelig chance for at holde den globale opvarmning under 2° C i forhold til det førindustrielle niveau.

2.4. Hvor meget skal Danmark reducere?

Danmark er et af de lande, der udleder den største mængde CO₂ per indbygger, nemlig cirka 9,5 ton CO₂ per indbygger årligt. Det skal sammenlignes med et globalt gennemsnit på lidt over 4 ton per indbygger. Ser vi på det historisk, er Danmark et af de lande, der per indbygger indtil nu har bidraget mest til den globale opvarmning. Man kan altså med rette sige, at vi har en klimagæld til verdens fattige lande.

Det betyder groft sagt, at vi ikke kan reducere hurtigt nok. Spørgsmålet er så, hvor hurtigt det overhovedet er muligt at reducere vores udledninger af drivhusgasser. Som udgangspunkt mener NOAH, at målet bør være en reduktion på 50 % af den totale udledning af drivhusgasser i 2020, 90 % i 2030 og 100 % i 2050. Det svarer til år for år-reduktioner på næsten 7 % i den første del af perioden med udgangspunkt i 2012, for efter en årrække at gå over til en fast årlig reduktionsmængde for at kunne reducere til nul i 2050. Det forudsætter, at vi allerede cirka i 2030 helt har afviklet brugen af fossile brændsler i såvel energiforsyningen som i transportsektoren

På længere sigt kræver det også, at den danske husdyrproduktion skal skæres kraftigt ned. Landbrugsmetoderne skal omstilles til økologiske jordbrugsmetoder, der specielt sigter på at optimere jordens CO₂-optag. En del af den jord, der frigøres fra foderproduktion, skal bruges til skovrejsning. Udledningen af drivhusgasser fra industrien skal hurtigt reduceres og helt ophøre inden 2030.

Det er en voldsom omstillingsproces, der skal til, hvis vi skal klare 2-graders-målet. Men den omstilling, klimaændringerne vil påføre os, hvis vi ikke gør det, vil blive langt voldsommere.

Med NOAH's Energihandlingsplan 2050 vil vi vise, at det er teknisk muligt at leve op til den ovennævnte målsætning om at gøre Danmark fossilfrit.

Kilder til kapitlet

"Avoiding Dangerous Climate Change", Rapport fra et internationalt symposium om stabilisering af koncentrationen af drivhusgasser – den såkaldte Exeter-rapport, 2006.

"IPCC Fourth Assessment Report", december 2007.

"Climate Change, Global Risks, Challenges & Decisions", Copenhagen marts 2009.

3



Forudsætninger

3.1. Fra vækst til bæredygtighed

Økonomisk vækst er traditionelt blevet målt i et lands bruttonationalprodukt (BNP). Denne målestok siger ikke nødvendigvis noget om et samfunds velfærd og dets evne til at tilpasse sig ændringer i omgivelser og skiftende omstændigheder på længere sigt. I mange sammenhænge kan et højere BNP betyde ringere livskvalitet, velfærd og miljø.

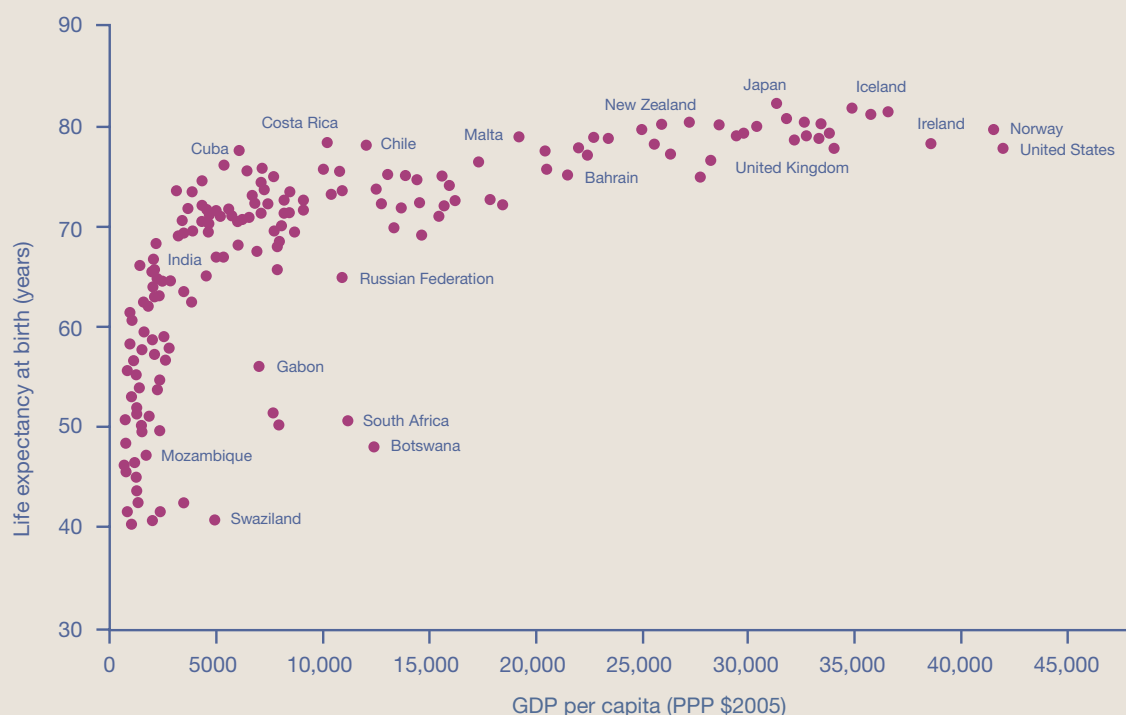
Hvad betyder BNP?

Bruttonationalproduktet beregnes som summen af indenlandsk forbrug af varer og tjenester samt investeringer plus landets nettoeksport (= eksport minus import). Alle disse tal beregnes på baggrund af de faktiske nettopriser, det vil sige at de indeholder produktafgifter og -skatter.

Ser vi på nogle af de faktorer, som er centrale for, om man kan kalde et samfund for et velfærdssamfund, viser det sig, at der kun for meget lave gennemsnitsindkomster er en nogenlunde sammenhæng mellem indkomst per indbygger og velfærdsfaktorer som gennemsnitslevealder og uddannelsesniveau. Allerede ved et ret lavt niveau begynder sammenhængen at blive utydelig, og andre faktorer bliver mere afgørende. For eksempel er deltagelsen i skolegangen lige så høj på Cuba som i USA, på trods af at gennem-

Figur 3.1

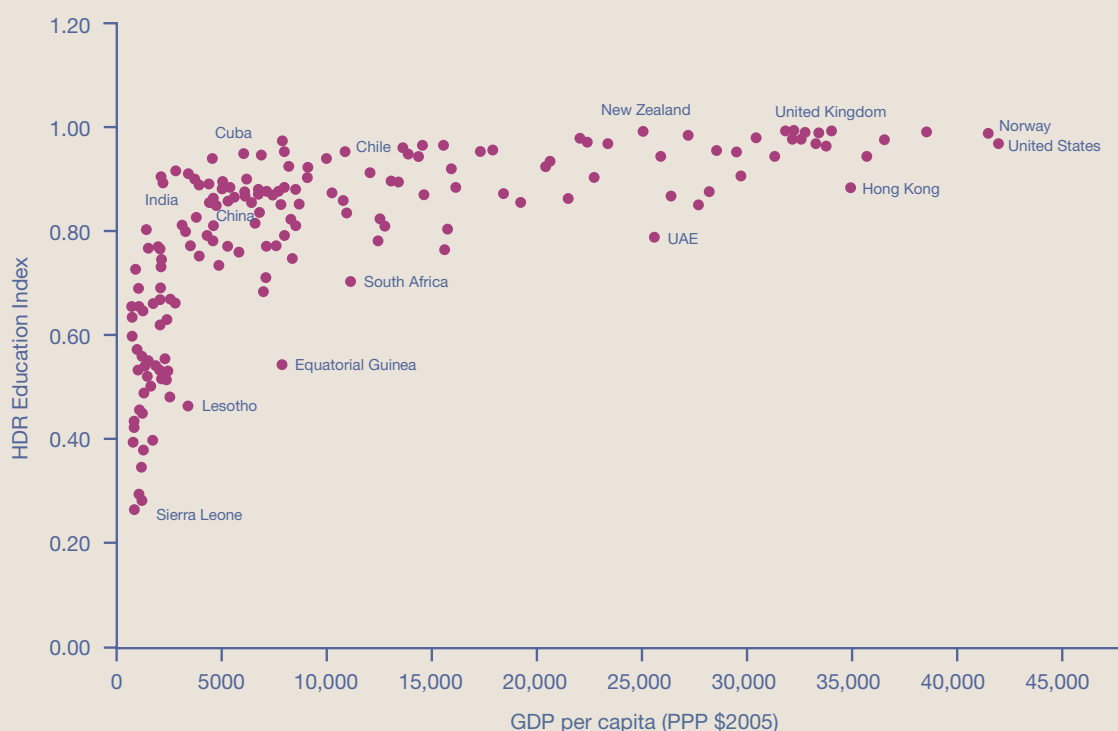
Sammenhængen mellem forventet levealder og indkomst pr. indbygger



Kilde: Prosperity without Growth?

Figur 3.2

Sammenhængen mellem deltagelse i undervisning og indkomst pr. indbygger



Kilde: Prosperity without Growth?

snitsindkomsten i USA er 8 – 9 gange højere i USA end på Cuba. Det samme gør sig gældende for den forventede levealder. Her ligger Cuba og Costa Rica nogenlunde på niveau med blandt andet England, Irland og USA. Blandt de allerfattigste lande ses der også en meget stor forskel på den forventede levealder. Man kan altså ikke se nogen entydig sammenhæng mellem velstandsniveauet og velfærdsfaktorer som sundhed og uddannelse, når et samfunds økonomiske velstand når op over et forholdsvis lavt niveau.

Andre faktorer, som medvirker til et stigende bruttonationalprodukt, har snarere en negativ effekt på velfærden. Antallet af trafikulykker med hårdt kvæstede vil betyde et stigende bruttonationalprodukt, fordi det afstedkommer en større aktivitet i sundheds- og socialektorerne. Udgifter til forureningsbekæmpelse vil ligeledes medføre et større BNP end en situation, hvor der ikke er nogen forurening at bekæmpe.

Centralt for målestokken BNP er det materielle forbrug. Historisk er forbruget af naturlige ressourcer vokset, når BNP er vokset. Ressourceeffektiviteten, som måler mængden af produkter eller serviceydelser produceret pr. enhed ressourceforbrug, er vokset på grund af den teknologiske udvikling. Men på trods af denne effektivisering, så har væksten i BNP medført en stadig vækst i det samlede forbrug af naturlige ressourcer. De naturlige ressourcer er bl.a. de

metaller, vi henter op fra jorden, landbrugsjord og ressourcer som frisk luft og ferskvand. Vi har kun et sted at hente ressourcerne fra, og det er det omgivende miljø. Og vi har kun et sted, hvor vi kan gøre af det affald, vores materielle forbrug forårsager, og det er det omgivende miljø, som vi er afhængig af.

NOAH mener, at grænsen for det bæredygtige, materielle forbrug allerede er overskredet. Dokumentationen for dette er efterhånden så omfattende, at ingen burde kunne ignorere den. Derfor er det også urealistisk at opstille et energiscenario, som regner med fortsat vækst som en forudsætning, da et sådant scenario aldrig vil kunne blive bæredygtigt. Tværtimod må vores forbrug bringes ned på et niveau, hvor vi kan begynde at genoprette nogle af de mange skader, vi i de seneste 100 år eller mere har påført Jordens økosystemer på lokalt og globalt niveau.

Det er skadeligt for samfundet fortsat at fokusere på vækst som et væsentligt mål for udviklingen. En bæredygtig udvikling drejer sig om høj livskvalitet for både nuværende og fremtidige generationer i harmoni med de naturlige økosystemer. Vi skal derfor finde andre målestokke for samfundsudviklingen end økonomisk vækst målt i BNP. Målestokke, som fokuserer på samfundets evne til at minimere de skadelige påvirkninger af naturen og evnen til at skabe forudsætninger for at maksimere livskvaliteten.

EU arbejder i projektet "Measuring progress, true wealth and the well-being of nations" med BNP's utilstrækkelighed som målestok og finansierer flere forskningsprojekter om udvikling af målestokke, såkaldte indikatorer, som måler forskellige udviklinger i samfundet, i livskvalitet og i miljøet. Det kan f.eks. være sundhed, uddannelse, fattigdom, social sammenhængskraft, luftkvalitet, udtømning af naturlige ressourcer. Der ser dog ud til at være lang vej til, at denne forskning trænger igennem til regeringer og beslutningstagere.

I øjeblikket oplever vi en verdensomspændende ikke planlagt nedgang i BNP. Dette ukontrollerede stop for væksten har ført til alvorlige kriser i hele verden. Dyrkelsen af den økonomiske vækst har vist endnu en af sine svagheder her. Vækstforventningerne er vokset umådeholdent og tilsammen med overbevisningen om, at det er muligt at forbruge langt ud over ens faktiske økonomiske formåen ved at optage lån i tiltro til, at fremtidig vækst i indkomst kan sikre, at lånene kan betales tilbage. Det har vist sig at være en katastrofal strategi.

Det er ikke denne rapports ærinde at diskutere, hvordan vi kan forestille os et økonomisk system, som ikke er baseret på en stadig vækst i det materielle forbrug. Men det er nødvendigt at fremhæve, at en sådan diskussion er en tvingende nødvendighed i en situation, hvor en fortsat vækst i det materielle forbrug fører os mod katastrofer i både naturen og samfundet.

3.2. Grænser for vækst

Det er for mange mennesker svært at forestille sig, at der skulle findes konkrete barrierer for, at vores velstand og materielle forbrug kan blive ved med at vokse. Den teknologiske revolution op gennem det 20. århundrede har fået de fleste mennesker til at nære en overdreven forestilling om teknikkens og videnskabens evne til at bryde alle grænser.

Derfor kom det som et chok, da nogle forskere pludselig hævdede, at sådanne grænser eksisterede, og at vi ville nå dem inden for et overskueligt antal årtier.

I 1972 udkom Rom-klubbens rapport "Grænser for vækst". Rapporten, som blev udarbejdet af forskere ved MIT (Massachusetts Institute of Technology), havde til formål at kortlægge de langsigtede konsekvenser af væksten i befolkningstal, industrikapacitet, fødevareproduktion, ressourceforbrug og forurening.

Kortlægningen viste, at grænserne for vækst inden for planeten Jordens begrænsede rammer ville være nået inden for de næste 100 år, hvis de væksttendenser i befolkningstal, industriproduktion, forurening, fødevareproduktion og ressourceforbrug, som eksisterede i 1972, fortsatte uhindret.

Rapporten var ikke nogen dommedagsprofeti, som nogen kaldte den, men en advarsel om, at en uhindret vækst i befolkningstal og materielt forbrug ikke er mulig. Forsøger man at fastholde en sådan vækst, vil det uundgåeligt føre til et sammenbrud med et brat og ukontrollabelt fald i Jordens befolkningstal og industriproduktion til følge. Derfor er det nødvendigt at ændre væksttendenserne og etablere en tilstand af økologisk og økonomisk stabilitet, som kan være bæredygtig langt ud i fremtiden.

Desværre førte rapporten ikke til en revurdering af den generelle vækstfilosofi. I stedet reagerede den største del af det etablerede samfund i de rige lande med benægtelse og afvisning af rapportens konklusioner.

Siden er der kommet en lang række rapporter, som stort set bekræfter konklusionerne i den oprindelige rapport. Den væsentligste forskel er, at rapporterne i stigende grad udviser bekymring for klodens fremtid og risikoen for et kollaps i løbet af det 21. århundrede.

I 1995 udkom rapporten "Sustainable Europe", som udfordrede den traditionelle væksttankegang ved at indføre begrebet "Det miljømæssige råderum" som en målestok for et bæredygtigt forbrug af råstoffer og belastning af miljøet. Rapporten, som var udarbejdet af Wuppertal Instituttet i samarbejde med 31 Friends of the Earth-grupper i Europa heriblandt NOAH, viste bl.a., at det med en fortsat økonomisk vækst vil blive umuligt at nå ned på et ressourceforbrug, som holder sig inden for det miljømæssige råderum. I årene derefter

udgav NOAH en række rapporter, der beskriver, hvad det miljømæssige råderum betyder for Danmark.

I en rapport fra 2008 har Graham Turner fra forskningsinstituttet CSIRO forsøgt at lave et virkelighedstjek af den oprindelige rapport "Grænser for vækst" med brug af historiske data for den globale udvikling fra 1979 – 2000. Resultatet viser en god overensstemmelse mellem det oprindelige standardscenario, hvor man ikke forudsætter nogen specielle tiltag for at effektivisere ressourceforbruget eller begrænse forbruget. Dette scenario vil føre til et globalt kollaps engang i midten af det 21. århundrede.

At vækstdebatten begynder at udøve et pres også på regeringskontorerne, hvor det at stille spørgsmål ved vækst hidtil er blevet (og stadig bliver) afvist som verdensfjern snak, viser en rapport fra en kommission udpeget af den engelske premierminister. Rapporten "Prosperity without growth" fra The Sustainable Development Commission siger rent ud, at myten om økonomisk vækst har svigtet os, og at en tilbagevenden til "business as usual" (før den finansielle krise) er umulig. I rapporten siges det bl.a., at "Den globale økonomi er næsten fem gange større, end den var for et halvt århundrede siden. Hvis den fortsætter med samme vækstrater, vil den være 80 gange større i 2100." En sådan ekspansion vil være "totalt på kollisionskurs med vores videnskabelige indsigt om det begrænsede ressourcegrundlag og den skrøbelige økologi, som vores overlevelse afhænger af."

3.3. Vækst som standardforudsætning

Alligevel bliver stort set alle – også såkaldt alternative – energiplaner udarbejdet med en fortsat vækst i produktion og forbrug af materielle goder som standardforudsætning. Det gælder for den industrielle produktion, for forbruget af elforbrugende apparater, antallet af opvarmede arealkvadratmeter (til boliger, service, produktion m.m.) og forbruget af transport.

Energiplanerne afspejler det fremherskende værdisæt, som stort set alle politikere og økonomer fortsat hælder til: Vi skal forbruge mere, arbejde mere og producere mere for at holde gang i den økonomiske vækst. Efterhånden kan ingen politiker længere forestille sig andre måder, hvorpå økonomien kan fungere, og investorer og børsrådgivere reagerer nervøst, så snart der opstår forhold, der kan true den økonomiske vækst.

Den blinde tiltro til markedskræfternes frie spil har haft den konsekvens, at kapitalen søger hen, hvor der kan opnås det største og hurtigste afkast. De offentlige investeringer sker også i stigende grad efter privatøkonomiske principper, og offentlige institutioner og selskaber frasælges til private, hvorved en samfundsmæssig styring af udviklingen svækkes. I takt med den stigende globalisering og tro på, at markedskræfterne kan ordne alle problemer, har vi

som samfund fået stadigt sværere ved at dæmme op for uhensigtsmæssig eller direkte samfundsskadelig økonomisk aktivitet.

Resultatet er blevet en tiltagende destruktion af miljøet og klimaet som følge af råstofindvinding, arealbeslaglæggelse, forurening, skovrydning og afvikling af levesteder for planter, dyr og mennesker.

Den økonomiske vækst har, set i et globalt perspektiv, kun bragt velstand til et lille mindretal, mens det store flertal kun har oplevet et marginalt løft i deres i forvejen utilstrækkelige livsgrundlag. I mange tilfælde er de allerfattigste blevet endnu fattigere. Samtidig har det destruktive aspekt af den materielle vækst nu antaget et omfang, hvor væksten udgør en trussel ikke blot mod lokale økosystemer, men mod hele det globale økosystem og dermed også hele grundlaget for den menneskelige civilisation.

Men de færreste er villige til at indgå i en reel debat om, hvor grænserne ligger, og hvordan samfundet kan omstilles til andre værdier end materiel velstand. Den økonomiske krise i 2008 – 2009 peger på, at det er på høje tid, at vi tager hul på debatten om den økonomiske vækst og mulighederne for nye økonomiske systemer, der ikke destruerer naturgrundlaget, men i stedet sikrer jordens befolkning en værdig tilværelse.

3.4. Grænserne for fortsat økonomisk vækst

Vi nærmer os grænserne for, at en fortsat økonomisk vækst overhovedet er mulig. Allerede nu kan vi se en række faktorer, som kan sætte en bremse for den materielle forbrugsvækst og dermed den generelle økonomiske vækst i løbet af de kommende årtier. Disse faktorer er først og fremmest:

Stigende energipriser: Det gælder først og fremmest olien, hvor det globale forbrug efter alt at dømme allerede inden for det nærmeste årti vil overstige produktionskapaciteten. Men også kul, naturgas og uran kan komme under pres inden for to til tre årtier. Den nuværende finanskrise har for øjeblikket taget presset af energipriserne, men det er efter alt at dømme en kortvarig frist. Et økonomisk op-sving efterfulgt af en stigende energiefterspørgsel vil givet betyde kraftigt stigende energipriser igen.

Stigende befolkningstal både i de rige og fattige lande: Stigende befolkningstal både i de rige og fattige lande. Selv om befolknings-tilvæksten er størst i de fattige lande, er ressourceforbruget i de rigere lande mange gange større pr. indbygger. Selv en lille be-folkningstilvækst i disse lande vil have store konsekvenser for det globale ressourceforbrug. Det stigende befolkningstal vil lægge et voldsomt pres bl.a. på de basale landbrugsprodukter og dermed na-turområderne. En stigende efterspørgsel efter agrobærende stoffer til den rige verden vil medføre kraftigt stigende fødevarerpriser. Vi ser

allerede nu globalt en kraftig tendens i denne retning.

Klimaændringerne vil tage fart: Mere ekstremt vejr, mangel på ferskvand, hyppige skovbrande, oversvømmelser m.m. Vi mærker allerede nu de første konsekvenser, og disse vil efterhånden forstærkes med mærkbare følger for hele verdensøkonomien, efterhånden som antallet af klimarelaterede naturkatastrofer og miljøflygtninge stiger. Klimaændringerne vil også kraftigt forværre mange af de allerede eksisterende problemer med fødevarer-sikkerhed, ferskvandsressourcer osv.

Tilpasning til klimaændringerne vil også blive en stigende belastning for de rige såvel som de fattige landes økonomier. Med risikoen for en havstigning på mindst 1 meter og måske op til 2 meter i dette århundrede, kan de økonomiske konsekvenser blive omfattende. De fattigste lande vil næppe få mulighed for klimatilpasningstiltag i nævneværdigt omfang. En havstigning på bare 1 meter vil ramme ca. 100 millioner mennesker.

Vi kan risikere, at listen bliver meget længere. Mange af de tendenser, vi allerede ser, vil blive kraftigt forværrede, hvis vi ikke standser den globale opvarmning i tide. Jo længere tid, vi desperat forsøger at fastholde den økonomiske vækst som den eneste succesparameter, jo større vil de kvalitative forringelser af naturen og vores samfund kunne nå at blive, og desto voldsommere vil virkningerne blive, når økosystemerne bryder sammen, og priserne på fødevarer, råstoffer og andre ressourcer tager himmelflugt.

3.5. Olieprisernes kaotiske svingninger

Vi har i det seneste årti set oliepriserne på de internationale markeder svinge vildt og nærmest kaotisk. Fra et lavpunkt på ca. 20 \$ pr. tønde sidst i 1990'erne tog priserne et kraftigt sving opad i begyndelsen af dette årtusinde og endte helt oppe på 147 \$ pr. tønde i sommeren 2008. Finanskrisen i slutningen af 2008 fik forbruget til at falde, og oliepriserne tog sig et styrtedyk ned til mellem 40 og 50 \$ pr. tønde (januar 2009). En pris, der knap nok dækker produktionsomkostningerne. Priserne er dog relativt hurtigt begyndt at stige igen, og ligger lige nu (april 2010) på over 80 \$ pr. tønde.

En forbrugsnedgang på grund af den økonomiske krise på foreløbig under 10 % er imidlertid langt fra nok til at få en afgørende betydning for, hvor hurtigt de store oliefelter i verden bliver tømt. Tværtimod forventes forbruget specielt i Kina, Indien og de øvrige asiatiske lande at fortsætte med at stige. De nuværende lave oliepriser betyder altså ikke, at der pludselig er olie nok. Tværtimod mener mange analytikere, at vi allerede har set toppen af produktionskapaciteten. Hvis det er rigtigt, betyder det, at olieproduktionen fra nu af kun kan gå ned – ikke op. Selv IEA (Det Internationale Energiagentur), som historisk set har overvurderet olieressourcerne, siger nu, at olieproduktionen vil toppe ca. i år 2020. En rapport fra okto-

ber 2008 fra en britisk task force nedsat af otte store firmaer kommer frem til en lidt mindre optimistisk vurdering. I rapporten "The Oil Crunch" vurderes det, at en hurtig nedgang og måske endda et kollaps af olieforsyningen kan forventes inden for de næste fem år og måske så tidligt som i 2011.

De fleste uafhængige kilder vurderer, at olieproduktionen er meget tæt på at have, eller allerede er toppet, og at der derefter vil følge en nedgang på ca. tre procent årligt i gennemsnit i de kommende årtier. Dette vil uundgåeligt føre til store prisstigninger på olien i de kommende år - ifølge nogle kilder med en oliepris på 300 - 350 \$ pr. tønde allerede i 2020 til følge. Prisstigningen vil sandsynligvis ikke blive jævn, men svinge kraftigt mellem store prishop og efterfølgende prisfald, som er vi allerede er begyndt at kunne ane. En sådan situation vil ramme verdensøkonomien mindst lige så hårdt som den nuværende finanskrisen. Og spørgsmålet er, om vi overhovedet når at komme op af den bølgedal, verdensøkonomien befinder sig i på nuværende tidspunkt (april 2010), før den såkaldte peak-oil-krise rammer os. Udskyder vi de investeringer, der er nødvendige for, at vi kan frigøre os hurtigt fra den nuværende olieafhængighed, kan det blot gøre situationen endnu sværere at håndtere. Det er vigtigt at huske på, at hele den industrielle verdens økonomiske vækst igennem det 20. århundrede og op til nu er baseret på en stadig strøm af lettilgængelig og billig energi.

3.6. Vi har et valg

Det er ikke en naturlov, at vores materielle forbrug og vores udbytning af naturressourcerne skal fortsætte, indtil vi når det punkt, hvor der sker et ukontrolleret sammenbrud, fordi vi overskrider grænserne for, hvad natur- og resourcegrundlaget kan bære. Vi har et valg. Men vi er først nødt til at erkende, at vi ikke har noget reelt valg mellem vækst og ikke-vækst. Insisterer vi på at fastholde væksten i det materielle forbrug, vil vi uundgåeligt støde imod resourceloftet og det ukontrollerede sammenbrud, som vi bliver advaret imod. Resourcegrundlaget er begrænset, uanset hvor dygtige vi er til at erstatte næsten udtømte ressourcer med andre ressourcer, der i en periode er mere af.

Indtil da har vi muligheden for at foretage en kontrolleret opbremsning og omstilling til en ligevægtsøkonomi med mindre energi- og resourceforbrug, øget fokus på livskvalitet og naturens grænser. Det er en stor udfordring. En udfordring på linje med at sende mennesker til Månen. Men det er en udfordring, der er nødvendig at leve op til, hvis vi skal undgå det ukontrollerede sammenbrud. En omstilling fra et vækstsamfund til et ligevægtssamfund vil betyde, at vi skal give afkald på noget af vores velstand til fordel for en større livskvalitet for os selv og specielt for vores børn og børnebørn. Men den vil ikke sende os tilbage i jordhulerne. Der risikerer vi til gengæld at ende, hvis vi fortsætter med at klamre os til den nuværende vækstøkonomi.

3.7. Forudsætninger i energiplanens scenarier

På den baggrund er det efter NOAH's mening uansvarligt at bygge et fremtidsscenario på en fortsat vækst i det materielle forbrug i de rige lande. Grundscenariet for den samfundsmæssige udvikling i NOAH's energiplan er derfor et bæredygtighedsscenario, hvor det materielle forbrug topper i 2010, primært forårsaget af den finansielle og økonomiske recession. Herefter falder det materielle forbrug langsomt over resten af perioden, som strækker sig til 2050.

Til sammenligning er der også udarbejdet et såkaldt stabiliserings-scenario, hvor forbruget stiger moderat til og med år 2020, hvorefter det holder sig stabilt i resten af perioden.

For at sætte dette i perspektiv er den nuværende situation, at udviklingen i den økonomiske vækst målt i BNP blev på -3,3 % i 2009 i Danmark og -4,0 % i gennemsnit for de 27 EU-lande, altså en negativ vækst. Dette fald er ikke kontrolleret og har derfor medført kaos i verdensøkonomien.

Der er ikke i NOAH's scenarier taget stilling til, hvordan samfundsøkonomien skal indrettes i fremtidens samfund. Der findes ikke nogen entydig opskrift på dette, men mange økonomer har allerede beskæftiget sig med mulighederne for en bæredygtig ligevægtsøkonomi. Det skal også bemærkes, at en omstilling som den, der kræves for at omstille vores samfund til at klare klimaudfordringen, i sig selv vil medføre skabelsen af et stort antal arbejdspladser. Det betyder, at et kontrolleret fald i vores materielle forbrug ikke nødvendigvis behøver at skabe en voksende arbejdsløshed.

3.8. Den konkrete udvikling i de to scenarier

De to scenarier opererer ikke med nogen overordnet forudsætning om den økonomiske udvikling målt i BNP. I stedet bygger scenarierne på en række forudsætninger om udviklingen i netop de sektorer, som betyder noget for udviklingen i energiforbruget. Disse forudsætninger indeholder ikke på forhånd nogen antagelser om udviklingen i energieffektivitet eller adfærdssændringer ud over den rent forbrugsmæssige udvikling i antallet af opvarmede kvadratmeter, antallet af elapparater, kørte kilometer osv.

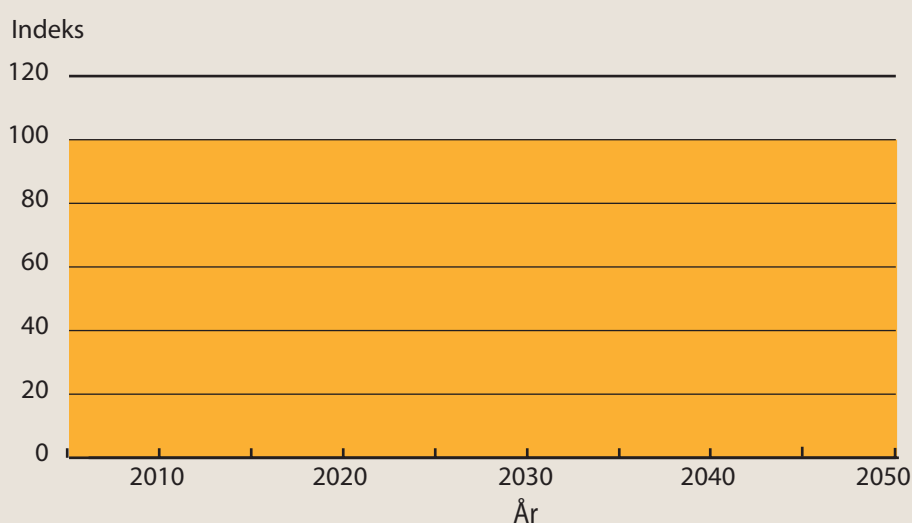
Nettoenergiforbruget og det tilsvarende forbrugsindeks tager sit udgangspunkt i 2005 (Klaus Illum, Kortlægning af energipolitikens teknologiske råderum, 2005) og 2010-tallene er skønnet med dette udgangspunkt. Transportens energiforbrug er dog skønnet med udgangspunkt i 2008 (IDA's Klimaplan 2050). De tiltag, der ligger i NOAH's Energihandlingsplan får først virkning fra 2010. For nogle sektorer skønnes der imidlertid at være sket en udvikling fra 2005 til 2010 både i energiforbrugende materialle goder og i energiforbruget per enhed. For at gøre dette skøn gennemslagsligt, er udgangspunktet her 2005.

Det opvarmede areal pr. indbygger i bæredygtighedsscenariet forudsættes at holde sig stabilt over hele perioden. Boligmassen udskiftes meget langsomt, og byggeaktiviteten i et bæredygtighedsscenario vil primært være rettet imod energieffektiviseringer af den gamle boligmasse frem for en storstilet udskiftning af hele bygningsmassen. Det forudsættes, at opførelsen af nye boliger og bygninger stort set opvejes af nedrivning af den ældste og dårligste del af bygningsmassen.

I stabiliseringsscenariet stiger det opvarmede areal pr. indbygger

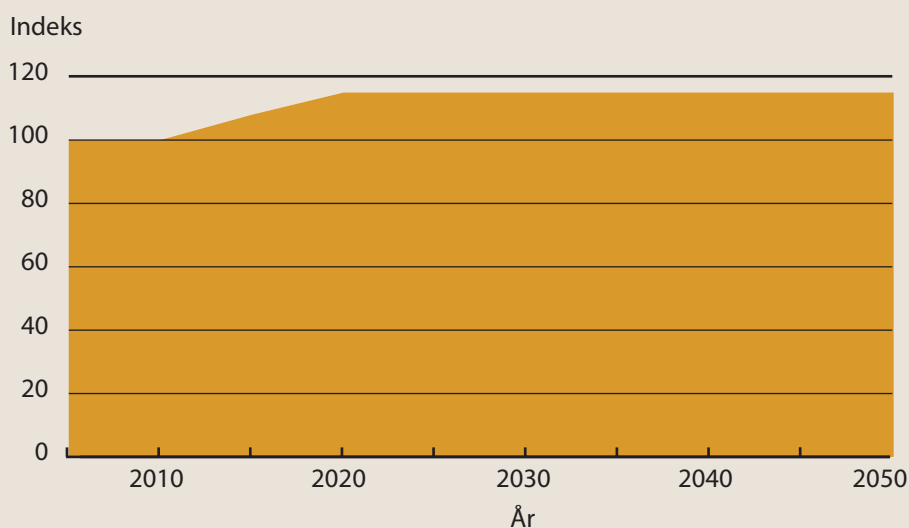
Figur 3.3

Udviklingen i det opvarmede areal pr. indbygger (inkl. institutioner, kontor m.m.) i bæredygtighedsscenariet



Figur 3.4

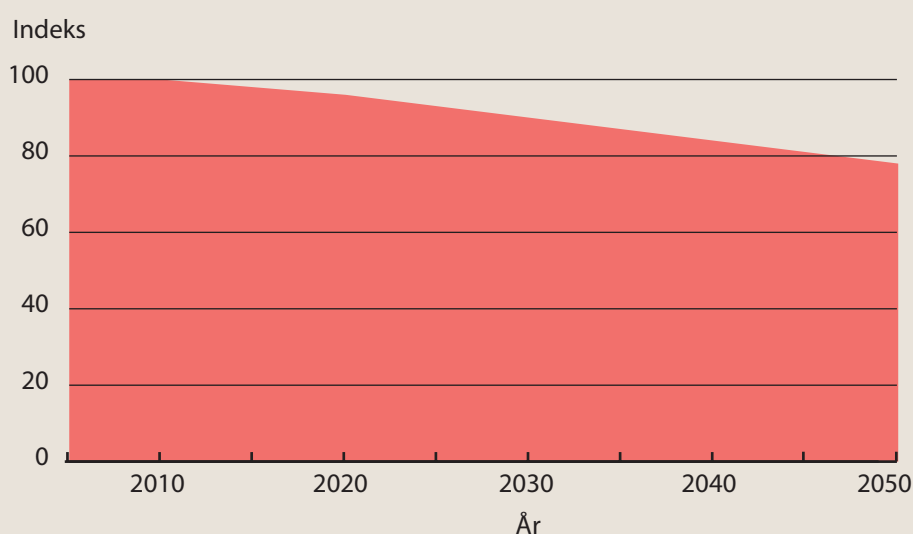
Udviklingen i det opvarmede areal pr. indbygger (inkl. institutioner, kontorer m.m.) i stabiliseringsscenariet



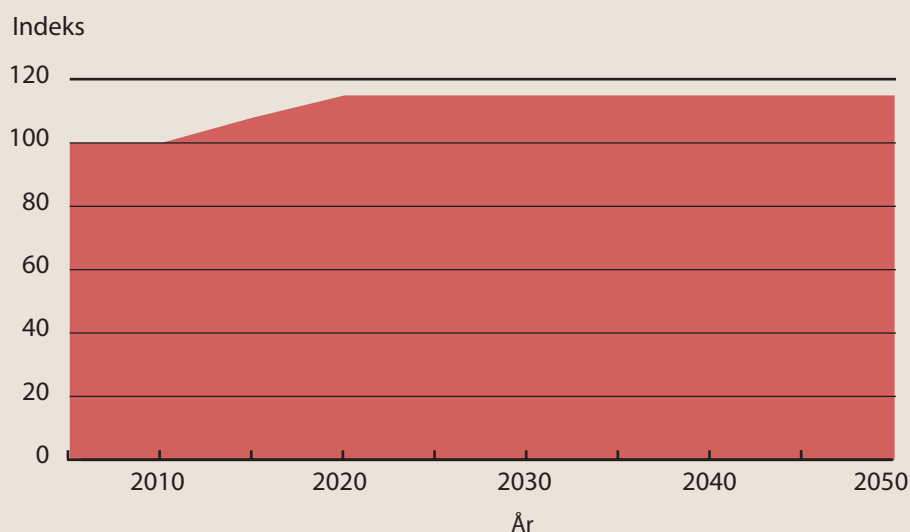
med 15 % til 2020, hvorefter det holder sig stabilt perioden ud. Det forudsættes ligeledes her, at en del af den ældste bygningsmasse nedrives, men nybyggeri vil i den første del af perioden overstige nedrivning.

Udviklingen i **den industrielle produktion** i Danmark forudsættes i bæredygtighedsscenariet at ændre sig en del hurtigere end udviklingen i boligarealet med et jævnt fald til 78 % af 2005-niveauet i 2050. Faldet er til dels et udtryk for et fald i det materielle forbrug, men nok så meget et udtryk for, at vi i stigende grad stræber imod

*Figur 3.5
Udviklingen i den industrielle produktion pr. indbygger i bæredygtighedsscenariet*



*Figur 3.6
Udviklingen i den industrielle produktion pr. indbygger i stabiliseringsscenariet*



en mindre udskiftning og større holdbarhed af de materielle forbrugsgoder. Der er derfor samlet set tale om en ret konservativ og dermed forholdsvis langsom udvikling hen imod et mere bæredygtigt samfund. En udvikling, der af mange årsager nok burde gå hurtigere, end her antaget. Udviklingen i den industrielle produktion forudsættes som udgangspunkt at have en direkte indflydelse på energiforbruget til industriel produktion.

I stabiliseringsscenariet stiger den industrielle produktion med 15 % fra 2005 til 2020. Derefter forudsættes produktionen pr. indbygger at holde sig konstant perioden ud.

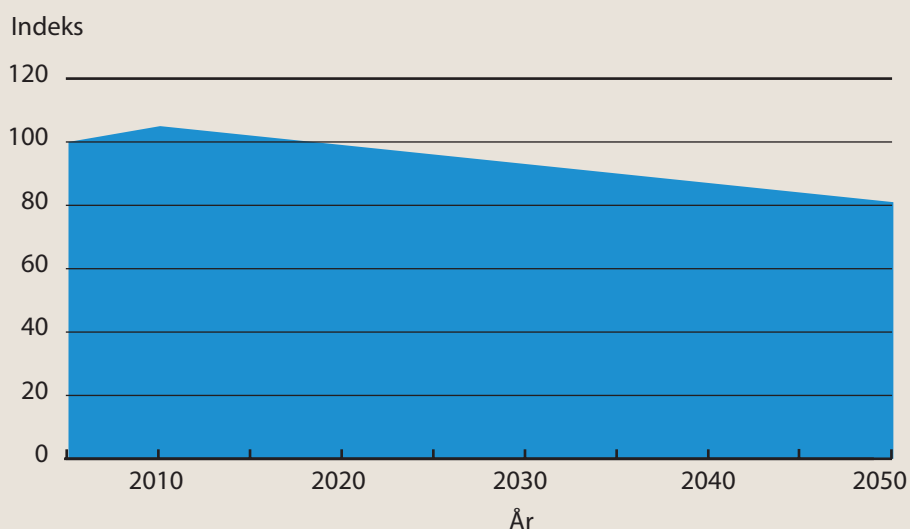
Udviklingen i **antallet af elforbrugende apparater** forudsættes i bæredygtighedsscenariet ligeledes at falde jævnt til 81 % af 2005-niveauet i 2050. Faldet på de 20 % skal ses som det samlede udtryk for en udvikling, hvor omsætningen af elforbrugende apparater falder til et lavere niveau end de 81 %, mens kvalitet og holdbarhed til gengæld stiger, således at udskiftningen af de elforbrugende apparater falder jævnt over perioden. Elforbrugende apparater dækker over en lang række forskellige apparattyper fra tørretumblere til mobiltelefoner med meget forskelligt energiforbrug. Det samlede antal af apparater er derfor en overordnet indikator for udviklingen. Den siger ikke noget om, hvordan fordelingen af apparattyper kan ændre sig over tid.

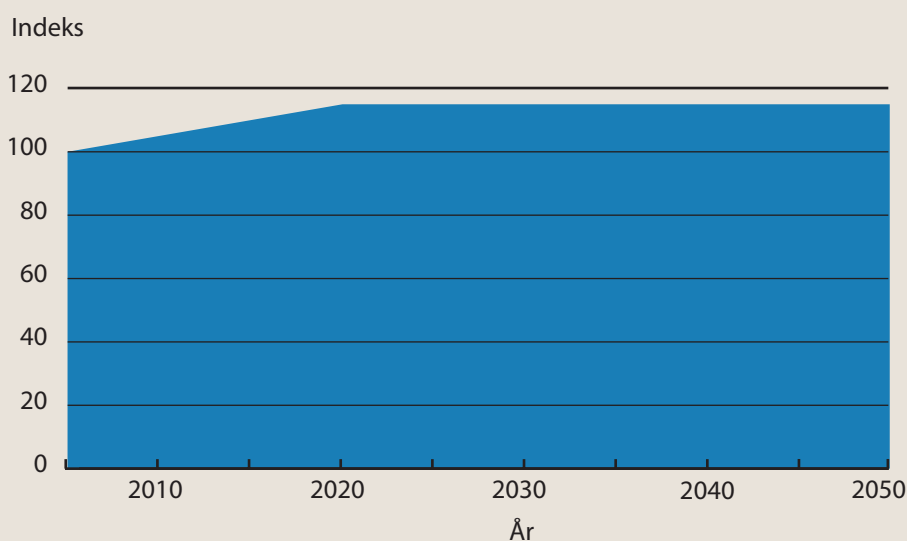
Udviklingen i bestanden af elforbrugende apparater stiger i stabiliseringsscenariet i samme takt som udviklingen i den industrielle produktion.

Udviklingen i **den indenlandske person- og godstransport** forudsættes i bæredygtighedsscenariet at falde jævnt gennem perioden.

Figur 3.7

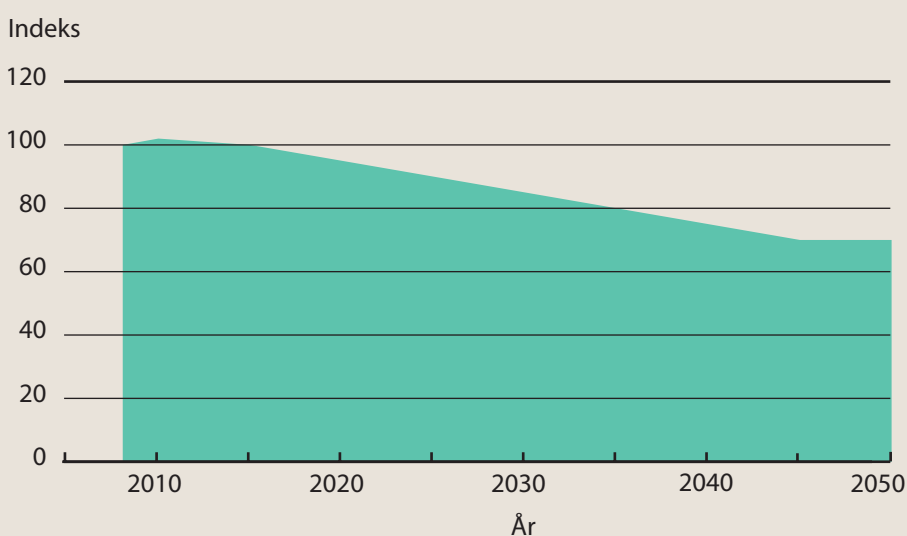
Udviklingen i antallet af elforbrugende apparater pr. indbygger i bæredygtighedsscenariet



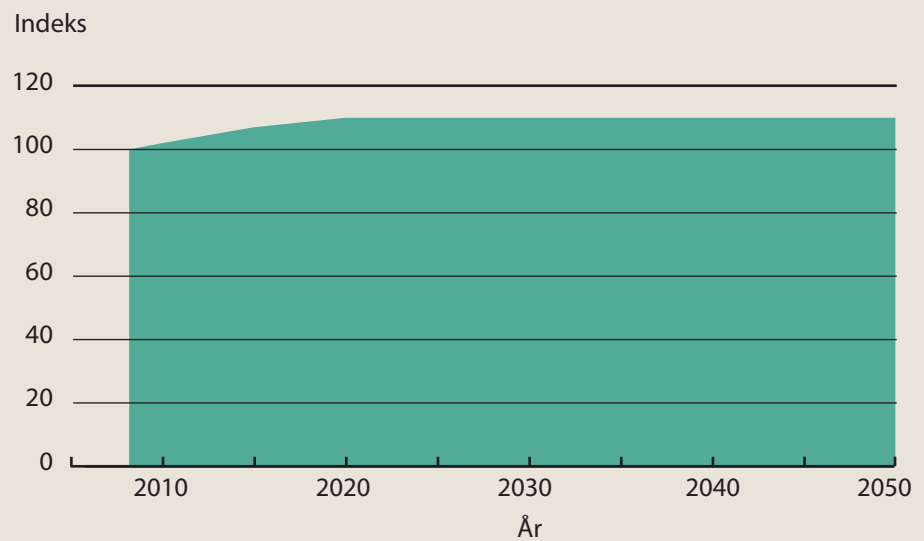
*Figur 3.8**Udviklingen i antallet af elforbrugende apparater pr. indbygger i stabiliseringsscenariet*

Vores transportforbrug er i løbet af de seneste årtier steget til et helt uholdbart niveau. Alene de helt korte ture i bil udgør nu en væsentlig del af den samlede transport, og en stor del af disse kan let erstattes med gang eller cykling. Der er derfor et stort potentiale for at nedbringe transportforbruget både for persontransportens og godstransportens vedkommende. Dette kan ske ved en kombination af et generelt faldende materielt forbrug og en afskaffelse af det, vi her vil kalde uhensigtsmæssige transportvaner.

På længere sigt vil en væsentlig del af begrænsningen i transport-

*Figur 3.9**Udviklingen i persontransporten i bæredygtighedsscenariet med udgangspunkt i 2008*

Figur 3.10
Udviklingen i persontransporten i stabiliseringsscenariet



forbrug kunne hentes ved en decentralisering af nogle af de indkøbsmæssige og administrative funktioner i samfundet, som i de seneste årtier i stigende grad er blevet centraliseret. Det gælder i første række funktioner, der er forbundet med megen transport af mennesker og varer. Det er værd at bemærke, at en såkaldt "peak oil"-situation allerede i midten af det næste årti, hvor efterspørgslen efter olieprodukter begynder at overstige produktionskapaciteten, vil kunne få olieprisen til at stige voldsomt med et endnu kraftigere fald i transporten til følge. En sådan situation kan dog muligvis blive udskudt med et globalt faldende materielt forbrug og et deraf følgende reduceret transportforbrug.

Det forudsættes, at den energikrævende persontransport kan begrænses lidt hurtigere og mere end godstransporten bl.a. ved at gøre cykling langt mere attraktivt i byområderne. Godstransporten vil naturligt begrænses i takt med, at det materielle forbrug begynder at gå ned. En øget satsning på lokal produktion af specielt fødevarer vil yderligere begrænse transportbehovet.

Kilder til kapitlet

"Overconsumption? Our use of the world's natural resources", Friends of the Earth Europe, SERI Institute, september 2009.

Measuring progress, true wealth and the well-being of nations. <http://www.beyond-gdp.eu/>

"Oil drying up as world remains unaware", William Marsden, Canwest News Service, January 10, 2009.

"2008 oil recap. and what is next", Steve Austin - 2009/01/05, www.oil-price.net/

"Global oil supply will peak in 2020, says energy agency", Terry Macalister and George Monbiot, The Guardian, Monday 15 December 2008.

"UK will face peak oil crisis within five years, report warns", The Guardian, Wednesday 29 Oktober 2008.

"Mod et bæredygtigt Europa", NOAH 1995.

"Bæredygtigt Danmark", National rapport, Kampagnen for et bæredygtigt Europa, NOAH, Friends of the Earth Denmark, NOAH's Forlag, 1996.

"Limits to Growth", D. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III. Chelsea Green Publishing Company, 1972.

"Beyond the Limits", D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers. Chelsea Green Publishing Company, 1992.

"Limits to Growth – The 30-year Update", D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers. Chelsea Green Publishing Company, 2004.

"A Comparison of the Limits to Growth with Thirty Years og Reality", Graham Turner, CSIRO, juni 2008.

"Living Planet Report, 2008", WWF, Zoological Society of London og Global Footprint Network.

"Prosperity without growth. The transition to a sustainable economy", Professor Tim Jackson, Sustainable Development Commission, marts 2009.

"Efter væksten", Herman E. Daly, Forlaget Hovedland 1996.

"Om-tanke, Ved vendepunktet ved vækstens grænser", Klaus Illum, BIOs 2009.

"IDAs klimaplan 2050", Ingeniørforeningen, maj 2009.

"Kortlægning af energipolitikens teknologiske råderum", Klaus Illum og Tarjei Haaland, Greenpeace, juli 2006.

4



Energiforbrug

4.1. Hvordan udvikler fremtidens energiforbrug sig?

Den væsentligste forudsætning for, at vi forholdsvis problemløst kan frigøre os fra de fossile brændsler, er, at vi nedsætter og effektiviserer vores energiforbrug i alle sektorer af samfundet.

Energibesparelser er den letteste og økonomisk set mest fordelagtige måde, hvorpå vi kan reducere vores CO₂-udledninger. Et langt stykke hen ad vejen vil det være både samfundsøkonomisk og i mange tilfælde også privatøkonomisk fordelagtigt at gennemføre administrative og teknologiske energibesparelser. Medregnes fordelene for miljø og klima, er det svært at overvurdere de samlede fordele.

Sammenligner man med tiltag, som kan give tilsvarende CO₂-reduktioner, er energibesparelser i stort set alle tilfælde det økonomisk set mest fordelagtige, samtidig med at det er det redskab, som giver de hurtigste resultater. Dette er specielt tilfældet, hvis man sammenligner med investeringstunge og problematiske teknologier som CO₂-separering og -lagring (CCS) og atomkraft. Energibesparelser bør derfor være grundstenen i den fremtidige energiplanlægning. Dette gælder i alle sektorer af samfundet.

Da en langsigtet besparelsesindsats skal spille sammen med den nødvendige omlægning af energisystemet, er det nødvendigt, at indsatsen planlægges overordnet og følges år for år. Kun på den måde kan de virkemidler, der er nødvendige, løbende justeres for at opnå den ønskede effekt.

4.2. Virkemidlerne skal være flersidige og langsigtede

- Med flersidige virkemidler menes, at de skal bestå af et bredt spektrum af værktøjer fra information og rådgivning over justering af markedsmekanismer ved hjælp af tilskud og afgifter til påbud og lovmæssige foranstaltninger.
- Med langsigtede virkemidler menes, at alle virkemidler fra begyndelsen skal planlægges med en langsigtet indsats for øje. Dette skal desuden gøre omlægningen af energisektoren gennemskuelig og forudsigelig for såvel private som for erhvervslivet.

Besparelser i energiforbruget kan opdeles i to hovedelementer:

1. Adfærd i såvel privatsfæren som i erhvervsliv og det offentlige. Energi skal ikke betragtes som en selvfølge, men som et gode, vi skal bruge med opmærksomhed og omhu. Det kræver en lang og intensiv informationsindsats for at gøre energieffektiv adfærd til en naturlig og integreret del af vores hverdag. Det kræver, at energieffektiv adfærd i det mindste til at begynde med belønnes økonomisk. Og det kræver desuden, at energiforbrug indtænkes

i de administrative rutiner i såvel små som store virksomheder og hele den offentlige sektor.

2. Teknisk optimering af alt energiforbrug fra boligopvarmning og elapparater til alle former for transportmidler. Denne optimering skal ske i hele energisystemet og ikke bare i forbrugsleddet.

Der skal fokuseres på begge disse elementer i alle sektorer af samfundet.

Mange energibesparelsetiltag vil give en umiddelbar økonomisk besparelse for forbrugerne. Derfor er det vigtigt, at de økonomiske midler, der på den måde frigøres, ved hjælp af passende energipolitiske tiltag ikke omsættes i andet energikrævende forbrug.

4.3. Rumopvarmning og varmt vand

Cirka 40 % af Danmarks samlede energiforbrug går til rumopvarmning. Det er samtidig et af de områder, hvor der stadig er meget store, uudnyttede besparelsemuligheder. Dette på trods af, at der i de seneste 30 år allerede er sket meget på området.

Siden 1975 er det samlede etageareal vokset med ca. 50 %. Samtidig er det samlede energiforbrug til opvarmning faldet med ca. 20 %. På trods af dette er der stadig et meget stort besparelspotentiale, specielt i den ældre del af bygningsmassen.

Langt det største tekniske besparelspotentiale findes på rumopvarmningsområdet. Varmtvandsforbruget udgør en mindre del af det samlede opvarmningsforbrug. Selv om der uden tvivl er besparelser at hente her f.eks. i efterisolering af rør og varmtvandsbeholdere, findes det store potentiale her først og fremmest på det adfærdsmæssige område. Alt tyder til gengæld på, at der her er et meget stort potentiale, som kan udnyttes dels via en langt mere omfattende informationsindsats end den nuværende, dels via økonomiske incitamenter, så den største del af afregningsprisen lægges på forbruget. Det vil betyde, at en ændret adfærd direkte kan aflæses på den enkelte forbrugers energiregning. Dette er ikke altid tilfældet i dag.

Besparelsemuligheder i det nuværende byggeri

Skal potentialet for besparelser i den eksisterende bygningsmasse udnyttes, er det nødvendigt, at det sker som en del af en samlet plan. I rapporten "Klimarigtigt byggeri" fra Teknologirådet (2008) konkluderes det bl.a., at der bør opstilles reduktionsmål for hele bygningsmassen i en samlet handlingsplan. Desuden konkluderes det, at en gennemsnitlig reduktion på 5 % årligt er realistisk, hvis man energirenoverer 3 – 4 % af hele bygningsmassen hvert år.

De vigtigste besparelsetiltag i den eksisterende bygningsmasse omfatter:

- Efterisolering af ydervægsgfacader fra 100 til 200 mm.
- Efterisolering af tag- og loftkonstruktioner.
- Udlægning af isolering i strøgulve specielt i forbindelse med uisolerede fundamenter.
- Udskiftning af ruder til 3-lags-energiglas og isolerende rammekonstruktioner eller montering af forsats-energiruder.
- Etablering af ventilation med varmegenvinding.
- Isolering af varmerør og varmevekslere.

Flere rapporter viser, at der ikke er væsentlige tekniske eller økonomiske barrierer for at gennemføre meget store energibesparelser i den eksisterende bygningsmasse. Til gengæld er der mange administrative og adfærdsmæssige barrierer. Derfor er en stor informationsindsats kombineret med en overordnet planlægning, som også indeholder økonomiske incitamenter, nødvendig.

Besparelsesmuligheder i nybyggeri og fremtidigt byggeri

Langt det meste nybyggeri halter langt bagud for udviklingen, når det gælder udnyttelsen af de teknologiske muligheder for at nedsætte varmekonsumet. Det nuværende bygningsreglements energirammebegrænsning betyder, at et enfamiliehus kan bruge op til cirka 90 kWh/år pr. m² etageareal. For etageboliger og kontorer ligger det maksimale energiforbrug noget højere.

Dette er langt over det forbrug, som kan opnås ved at bygge energirigtigt. Allerede i dag kan man uden væsentlige meromkostninger bygge enfamiliehuse, etageboliger og kontorbygninger, som opfylder kravene til lavenergihuse i energiklasse 1, som ligger på 50 % af kravene i det nugældende bygningsreglement (op til ca. 45 kWh/m²).

Endvidere viser erfaringer fra Tyskland, at passivhuse i de fleste tilfælde også kan konkurrere med konventionelt byggeri. Passivhuse er huse uden et egentligt varmeanlæg med et varmekonsum på maks. 15 kWh/m² pr. år. Et passivhus udnytter varmen fra personer, apparater, belysning og solindfald optimalt. Et passivhus har normalt mekanisk ventilation med varmegenvinding. Erfaringer fra Tyskland viser, at husene har et fremragende indeklima.

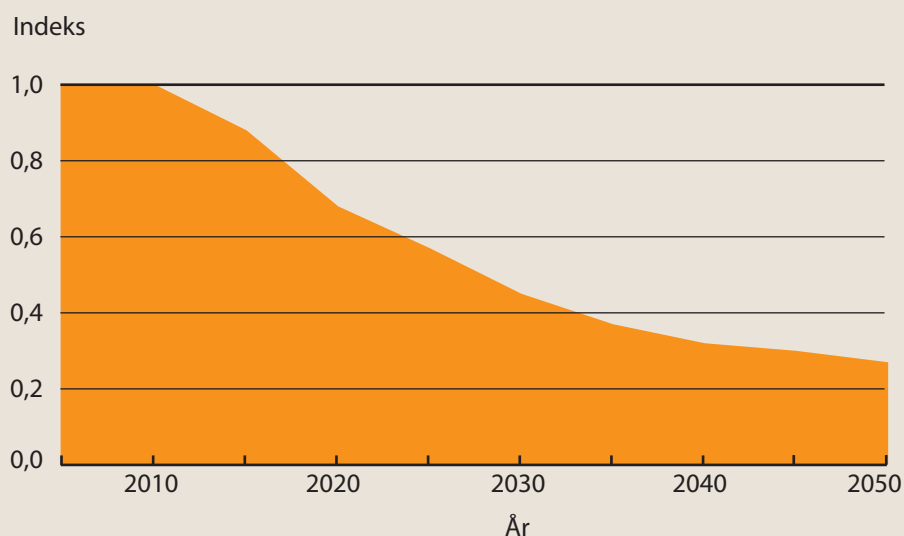
På lidt længere sigt går udviklingen hen imod at integrere energiproduktionen med solfangere til varmt vand og solceller til el i bygningerne. Husene vil med andre ord på årsbasis kunne producere mere energi, end de bruger. Man taler så om plusenergihuse. Fremtidigt byggeri bør se hele bygningens energiforbrug i en større sammenhæng med integration af elspareteknologi og effektive elinstallationer f.eks. med lavspændingsnetværk til de apparater, som i dag bruger særskilte transformere til at nedsætte spændingen. Intelligent eludrustning, som styrer elforbruget i forhold til forsyningen, vil ligeledes være en naturlig ting, efterhånden som der kommer mere og mere vedvarende energi i energiforsyningen.

Udviklingen i energiforbruget til opvarmning

I NOAH's energiscenarier regnes med en stor udnyttelse af de mulige besparelspotentialer. For det eksisterende byggeri regnes med, at 3 – 4 % af hele bygningsmassen energirenoveres årligt i mindst de næste 30 år, som nævnt i Teknologirådets rapport "Klimarigtigt byggeri". Samtidig forudsættes det nuværende bygningsreglement strammet kraftigt, således at al nybyggeri så hurtigt som muligt og senest i 2012 skal opfylde kravene til lavenergibyggeri i klasse 1. I 2015 skal alt nybyggeri opføres som passivhuse med et maksimalt varmekonsum på 15 kWh/m² pr. år.

Med disse forudsætninger vil det være muligt at forvente en reduktion på op til 5 % årligt af energiforbruget til opvarmning frem til år 2020. Efterhånden som de ældste og dårligst isolerede bygninger energirenoveres eller nedrives, vil de årlige energibesparelser falde. Samlet set betyder det, at nettoenergiforbruget til opvarmning og varmt brugsvand kan reduceres fra et varmekonsum på ca. 182 PJ i 2010 til et forbrug på ca. 124,3 PJ i 2020, 82,6 PJ i 2030 og 49,5 PJ i 2050 under forudsætning af, at det samlede opvarmede areal ikke ændrer sig.

Figur 4.1 Besparelspotentialet i energiforbruget til rumopvarmning regnet i forbrug pr. m²



Udvikling i nettovarmeforbrug i PJ inklusive forbrug af varmt brugsvand

	2010	2020	2030	2050
Energiforbrug pr. m ² , indeks	1,0	0,68	0,45	0,27
Nettovarmeforbrug i PJ	182	124,3	82,6	49,5

4.4. El- og varmekonsumet til industrielle processer

I en evalueringsrapport fra 2008 af den danske energibesparelsesindsats siges det bl.a., at der er store og meget billige energibesparelser at hente i de danske produktionsvirksomheder. En af de ting, som hæmmer energibesparelserne i industrien, er kravet til en hurtig tilbagebetalingstid (T i tabellen), hvilket igen hænger sammen med de særligt favorable priser, som elforsyningsens storkunder nyder godt af. Hertil kommer en generel manglende viden om de potentielle muligheder.

I 1995 blev der på Energistyrelsens foranledning foretaget en detaljeret gennemgang af de teknologiske besparelspotentialer i erhvervslivet. Udredningen viste tekniske besparelspotentialer på mellem 6 og 12 % med en tilbagebetalingstid på 3 år og besparelspotentialer på mellem 28 og 50 % med en tilbagebetalingstid på 20 år. I mellemtiden er der foretaget en del besparelsetiltag i erhvervslivet, specielt på områder, hvor det har været muligt at opnå en kort tilbagebetalingstid. Samtidig er energipriserne generelt steget, og den teknologiske udvikling har gjort mulighederne for besparelser større. Det vil derfor være rimeligt at forvente, at potentialet for tekniske energibesparelser er mindst lige så stort, som det blev vurderet til i 1995.

Opgjort elbesparelspotentiale i erhvervslivet, Energistyrelsen 1995 (T = tilbagebetalingstid)

Sektor	T = 3 år	T = 20 år
Landbrug	11 %	35 %
Industri	8 %	34 %
Bygge og anlæg	20 %	30 %
Handel og privat service	13 %	43 %

Opgjort varmekonsumspotentiale i erhvervslivet, Energistyrelsen 1995 (T=tilbagebetalingstid)

Sektor	T = 3 år	T = 20 år
Landbrug	6 %	28 %
Industri	7 %	33 %
Bygge og anlæg	15 %	35 %
Handel og privat service	12 %	50 %

Virkeliggørelsen af de mulige besparelspotentialer afhænger naturligvis i meget høj grad af investeringsniveauet. Ifølge rap-

porten er det mulige besparelspotentiale langt højere, hvis man forudsætter et højere investeringsniveau. Her kommer rapporten frem til et muligt besparelspotentiale på op imod 60 % for både el- og varmekonsumet. Rapporten gør også opmærksom på, at der teoretisk kan opnås endnu større besparelser, men med en ringere økonomi end den, rapportens analyser forudsætter.

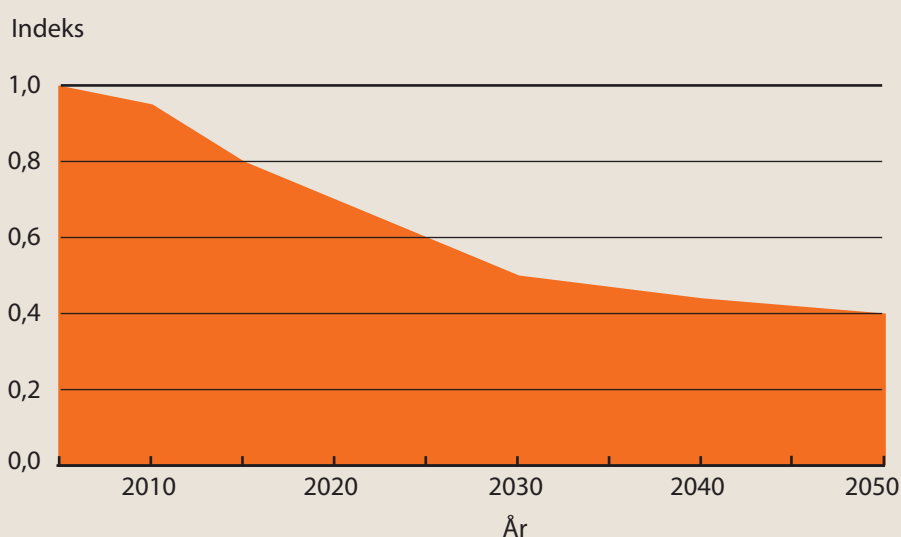
Og det er ikke bare på det tekniske område, det er muligt at opnå store energibesparelser. I en rapport om produktionsoptimering i erhvervslivet fra 2003 blev det konkluderet, at det specifikke energiforbrug pr. produceret enhed teoretisk kan reduceres med 30 – 40 % alene ved at forbedre driften af det eksisterende produktionsudstyr. Det vil sige uden at indføre tekniske energibesparelser.

Udviklingen af energiforbruget til industrielle processer

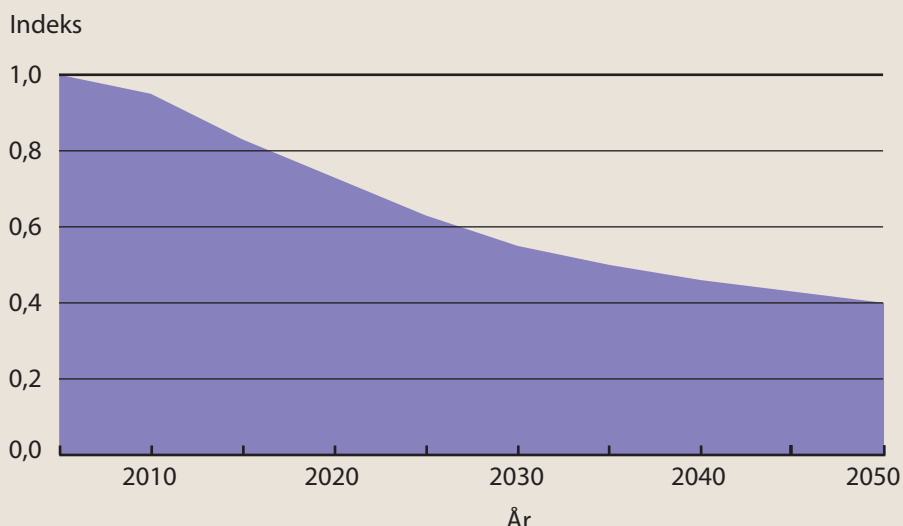
Tre faktorer er helt afgørende for udnyttelsen af det store potentiale for energibesparelser i de industrielle processer, nemlig tilbagebetalingstid, finansieringsmuligheder og informationsniveau. Med de rigtige tiltag på disse tre kerneområder skulle det være muligt at opnå ganske store besparelser også på kort sigt, dvs. i perioden indtil 2030. På lidt længere sigt er der regnet med en noget langsommere udvikling, da de billigste og mest oplagte besparelsemuligheder allerede vil være udnyttet. Det mulige energibesparelspotentiale kan realiseres gennem en kombination af adfærdsmæssige besparelser, regulering af priserne og deres sammensætning, en bedre udnyttelse af produktionsapparatet og tekniske energibesparelser.

I NOAH's energiscenarier er der regnet med et muligt varmebesparelspotentiale pr. produceret enhed på 50 % i 2030 og 60 % i 2050 i forhold til 2005. Tilsvarende er der regnet med et elbesparelspotentiale på 45 % i 2030 og 60 % i 2050. Dette må skønnes at være

Figur 4.2 Udvikling i nettovarmekonsum til industrielle processer.



Figur 4.3 Udvikling i elforbrug til industrielle processer



en konservativ vurdering på baggrund af den foreliggende dokumentation, og langt større energibesparelser er sandsynligvis mulige især på længere sigt.

4.5. Elforbruget til apparater

Elforbruget til elforbrugende apparater fra vaskemaskiner og køleskabe til hjemmebiografer og computere udgør langt den største del af vores elforbrug. Derfor vil elbesparelser på dette område gøre det langt lettere at omlægge vores energiforsyning til vedvarende energi.

I rapporten "Teknologikatalog – energibesparelser i boligsektoren", Energistyrelsen, 1996, skønnedes det ved en gennemgang af det teknologiske besparelspotentiale for en række elforbrugende apparater, at det ved den bedst mulige udvikling i apparaternes energieffektivitet ville være muligt at opnå besparelser på 62 % af et gennemsnitligt husholdningselforbrug i 2020 i forhold til dagens gennemsnit. Hertil kommer et adfærdsmæssigt besparelspotentiale på ca. 20 %.

Indtil nu har vi kun set en mindre del af dette potentiale realiseret på trods af en stor informationsindsats. Samtidig er mængden af elapparater i private boliger steget markant, specielt hvad angår elforbrugende apparater til underholdning samt computere.

Der er altså stadig meget store besparelser at hente. Der spildes stadigvæk store mængder energi ved uhensigtsmæssig adfærd og rent sløseri. Og det sker såvel i private husholdninger som i erhvervsliv og institutioner. Computere står tændt døgnet rundt. Lys brænder i kontorer og rum, hvor der ikke opholder sig mennesker, eller ved fuldt dagslys. Vi fylder kun vaskemaskinen eller opvaskemaskinen

halvt op, når vi vasker. Mange flere eksempler kunne nævnes.

Vi kan komme langt blot ved at ændre uhensigtsmæssig adfærd og ved at indføre teknologi, som kan hjælpe med at reducere unødvendigt energiforbrug. Elspareskinner til computere og tv, som gør, at man kan slukke alle apparater et sted, bevægelsesfølere og dagslysstyring, som slukker unødvendig belysning er bare tre eksempler på teknologi, som kan hjælpe med at skære unødvendigt elforbrug væk. LED-lamper, som har et endnu mindre energiforbrug end almindelige sparepærer er et fjerde eksempel.

Hertil kommer muligheden for at udskifte til mere energieffektive apparater. På flere områder ligger elforbruget for de mest effektive apparater på markedet helt nede på ca. halvdelen af det gennemsnitlige elforbrug for de apparater, der er i brug.

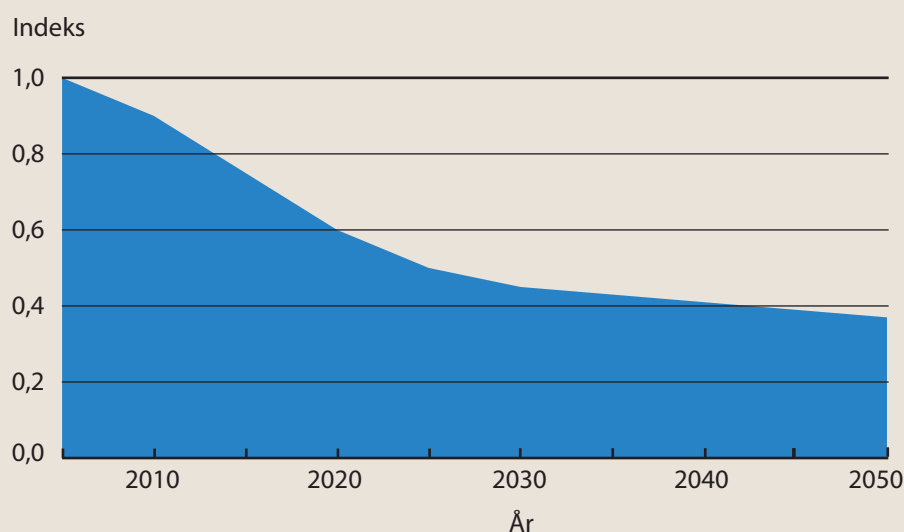
En kombination af adfærdsmæssige ændringer og udskiftning til de mest energieffektive apparater på markedet i dag kan tilsammen bringe vores elforbrug ned på halvdelen eller mindre af det nuværende forbrug. Og den teknologiske udvikling er selvfølgelig ikke standset. De bedste og mest energieffektive apparater vil stadig blive bedre og dermed åbne vejen for endnu større reduktioner i elforbruget.

Elforbrug til køl

Et eksempel på et fremtidigt besparelspotentiale er køle- og fryseskabe. Elforbrug til køl og frys er en af de største enkeltposter på elregningen i en almindelig husstand. Ved udskiftning til de mest energieffektive modeller på markedet kan dette forbrug let bringes ned til ca. halvdelen af det nuværende.

Men den teknologiske udvikling vil med stor sandsynlighed kunne bringe forbruget endnu længere ned. Fremtidens køleskabe vil

figur 4.4 Udvikling i elforbruget til apparater m.m.



nemlig bruge under halvdelen af det, de mest effektive modeller på markedet bruger i dag. Disse køleskabe bruger magnetisk køling i stedet for de nuværende varmepumper. Sådanne køleskabe ventes at være på markedet om ca. 10 år.

Dette er kun ét eksempel på en muligt fremtidig udvikling. Fremtidens fjernsyns- og computerskærme bliver sandsynligvis langt mere energieffektive end de nuværende. Det samme gælder på en lang række områder, hvor vi langt fra har set slutningen på den teknologiske udvikling.

Udviklingen i elforbruget til apparater

I NOAH's energiscenarier er der regnet med, at det med de rette virkemidler vil være muligt at realisere et besparelspotentiale på 53 % i 2030 og 63 % i 2050. Dette er sandsynligvis en del under det teoretisk mulige besparelspotentiale. En meget stor del af dette potentiale vil kunne realiseres relativt hurtigt ved ændret adfærd og ved udskiftning af gamle, ineffektive apparater.

4.6. Transport

Transporten, såvel den indenlandske som den internationale, har i mange årtier været en af de sektorer i samfundet, som er vokset mest uden nogen væsentlig energieffektivisering, og dermed har den stået for en stadig stigende andel af vores energiforbrug og CO₂-udledning. Det er helt nødvendigt at vende denne udvikling. Her er kun den indenlandske transport behandlet, da den internationale transport indeholder meget anderledes problemkomplekser, som det er nødvendigt at behandle særskilt.

Indenlandsk flytrafik

Den indenlandske flytrafik står for en meget lille andel af Danmarks transport, men er alligevel så klimabelastende, at den forudsættes stort set afviklet inden år 2030.

Indenlandsk skibsfart

Den største andel af den indenlandske skibsfart udgøres i dag af hurtiggående bilfærger. Disse er ekstremt klima- og miljøbelastende, hvorfor de ikke forventes at spille nogen rolle overhovedet i fremtidens transportsystem. Coastere i form af moderne vind-/brintdrevne skibe kan til gengæld komme til at spille en større rolle i fremtidens indenlandske varetransport.

Landbaseret transport

Denne står i øjeblikket for langt den overvejende del af den indenlandske transport. De vigtigste mål for en energirigtig transportpolitik på dette område er:

1. Reduktion af det samlede forbrug af motoriseret transport gennem planlægning, organisation og økonomiske virkemidler.
2. Skift i transportformer fra individuel, motoriseret transport til

- gang, cykling, letbaner, busser, S-tog og tog.
3. Elektrificering af den nu reducerede flåde af personbiler, varevogne og lastbiler, energieffektivisering af benzin- og dieselskøretøjer, så længe de er i drift (frem til 2030).
 4. Overgang til 100 % vedvarende energi som energikilde i hele sektoren.

Transportsektorens energiforbrug kan reduceres, og dens energieffektivitet kan påvirkes på flere måder.

Først og fremmest spiller transportarbejdets omfang en rolle, det vil sige efterspørgslen på transport af mennesker og varer. Her spiller specielt samfundsplanlægningen en central rolle.

Adfærden spiller en væsentlig rolle, både den individuelle adfærd og praksis hos virksomheder og institutioner, som har mulighed for at udarbejde transport- og pendlerplaner f. eks. med fleksible mødetider og øget brug af videokonferencer.

Tekniske forhold som transportmidlets vægt og luftmodstand, rullemodstand og transmissionstab spiller ind i hele regnestykket.

På lidt længere sigt spiller fordelingen på individuelle og kollektive transportmidler en meget stor rolle, idet kollektive transportformer generelt er langt mere energieffektive end individuelle transportformer.

Endelig spiller typen af den drivkraft, som kommer til at erstatte benzinmotoren, en stor rolle. Rene eldrevne transportmidler er for eksempel langt mere energieffektive end brintdrevne transportformer. Mindst energieffektive er forbrændingsmotorer drevet af 2.-generations-biobrændstoffer. Dette er en af flere årsager til, at disse ikke er medtaget som drivmidler i fremtidens transportmidler.

Planlægning

Planlægningen har i årtier sat mobiliteten i højsædet. Det skal ændres til fordel for tilgængelighed: "Det vigtige er ikke at komme omkring, men at komme derhen, hvor man skal." Ud fra den synsvinkel er transport ikke et gode i sig selv, når man ser bort fra fysisk bevægelse som gang og cykling. Transport er en omkostning både for den enkelte og for samfundet. Derfor skal transport begrænses fra det mulige til det nødvendige.

Gennem planlægning kan man politisk understøtte – eller modvirke – centralisering. For eksempel har kommunalreformen i 2007 betydet langt mere transport og dermed større energiforbrug. Det samme gælder centralisering i detailhandlen med færre, men meget store centre og byspredning med meget vidtstrakte lave bebyggelser med ringe offentlig trafikbetjening.

Den udvikling skal vendes igen, så planlægningen støtter en fortætning af byerne og standser anlæggelsen af flere storcentre. Offent-

lige funktioner skal være tæt på borgerne.

I bymæssig bebyggelse kan mange veje og gader nedklassificeres til adgangsveje (dvs. uden gennemkørsel), samtidig med at cykelstier og -ruter udbygges.

Transportplaner og citylogistik kan reducere transportarbejdet for institutioner og virksomheder og medføre betydelige reduktioner af energiforbruget.

Trafikpolitik

Gennem lovgivning og kommunale beslutninger kan gang, cykling og kollektiv trafik favoriseres på bekostning af bilismen. Registreringsafgiften kan differentieres, så de mest energiforbrugende køretøjer beskattes langt hårdere. Elbiler kan midlertidigt fritages for registreringsafgift. Benzin- og dieselafgifter skal sættes op år for år efter en fast plan, så forbrugerne kan disponere efter det. Andre virkemidler er nedsættelse af hastigheden på især motorvejene og indførelse af betalingsringe ved de store byer. En bil, som ved en hastighed på 80 km i timen kan køre 18 km på literen, vil ved 130 km i timen kun køre godt 10 km på literen.

Sammenhængen mellem hastigheder, energiforbrug og udslip

Hastighed (km/t)	Brændstofforbrug (km/l)	CO ₂ -udslip (g/km)	%-ændring i forhold til 80 km/t
80	18,0	133	0
90	17,5	137	+3
100	14,9	149	+12
110	14,1	170	+28
120	12,1	199	+50
130	10,1	237	+78

Kilde: "Average hot emission factors for passenger cars and light duty trucks" og Trafikministerens svar nr. 141 til Folketingets trafikudvalg d. 25.04.01.

Adfærd

Vores adfærd spiller primært en rolle for energiforbruget i de individuelle transportformer, dvs. først og fremmest bilen. Her er der meget store energibesparelser at hente ved en ændret adfærd, specielt når det drejer sig om mængden af korte ture og bykørsel. En opgørelse fra Vejdirektoratet har vist, at ca. halvdelen af alle bilture er på mindre end seks kilometer, og en meget stor del af dem foregår i byerne. En rapport fra DTU har tilsvarende vist, at to tredjedele af alle rejser er på mindre end 22 km frem og tilbage, dvs. en rejseradius på 10 – 11 kilometer. Ser man på antallet af kørte kilometer, svarer det til ca. 15 %.

Brændstofforbruget er derimod en del højere, sandsynligvis mindst 50 % højere, da brændstofforbruget er meget højere ved kortere ture, hvor motoren endnu ikke er varm, og hvor der typisk er tale om bykørsel med mange stop.

Energiforbruget ved tomgangskørsel kan begrænses. Det er i mange byer forbudt at holde med motoren kørende i tomgang i mere end et minut i byzone, men mange bilister er ikke bekendt med det eller overholder det ikke, og reglen bliver stort set aldrig håndhævet. Problemet med tomgangskørsel vil helt forsvinde ved en omstilling til eldrevne biler.

Kampagner, der kan medvirke til, at flere cykler eller går på de korte ture, fulgt op af fysiske ændringer og reguleringer, kan give et væsentligt bidrag. Kampagner skal være vedholdende og præget af helhedsbetragtninger. Når flere færdes til fods og på cykel frem for i bil, er det også en fordel for det lokale miljø (støj og luftkvalitet), for sikkerheden (færre ulykker), for sundheden (ved at man bevæger sig mere) og for klimaet (mindre udledning af CO₂).

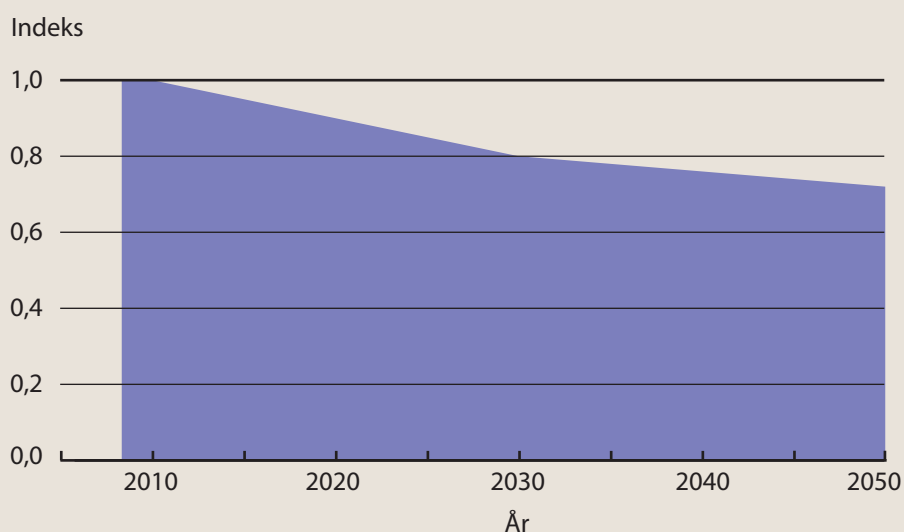
I trafikpolitikken kan regulering og økonomiske virkemidler bruges til bl.a. at reducere hastighed og dermed energiforbrug, til at tilskynde til samkørsel og til at skifte fra individuelle til kollektive transportmidler.

Kampagner for adfældsændringer skal være massive og langvarige, og de kan ikke stå alene. De modvirkes i høj grad af de enorme ressourcer, som bilforhandlere, turistindustrien, flyselskaber, aviser og andre anvender på at promovere bilsalg, bilkørsel og flyrejser.

Teknik

Forbedringer af aerodynamik, rullemodstand og transmissionstab vil sandsynligvis vise en teknologisk udvikling, som tilsammen giver

4.5 Energiintensitetsudviklingen i transportsektoren



mindre forbedringer i både individuelle og kollektive transportformers energieffektivitet. Andre faktorer kan dog pege i den modsatte retning. Indførelse af hurtigere tog vil f.eks. betyde en væsentlig forøgelse af energiforbruget i den kollektive transport. I modsat retning tæller, at hurtigere tog kan erstatte fly på korte og mellem-lange distancer.

Samlet potentiale

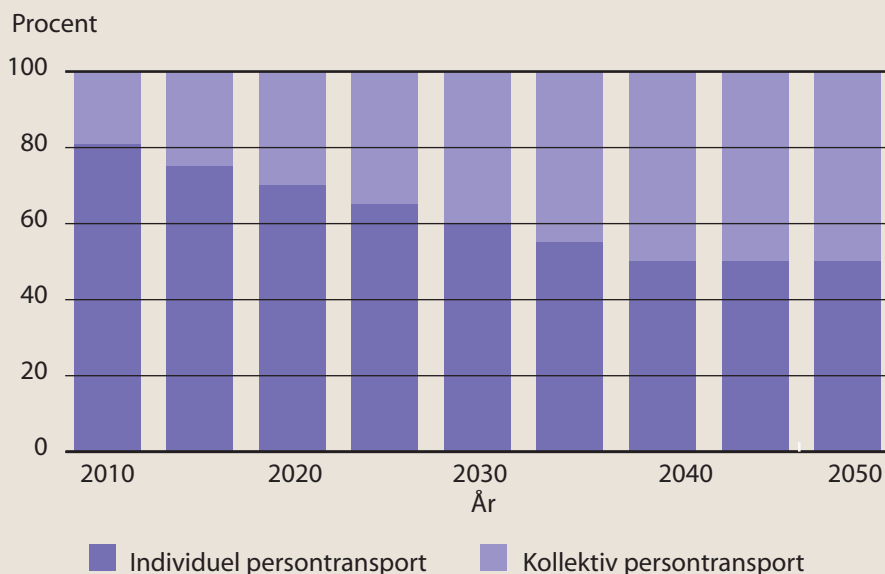
Da der er mange ukendte faktorer i opgørelsen af potentialet for effektiviseringen af individuelle og kollektive transportmidler, har vi valgt at give et konservativt skøn for det samlede potentiale. En kraftig stigning i brændselspriserne vil sandsynligvis kunne fremme denne udvikling kraftigt, specielt på det adfærdsmæssige område. Det samme vil en begrænsning af bilkørsel i byerne. Vi ved, at adfærdsændringer normalt sker langsomt, men vi ved også, at en kombination af kampagner/oplysning og regulering kan ændre adfærdsmønstre i befolkningen ganske hurtigt – hvad ændringerne i rygeradfærd efter år 2000 har vist.

I transportsektoren har effektiviseringer en tendens til at blive modvirket af en tendens til at køre flere kilometer. Derfor er det vigtigt, at de tekniske energieffektiviseringer ikke står alene, men følges op af oplysning og økonomiske virkemidler som en forøgelse af afgiften på fossile brændsler. Der er kun regnet med en generel effektivisering i vejtransporten, da energieffektiviseringer i de kollektive transportmidler er mere usikre og meget forskelligartede.

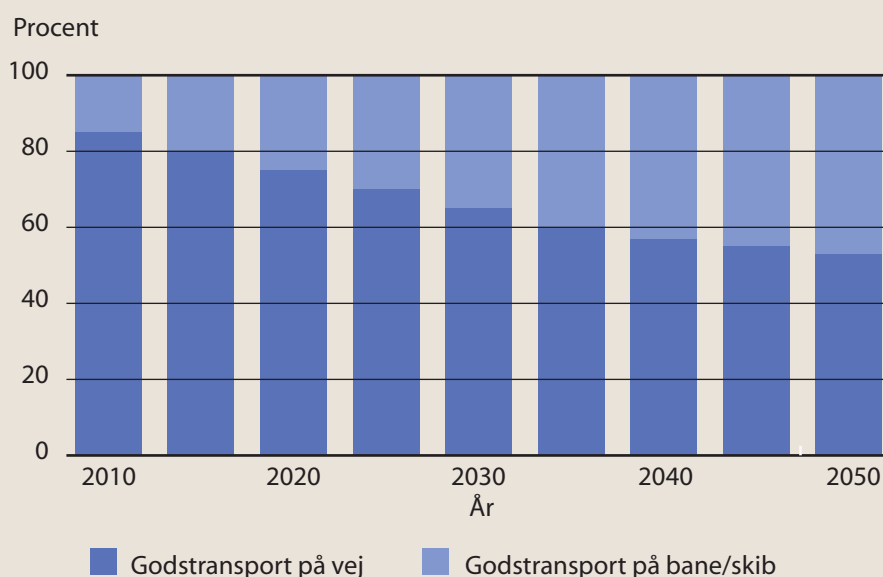
Skift til kollektiv transport

I dag sker den allerstørste del af persontransporten i bil og ofte med kun meget få passagerer i bilen. Der er mange gode grunde til

4.6 Udvikling i fordelingen mellem individuel og kollektiv transport



4.7 Udvikling i fordelingen mellem godstransport på vej og bane/skib



at ændre denne situation – energiforbruget er kun en af de mange grunde. Alene antallet af trafikulykker med personskader betyder en alvorlig belastning af både vores sundhedssystem og samfundsøkonomi. Den stigende biltrafik med flere og flere trafikpropper i byerne er både sundhedsskadelig, stressende og tidsrøvende.

I energiscenarierne er der forudsat, at der sker en meget stor indsats for at flytte både person- og godstrafik fra vejene over på kollektive transportmidler, for godstransportens vedkommende primært til tog og skibe. Der er dog forudsat, at skiftet sker noget langsomere for godstransportens vedkommende, fordi det vil tage lang tid at genoprette den infrastruktur, som er gået tabt i form af nedlagte havneanlæg, jernbaner, godsbanegårde og -terminaler landet over. Man kan dog langt fra afvise, at udviklingen vil kunne gå hurtigere end her forudsat ved udvikling af nye og mere effektive transportmidler. Udviklingen her er svær at forudse, da der stort set ikke er sket noget udviklingsarbejde på dette område de seneste årtier.

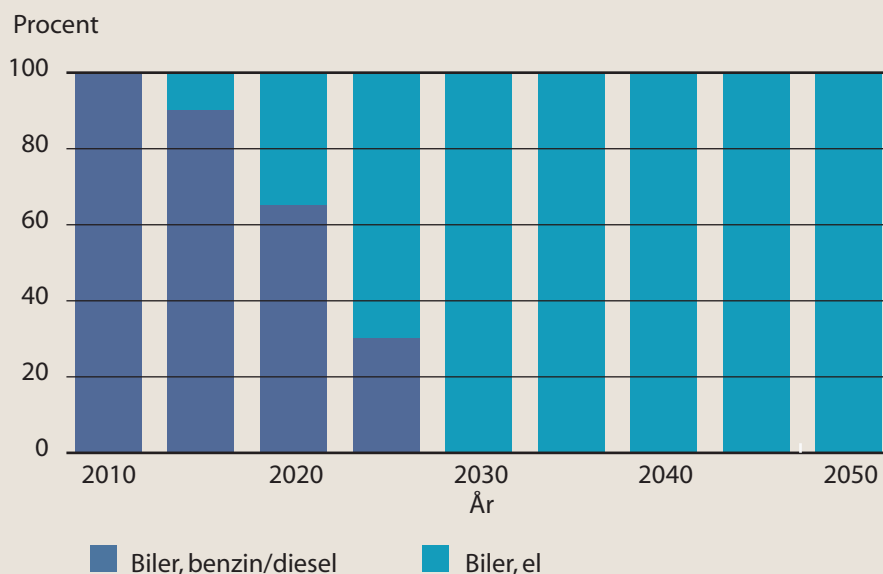
Letbaner (lightrails) forudsættes at komme til at udgøre en stigende andel af den kollektive transport i by- og omegnsområder. Moderne, komfortable og støjsvage sporvogne kan med fordel afløse busser i større, sammenhængende by- og omegnsområder og medvirke til at flytte den omfattende pendlertrafik fra biler til kollektiv trafik. Det har vist sig i de mange byer i Europa, som i de senere år har satset på letbaner.

Forskning og udvikling i nye kollektive transportformer har i lang tid lidt under manglende interesse fra samfundets side. Det forventes, at denne udvikling i de kommende årtier vil vende, og nye, energieffektive kollektive transportformer vil se dagens lys.

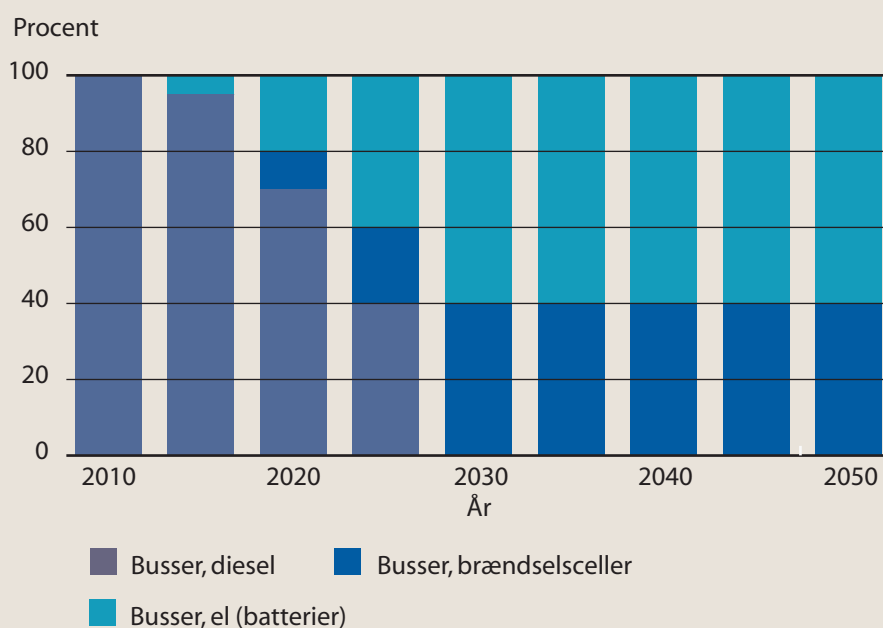
Omstilling til el og brint

Hvis vi skal væk fra de fossile brændsler i transportsektoren er det ikke nok at effektivisere, at nedsætte transportmængden og at skifte til kollektive transportmidler. Vi er også nødt til at skifte drivmidler. I NOAH's scenarier er der ikke taget stilling til, hvor hurtigt det er politisk og økonomisk realistisk at skifte drivmidler i hele transportsektoren. Udgangspunktet her er, hvor hurtigt der er nød-

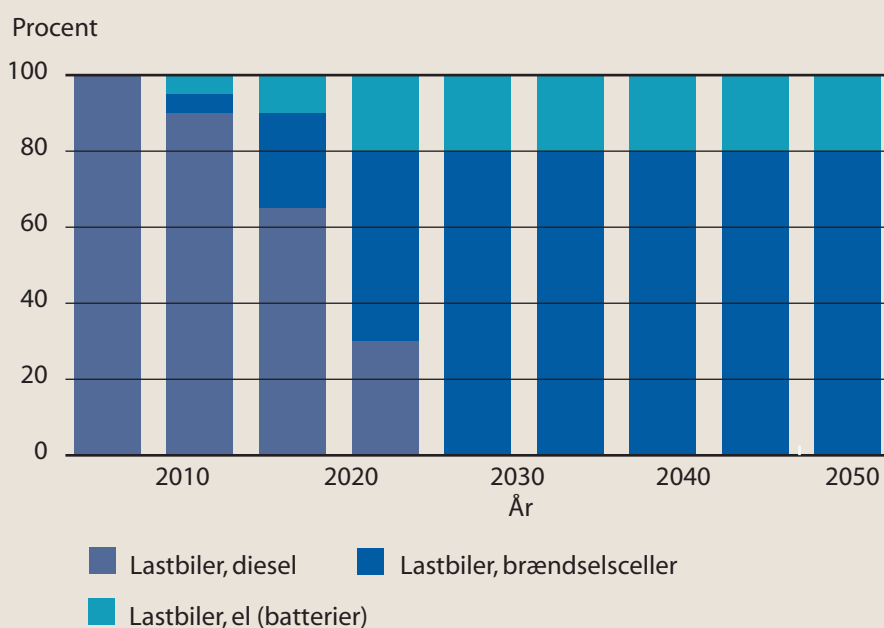
4.8 Omstilling fra fossile brændsler til el og brændselsceller i personbiler, procent



4.9 Omstilling fra fossile brændsler til el og brændselsceller i den kollektive persontransport (ekskl. persontog), procent



4.10 Omstilling fra fossile brændsler til el og brændselsceller i lastbiler, procent



vendigt at skifte drivmidler af hensyn til kravet om at reducere vores udledninger af drivhusgasser.

Med det udgangspunkt bør vi omstille hele den indenlandske transport til ikke-fossile drivmidler senest i år 2030. Der er ingen tvivl om, at det ikke vil ske af sig selv, men teknologisk set burde der ikke være noget i vejen for det.

Der er meget stor forskel på, hvor energieffektive de alternative drivmidler er. El er både det mest effektive drivmiddel og det, der teknologisk set er mest veludviklet. Jernbanenettet kan umiddelbart omstilles til eldrift, mens det vil være en noget mere kompliceret proces at omstille biler, busser og lastbiler. Omstillingen til el i transportsystemet vil derfor lettes, hvis en væsentlig del af specielt persontrafikken flyttes over på kollektive transportmidler. Brændselsceller er endnu ikke helt klar til brug, men forventes at blive det i løbet af en kortere årrække. Da brændselsceller er betydeligt mindre energieffektive end batterier og eldrift via ledninger, forudsættes de kun brugt i busser og lastbiler. Her kan det være formålstjenligt af hensyn til brændselscellernes større rækkevidde, indtil der kommer lettere og mere effektive batterier på markedet (figur 4.9).

Biobrændstoffer er de mindst energieffektive drivmidler, vi kan bruge i transportsektoren, både når det drejer sig om biobrændstoffer i brændselsceller og flydende biobrændstof i forbrændingsmotorer. Den sidste er den mindst energieffektive løsning overhovedet, og den vil medføre beslaglæggelse af meget store landområder til dyrkning af biobrændstoffer. Biobrændstoffer er derfor ikke medtaget som en rimelig løsning som drivmiddel i fremtidens transport-

system. Den tilgængelige biomasse kan bruges langt mere effektivt som brændsel i decentrale kraftvarmeværker.

Kilder til kapitlet

"Energieffektive teknologier - kortlægning af den hidtidige indsats", Energistyrelsen, juli 2004.

"Evaluerings af aftaleordningen om energieffektivisering, 1998 – 2003", Energistyrelsen, 2005.

"En vej til flere og billigere energibesparelser" Udarbejdet af Ea Energianalyse, Niras, RUC og 4-Fact for Energistyrelsen, 12. december 2008.

"Energibesparelser i eksisterende og nye boliger" DTU-BYG, R-80, 2004.

"Barrierer for realisering af energibesparelser i bygninger" Statens Byggeforskningsinstitut, 2004.

"Huse med meget lavt energiforbrug kan blive en god forretning", Statens Byggeforskningsinstitut, 2004.

"Bygninger, energi, klima. Mod et nyt paradigme", Statens Byggeforskningsinstitut, 2008.

"Virkemidler til fremme af energibesparelser i bygninger", Statens Byggeforskningsinstitut, 2009.

"Klimarigtigt byggeri – vi kan, hvis vi vil!" Vurderinger og anbefalinger fra en arbejdsgruppe under Teknologirådet, september 2008.

"Politikere overser energibesparelser i industrien" Ingeniøren, 9. januar 2009.
<http://ing.dk/artikel/94709-politikere-overser-energibesparelser-i-industrien>

"Produktionsoptimering, logistik og energieffektivitet", Energistyrelsen, juli 2003.

"Teknologikatalog – energibesparelser i erhvervslivet", Energistyrelsen, 1995.

"Teknologikatalog – energibesparelser i boligsektoren", Energistyrelsen, 1996.

"Elsparepotentiale for energirigtige indkøb i staten" IT Energi, oktober 2004.

"Udbredelse og anvendelse af husholdningsapparater i boligsektoren", IT Energi, december 2007.

"ELMODEL-bolig. Nye husholdningsapparaters elforbrug 1970 – 2006", IT Energi, juni 2008.

"Fremskrivning af boligsektorens elforbrug 2007 – 2030", IT Energi, april 2008.

"Elforbrugets sammensætning", Casper Kofod, marts 2005.

"Nu bliver køleskabet magnetisk", Illustreret Videnskab, nr. 4, 2008.
<http://www.illvid.dk/polopoly.jsp?d=144&a=4661>

"Slutrapport for EDI Energibesparelser med diodelys", juni 2005.

"Korte ture i bil", DTU, december 2008.

"De korte bilture kan udryddes", Politiken, 16. marts 2009, <http://politiken.dk/videnskab/article670311.ece>

Trafikbogen.dk, NOAH, <http://www.trafikbogen.dk/>

5



Energiressourcer

Forudsætningen for, at vi kan frigøre os fra de fossile brændsler, er, at vi kan tilvejebringe tilstrækkelige mængder vedvarende energi i stedet. Solens energi er grundlaget for stort set alle de energiformer, vi kalder vedvarende energi. Det er solenergi, vindenergi, vandkraft, bølgeenergi og biomasse. Den eneste form for vedvarende energi, som ikke direkte eller indirekte er solenergi, er geotermisk energi, som er den varme, der kommer fra Jordens indre.

Energipotentialet i de vedvarende energikilder såvel i Danmark som globalt er langt større end det nuværende samlede energibehov. Solindstrålingen i Danmark er på ca. 150.000 PJ pr. år. Til sammenligning ligger Danmarks nuværende, samlede bruttoenergiforbrug i øjeblikket på ca. 850 PJ.

Men det betyder ikke, at det er uden konsekvenser at bruge vedvarende energi. Udnyttelsen af de vedvarende energikilder kræver, at der skal bruges og forarbejdes mange forskellige råstoffer til produktion af vindmøller, solceller, bølgeenergianlæg osv. Det kræver energi, og det har en række negative miljømæssige konsekvenser.

Der er også stor forskel på, hvor godt forskellige typer vedvarende energianlæg omsætter den energi, der kommer fra solen, og dermed også, hvor meget plads de optager. Det mest effektive er at opsamle solens stråler direkte ved hjælp af solvarmeanlæg eller solceller. Solceller kræver mere plads end solvarme og er dyrere, men leverer til gengæld højkvalitetsenergi i form af el. Vindmøller tager mere plads, men til gengæld kan pladsen omkring dem bruges til landbrug. Hvis de placeres på havet, optager de naturligvis ikke plads på landjorden. Omsættes solens energi ved hjælp af fotosyntese til biomasse, skal der bruges langt mere plads til at levere den energi, vi har brug for. Faktisk skal vi bruge 1,3 gange Danmarks samlede areal, hvis det nuværende energiforbrug skal dækkes ved hjælp af biomasse. Helt galt bliver det, hvis vi vælger at bruge et flydende biobrændsel som bioethanol. Så skal vi bruge 3,6 gange Danmarks samlede areal.

En kraftig udnyttelse af Jordens biomasse vil have – og har allerede haft – en stor negativ indflydelse på Jordens økosystemer, specielt skovene. Biomasse er altså kun vedvarende, så længe brugen af den holdes inden for stramme grænser bestemt af de lokale forhold. Derfor er det mere rigtigt at kalde energiressourcer fra biomasse for fornyelig energi og ikke vedvarende energi. Flydende biobrændsler som bioethanol bruger så meget plads og kræver oveni så store mængder energi ved omdannelsen, at de under ingen omstændigheder kan klassificeres som vedvarende energi og dårligt nok som fornyelig energi. Derfor skal brugen af denne type brændstoffer undgås, og de er ikke medtaget her som en brugbar energikilde i den fremtidige energiforsyning.

Energikilder	Procent af Danmark areal
Solvarme	1,5
Solcelle-el	5,5
Vind	28
Biomasse	132
Bioethanol	360

Teoretisk andel af det danske areal, som er nødvendigt til en 100 % forsyning med VE-kilder (Danmarks bruttoenergiforbrug: 850 PJ). Kilde: "Redegørelse om energiforsyningsikkerhed", Klima- og Energiministeriet, februar 2010.

Vi skal altså tænke os om, også når vi bruger vedvarende energi. Forudsætningen for en miljømæssig sund udnyttelse af de vedvarende energikilder er, at vi først og fremmest nedsætter vores energiforbrug så meget som muligt, så vi så vidt muligt kan holde udnyttelsen af de vedvarende energikilder, specielt biomasse, inden for det miljømæssigt bæredygtige niveau og derved minimere de negative konsekvenser.

Det følgende redegør for NOAH's vurdering af det bæredygtige potentiale for udnyttelsen af de vedvarende energikilder, der er aktuelle i et dansk energiforsyningssystem.

5.1. Vindenergi

De danske vindressourcer er meget store. Så store, at de ville kunne dække vores nuværende energiforbrug flere gange, hvis de blev udnyttet maksimalt. Specielt giver havområdet ud for den jyske vestkyst mulighed for at opstille et stort antal vindmøller, men også de indre danske farvande og udvalgte områder på landjorden er potentielt gode placeringer for vindmøller.

Teknologisk set er vindkraften moden til storskalaudbygning. 3 MW møller er i øjeblikket den mest almindelige størrelse til havplacerede møller med en forventning om en udvikling hen imod endnu større møller på 5 – 10 MW over de næste 10 – 20 år.

Landplacerede vindmøller

Der er i dag opstillet ca. 2.800 MW vindeffekt fordelt på et ret stort antal møller, hvoraf mange er ældre og mindre møller. Et stort antal af disse vil med fordel kunne skrottes til fordel for et mindre antal store og mere effektive møller med en effekt på op til 2 MW, hvilket vil kunne give en samlet effekt på mindst 3.500 MW.

Havplacerede vindmøller

Der er et meget stort vindenergipotentiale i den danske del af Nordsøen. En analyse foretaget af Deutsches Windenergie-Institut for Greenpeace kommer frem til, at det maksimale offshore-potentiale

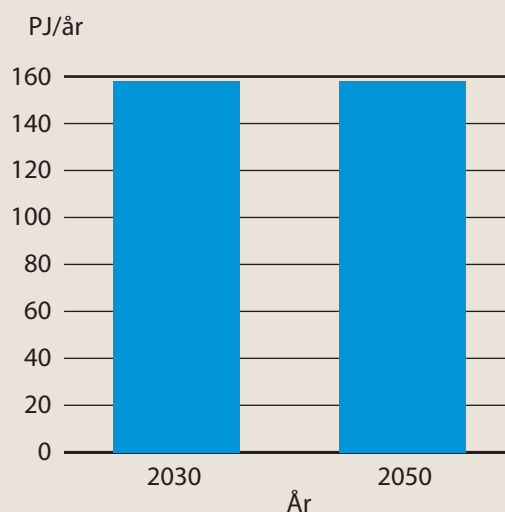
i den danske del af Nordsøen er så stort som 550 TWh/år (ca. 1.980 PJ/år), hvis man inddrager hele området med en havdybde på op til 40 m og en maksimal kystafstand på 30 km og med hensyntagen til trafikkorridorer, kabler, rørledninger og olieplatforme. I Klima- og Energiministeriets redegørelse fra februar 2010 om den danske energiforsyningssikkerhed skønnes det, at en udnyttelse af bare 10 % af det samlede danske havareal kan give plads til en vindmølleeffekt på cirka 80.000 MW svarende til en årlig elproduktion på over 1.000 PJ. Det maksimale vindpotentiale bare i den danske del af Nordsøen er altså langt større end det nuværende elforbrug.

Det vil selvfølgelig hverken være realistisk eller ønskeligt at placere så mange vindmøller, men det siger noget om, hvor stort potentialet er. Hvor stor en del af det samlede potentiale, det reelt vil være muligt at udnytte, afhænger i høj grad af de forudsætninger og krav, der lægges til grund for udvælgelsen af placeringer. I en rapport fra Energistyrelsen i 2005, "Fremtidens Havmølleplaceringer – 2050" anvises i første omgang 23 mølleplaceringer på hver 200 MW fordelt på syv hovedlokaliteter ved den jyske vestkyst og i de indre danske farvande. Det giver en samlet kapacitet på 4.600 MW med en samlet energiproduktion på ca. 18 TWh/år (ca. 64,6 PJ/år). Der er dog ingen tvivl om, at det vil være muligt at finde langt flere, egnede placeringsmuligheder.

Samlet vindkapacitet

På grundlag af det foreliggende materiale kan det konkluderes, at det umiddelbart vil være uden problemer at finde placeringer på havet til mindst den dobbelte kapacitet, dvs. ca. 9.200 MW svarende til en samlet årlig elproduktion på mindst 36 TWh eller ca. 129,6 PJ. Hertil kommer de landbaserede møller med en samlet kapacitet på maksimalt 3.500 MW. På grund af de dårligere vindforhold på land vil elproduktionen være en del mindre, sandsynligvis ca. 8 TWh/år (28,8 PJ/år).

*Figur 5.1
Det bæredygtige
potentiale for ud-
nyttelsen af vind-
energi*



Samlet set skulle det altså være uden problemer at finde placeringsmuligheder til en vindkapacitet svarende til en elproduktion på ca. 44 TWh eller ca. 158,4 PJ pr. år.

5.2. Solceller

Udnyttelsen af solens energi direkte til elproduktion ved hjælp af solceller er en teknologi, der er i en rivende udvikling. Tendensen går imod både billigere og mere effektive solceller.

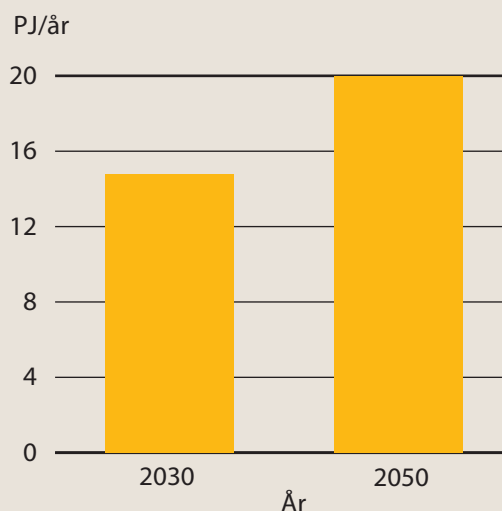
Ydelsen for kommercielt tilgængelige solceller ligger i øjeblikket på ca. 100 kWh/år pr. m². Denne ydelse må forventes at stige inden for de kommende år. Samtidig arbejdes der på at integrere solceller på bygningsflader, tage og indbygget i vinduesglas.

Med de mange muligheder for at placere solceller på såvel eksisterende som fremtidige bygninger er potentialet forholdsvis højt. Ydelsen pr. kvadratmeter må forventes at kunne øges kraftigt med fremtidige generationer af solceller, og en ydelse på 200 kWh/år/m² kan sandsynligvis blive realistisk inden for en 10-års-periode.

Et forsigtigt skøn ville indebære muligheden for at placere ca. 5 m² solceller pr. indbygger fordelt på boliger, institutioner og virksomheder. En total udnyttelse af dette potentiale vil betyde placering af 27,4 mio. m² solceller, hvilket vil give en årlig elproduktion på ca. 2,74 TWh med den nuværende solcelleteknologi. Forestiller man sig en udbygning løbende over ca. 20 år, vil en væsentlig andel af de placerede solceller med stor sandsynlighed have en højere ydelse end de nuværende solceller. Forudsætter vi, at halvdelen af de placerede solceller har en ydelse på 2 gange den nuværende, vil den samlede ydelse komme op på ca. 4,11 TWh/år eller 14,8 PJ årligt.

Den fortsatte udbygning med solceller i energiforsyningen efter

*Figur 5.2
Det bæredygtige
potentiale for ud-
nyttelsen af sol-
celler i elproduk-
tionen*



år 2030 vil sandsynligvis i udstrakt grad inddrage en integration af solceller i bygningselementer. Der vil sandsynligvis også begynde at ske en løbende udskiftning af gamle solceller med mere effektive typer. Alt i alt vil det betyde, at et større areal om nødvendigt kan udnyttes til solceller, og at den gennemsnitlige effektivitet løbende vil øges.

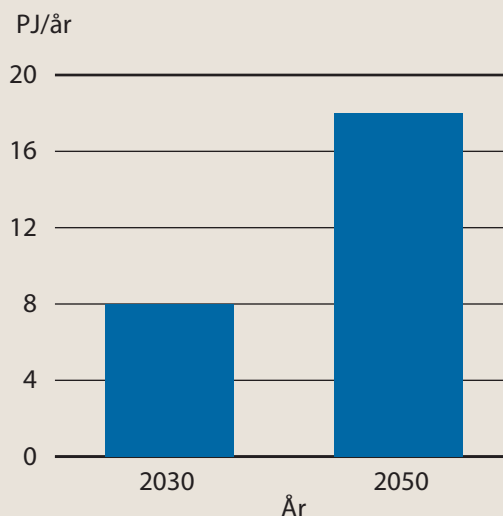
5.3. Bølgeenergi

Bølgekraftteknologien er endnu på udviklingsstadiet. Der er imidlertid gode muligheder for at udnytte den i Danmark på lidt længere sigt, forudsat der afsættes de nødvendige midler til udvikling af teknologien og opstilling af demonstrationsanlæg.

En grov vurdering af det danske bølgekraftpotentiale viser, at bølgekraftværker placeret i Nordsøen 100 km fra Jyllands vestkyst over en strækning på 150 km kan levere en elproduktion på mindst 5 TWh/år (ca. 18 PJ/år).

På grund af behovet for videreudvikling af teknologien vil en storstilet udbygning dog næppe kunne finde sted før efter 2020.

*Figur 5.3
Det bæredygtige potentiale for udnyttelsen af bølgekraft*



5.4. Biomasse

Danmark har meget store biomasseressourcer, og en stor del af dem bliver allerede i dag udnyttet. Det samlede biomassepotentiale blev af Energistyrelsen i 2006 vurderet til at være på ca. 165 PJ.

Der er imidlertid en række faktorer, der gør, at det efter NOAH's mening langt fra er realistisk at udnytte hele dette potentiale i den fremtidige energiforsyning.

1. Afbrænding af halm bør udfases. Meget tyder på, at afbrænding af halm fjerner mere kulstof fra jorden, end der gendannes. Det betyder, at der er en risiko for, at afbrænding af halm reelt kan øge CO₂-koncentrationen i atmosfæren. Hertil kommer, at afbrænding af halm bygger på en industriel landbrugsform med dyrkning af store mængder foderstoffer med brug af kunstgødning og pesticider. Denne landbrugsform er så skadelig for miljø og natur, at den hurtigst muligt bør afløses af økologiske landbrugsmetoder, hvor næringsstofferne føres tilbage i jorden.
2. Landbrugets udledninger af drivhusgasser skal reduceres kraftigt. Globalt set står landbruget for ca. 20 % af de samlede drivhusgasudledninger. Andelen er noget mindre i Danmark, men dette skal ses i lyset af, at Danmark i forvejen har meget store samlede udledninger af drivhusgasser, og at det danske landbrug giver anledning til store udledninger i andre lande i forbindelse med dyrkning af foderstoffer og produktion af kunstgødning. Ligesom det gælder for de andre sektorer i samfundet, er det også i landbruget nødvendigt at reducere udledningerne af drivhusgasser på kort sigt. På længere sigt bør der indføres nye landbrugsmetoder med henblik på at gøre landbruget helt drivhusgasneutralt.
3. Landbrugets husdyrhold skal reduceres. Udledning af drivhusgasser, specielt metan, fra landbrugets husdyrproduktion udgør den overvejende del af de drivhusgasser, der udledes fra landbruget. Desuden medfører det store husdyrhold, specielt af svin, en lang række andre meget store miljømæssige problemer. Skal landbruget blive CO₂-neutralt er der ingen vej uden om at reducere husdyrproduktionen kraftigt.
4. Den globale transport skal ned. Dette vil også berøre landbruget. Den omfattende globale varetransport medfører i dag store CO₂-udledninger. Skal disse udledninger ned, vil det også være nødvendigt at reducere den nuværende omfattende import og eksport af fødevarer og foderstoffer. Desuden skal importen af biomasseprodukter til energiproduktion bringes til ophør.
5. Afbrænding af husholdningsaffald skal udfases. Der afbrændes i dag store mængder organisk husholdningsaffald sammen med fossilt baseret affald som plast, pap, træ m.m. Dette tæller i dag med i opgørelserne over vedvarende energi, men er økologisk set helt uholdbart. Nye undersøgelser har afsløret, at andelen af plast m.m., der jo i dag produceres på basis af olie, er betydeligt større end hidtil antaget. I stedet bør der i fremtiden sættes på at nedbringe de store affaldsmængder og sortere det fossile baserede affald fra. Det resterende, organiske husholdningsaffald bør så udnyttes i biogasanlæg kombineret med kompostering.

Arealudnyttelsen i fremtidens Danmark

En af de faktorer, der vil få en meget stor indflydelse på biomasse-ressourcerne i fremtiden, er, hvordan vi udnytter Danmarks areal.

Landbrugsarealet. I NOAH's scenarier er det forudsat, at landbrugs husdyrhold reduceres drastisk. Dette gælder specielt svineproduktionen, som har de største, negative konsekvenser, og som beslaglægger store arealer til foderproduktion både i Danmark og i andre lande.

Vi skal også skære ned på vores eget i forvejen alt for store kødforbrug til fordel for flere vegetabiliske fødevarer, både af hensyn til udledningen af drivhusgasser fra den industrielle kødproduktion, af hensyn til arealforbruget og til sundheden i befolkningen. Den vegetabiliske fødevarerproduktion skal primært ske lokalt for at medføre så lidt transport som muligt. Samtidig forudsættes det, at det danske landbrug omstilles til 100 % økologisk drift i 2030. Dette vil sandsynligvis betyde en nedgang i udbyttet på ca. 20 % i det mindste i en overgangsfase.

Da en meget stor del af det danske landbrugsareal i dag bruges til produktion af dyrefoder primært til svin, vil der på trods af nedgangen i udbyttet ved økologisk drift være basis for at reducere det dyrkede areal betragteligt, når kødproduktionen i landbruget reduceres. I NOAH's scenarier regnes der med en reduktion af arealet til fødevarerproduktion på ca. 30 % i 2030 og op til 60 % i 2050. Dette kan ske på trods af, at importen af landbrugsvarer nedsættes meget kraftigt.

Energiafgrøder. Reduktionen af det dyrkede areal vil også kunne give plads til at dyrke energiafgrøder som pil og elefantgræs i en overgangsperiode, indtil de forudsatte energibesparelser slår igennem i fuldt omfang. Derefter kan det tiloversblevne areal bruges til forskellige former for plantefibre til erstatning af oliebaserede kunststoffibre, importerede plantefibre til tøjproduktion og importerede tekstiler generelt.

Skovarealet. En kraftig reduktion af det dyrkede areal vil give mulighed for en omfattende skovrejsning. Vi regner med, at skovarealet bliver forøget til godt det dobbelte af det nuværende areal i perioden indtil 2030 og over 3 gange det nuværende areal i perioden indtil 2050. Det skal ske som led i den omfattende, globale skovrejsning, der vil være nødvendig for på længere sigt at bringe koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren ned under 350 ppm CO₂ eq.

Oversigt over den skønnede udvikling i arealanvendelsen

Arealanvendelse, km ²	2000	2020	2030	2040	2050
Dyrket jord, 65 % i 2000	27.995	23.000	18.000	15.000	11.000
Særlige naturområder, 12 % i 2000	5.168	6.201	7.201	7.301	7.401
Energiafgrøder	0	700	1.400	700	0
Plantefibre, vin, øl m.m.	0	0	300	900	3.500
Skov, 11 % i 2000	4.738	8.000	11.000	14.000	16.000
Veje og bygninger uden for byer, 8 % i 2000	3.445	3.445	3.445	3.445	3.445
Byer, 4 % i 2000	1.723	1.723	1.723	1.723	1.723
I alt	43.069	43.069	43.069	43.069	43.069

Tallene skal tages som overslag og indeholder store usikkerheder alene i opgørelsen af den nuværende arealfordeling. De er derfor primært et udtryk for, i hvilken retning vi ønsker, at tingene skal bevæge sig.

Det maksimale biomassepotentiale

Det maksimale biomassepotentiale på basis af disse forudsætninger ser en del anderledes ud end Energistyrelsens opgørelse over de potentielle biomasseressourcer. Den kraftige reduktion af husdyrholdet, omlægningen til økologisk landbrug og et stop for afbrændingen af organisk husholdningsaffald vil betyde, at biomasseressourcerne kommer ned på under det halve på trods af den kraftige udvidelse af skovarealet. De væsentligste ændringer i forhold til dagens biomasseudnyttelse ser således ud:

- Afbrænding af halm er udfaset helt senest i år 2030.
- Importen af biomasse i form af brænde og træpiller skal udfases hurtigst muligt.
- Brugen af brænde og træflis kan stige noget, efterhånden som skovarealet øges.
- Mængden af træaffald forudsættes at øges noget, efterhånden som mængden af forarbejdet, importeret træ falder og erstattes af dansk træ.
- Energiafgrøder vil udgøre et stigende potentiale, efterhånden som der frigøres dyrket areal fra dyrkning af husdyrfoder. Energiafgrø-

der afløses på længere sigt af afgrøder, som erstatter oliebaserede materialer og importerede fibre.

- Med omlægning til økologiske landbrugsmetoder samtidig med en kraftig reduktion af husdyrholdet forventes ingen væsentlig biogasproduktion i landbruget på længere sigt. Til gengæld vil det organiske husholdningsaffald med fordel kunne anvendes til bioforgasning frem for i forbrændingsanlæg.

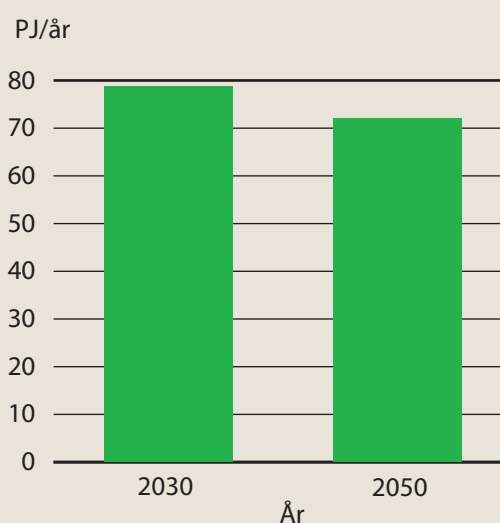
Med udgangspunkt i disse forudsætninger bliver det maksimale, bæredygtige biomassepotentiale som vist i tabellen.

Maksimalt, bæredygtigt udnytteligt biomassepotentiale

Biomassepotentiale, PJ	2006 (EnS)	2030	2040	2050
Halm	18,6	0	0	0
Energiafgrøder	0,0	16,8	8,4	0
Skovflis	8,3	12,0	14,0	14,0
Brænde	19,6	25,0	27,0	30,0
Træpiller	15,6	4,0	4,0	4,0
Træaffald	6,3	7,0	9,0	10,0
Bionedbrydeligt affald (forbrænding)	31,0	0	0	0
Biogas	3,9	14,0	14,0	14,0
Biomasse i alt	103,3	78,8	76,4	72,0

På kort sigt vil det være nødvendigt at bruge biomasse i et omfang tæt på det forudsatte bæredygtige niveau. På længere sigt vil det være muligt at sætte brugen af energiafgrøder ned, i takt med at

*Figur 5.4
Det samlede, bæredygtige potentiale
for udnyttelsen af
biomasse*



energiforbruget reduceres. Det betyder, at det vil være muligt at sætte endnu mere areal af til produktion af biomaterialer af forskellig art til erstatning af oliebase materialer og importerede plantefibre og tekstiler.

5.5 Solvarme

Solvarmeanlæg kan være alt fra små anlæg til forsyning af en enkelt bolig med varmt brugsvand i sommerhalvåret til store anlæg, som kobles sammen med fjernvarmeforsyningen. De fleste solvarmeanlæg er indrettet til at opvarme vand til en temperatur på op til 80° C til brug for brugsvandsopvarmning, rumopvarmning eller fjernvarme. Men solvarmeanlæg kan også indrettes, så de kan producere vand med højere temperaturer til brug for procesvarme i industrien. Koncentrerende solfangere kan ved hjælp af spejle frembringe temperaturer på over 1.000° C.

Solvarmeteknologien er under fortsat udvikling, men der findes allerede teknologisk set veludviklede og driftsikre anlæg i alle størrelser fra brugsvandsanlæg på 2 – 10 m² til sommerhuse og parcelhuse, over mellemstore anlæg på op til flere hundrede kvadratmeter til rumopvarmning i flerfamiliehuse, boligblokke og institutioner og til store anlæg på adskillige tusinde kvadratmeter til fjernvarmecentraler. I Danmark findes et af verdens største anlæg af denne type tilknyttet Marstal Fjernvarme. Anlægget er på 19.000 m² og omfatter også sæsonlagring af varmen i et jordlager.

Begrebet passiv solvarme dækker over, at solens varme udnyttes optimalt i tunge bygningskonstruktioner ved hjælp af solvægge, glasinddækkede uderum osv. Udnyttelsen af passiv solvarme i sammenhæng med optimal isolering kan gøre en bygning stort set uafhængig af andre opvarmningskilder.

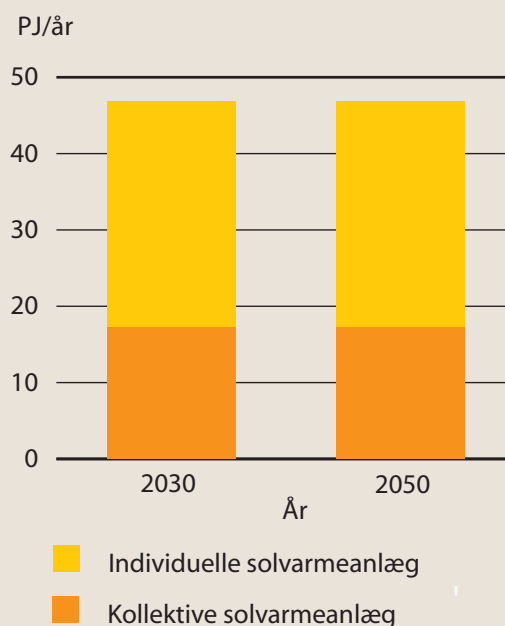
Det maksimale solvarmepotentiale

Solvarmeindstrålingen ligger på en vandret flade i Danmark på ca. 1.000 kWh/m²/år og lidt mere, hvis fladen hælder mod syd. Det er dog langt fra hele dette potentiale, der kan udnyttes i en solfanger. Man regner med, at det med dagens teknologi er muligt at få en varmeydelse på mellem 400 og 500 kWh/m²/år.

I opgørelsen af det samlede solvarmepotentiale er der her regnet med en ydelse på ca. 400 kWh/m²/år for solfangere placeret på hustage, fordi solfangere ikke altid kan opsættes optimalt her. Det vil oftest være muligt for solfangere, der er opsat i forbindelse med fjernvarmeforsyningen. Derfor er der her regnet med en ydelse på ca. 500 kWh/m²/år. Der er ikke taget højde for, at ydelsen for solfangere sandsynligvis vil blive højere over den beregnede periode.

Placeringen af solfangere på hustage vil i nogen grad komme til at konkurrere med placering af solceller til elproduktion. Disse vil dog i stort omfang også kunne placeres på lettere bygningsstrukturer,

Figur 5.5
Det bæredygtige
potentiale for ud-
nyttelsen af sol-
varme



hvor solfangere vil være for tunge. På trods af det har vi valgt et konservativt skøn, hvor det forudsættes, at der placeres solvarmeanlæg svarende til et areal på 2 m² pr. indbygger på danske hustage inklusive fleretages ejendomme, offentlige institutioner, virksomheder osv. Med en ydelse på 400 kWh/m²/år vil det give en samlet varmeydelse på ca. 4,8 TWh eller 17,23 PJ pr. år.

For solfangere placeret i forbindelse med den kollektive varmesyning er der forudsat, at der maksimalt kan findes placeringsmuligheder til 3 m² solfangere pr. indbygger. Med en ydelse på 500 kWh/m²/år vil dette kunne give en samlet varmeydelse på ca. 8,25 TWh/år eller 29,6 PJ. Det krævede areal vil dog med stor sandsynlighed kunne sættes væsentligt ned, efterhånden som brugen af højeffektive, koncentrerende solfangere vinder frem i de kollektive anlæg.

Med disse forudsætninger bliver den maksimale, samlede solvarmeeffekt på ca. 46,8 PJ.

5.6. Geotermisk energi

Geotermisk energi er energi hentet op fra Jordens undergrund. I Danmark stiger temperaturen med ca. 30° C for hver km, man kommer ned i undergrunden. I områder, hvor der findes porøse, vandgennemtrængelige lag, kan denne energi hentes op ved at pumpe varmt vand fra undergrunden op igennem en boring. Varmen kan udnyttes via en varmeveksler, og vandet pumpes ned i reservoiret igen.

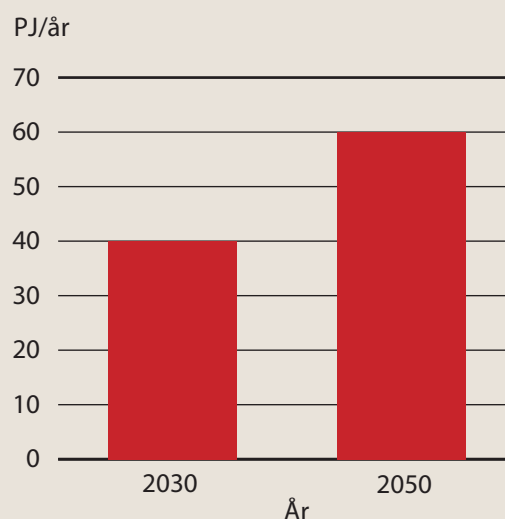
For at få varmt vand med en temperatur, der er høj nok, skal man hente varmen fra mindst 1 km's dybde og helst dybere. De bedste muligheder i Danmark ser foreløbig ud til at være sandlag i 1 – 2

km's dybde. Dybere borer har hidtil givet dårlige resultater. Det betyder, at temperaturen skal bringes yderligere op ved hjælp af varmepumper for at få temperaturen høj nok til fjernvarmenettet. Derfor er det vigtigt, at geotermisk energi bygger på en omfattende efterisolering af den eksisterende bebyggelse, således at temperaturen i fjernvarmenettet kan holdes så lav som muligt.

De geotermiske reserver i Danmark er meget store. I Energistyrelsens opgørelse fra 1996 over de teknisk udnyttelige geotermiereserver skønnes det samlede potentiale til at være på i alt 103 PJ. I en senere rapport fra 2009 vurderes det, at der findes 32 fjernvarmeområder med et samlet energiforbrug på 75 PJ med mulighed for udnyttelse af den geotermiske energi.

I Klima- og Energiministeriets redegørelse fra 2010 regnes der med et potentiale på 40 PJ. På den baggrund skønnes det her, at mindst 40 PJ af varmebehovet i områder med fjernvarme kan dækkes af geotermisk energi i 2030, og at denne andel om nødvendigt kan øges til 60 PJ i 2050 med erfaringsopsamling og bedre teknologi.

*Figur 5.6
Det bæredygtige
potentiale for ud-
nyttelsen af geo-
termisk energi*



Kilder til kapitlet

"Ingeniørforeningens Energiplan 2030", Ingeniørforeningen, december 2006.

"IDAs klimaplan 2050", Ingeniørforeningen, maj 2009.

"Danmarks vedvarende energiresourcer", Energistyrelsen 1996.

"Redegørelse om energiforsyningssikkerhed", Klima- og Energiministeriet, februar 2010.

"Offshore Wind Energy in the North Sea", Deutsches Windenergie-Institut, oktober 2000.

"50 pct. vindkraft i Danmark i 2025 – en teknisk-økonomisk analyse", Ea Energianalyse, juni 2007.

"Fremtidens havmølleplaceringer – 2025", Energistyrelsen, april 2007.

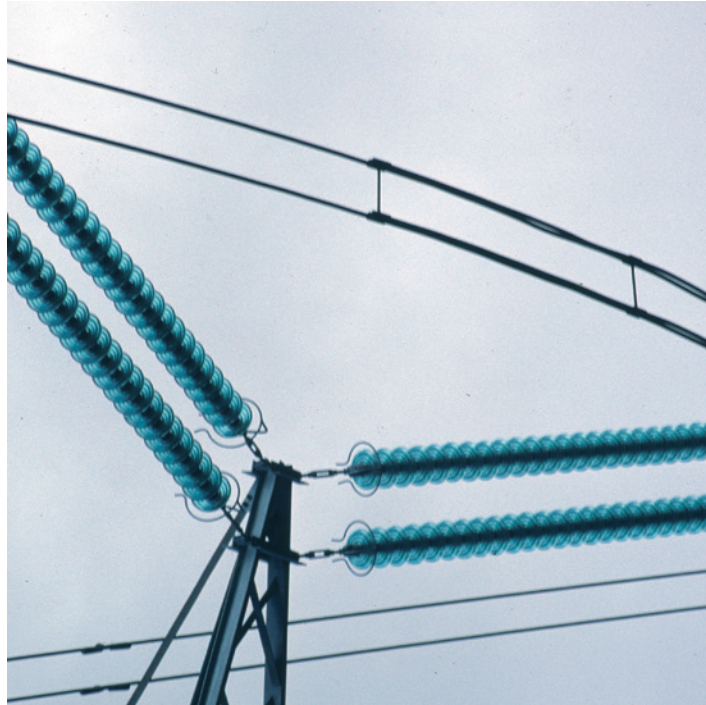
"Risø Energy Report nr. 5. Renewable energy for power and transport". Risø, november 2006.

"Solar Generation", European Photovoltaic Industry Association (EPIA) og Greenpeace International, 2004.

"Bølgeprogram. Forslag til systematik i forbindelse med sammenligning af bølgekraftanlæg og status år 2000", Rambøll, januar 2000.
http://www.waveenergy.dk/wave-rapport/1gen_bk/wave-rapporter1.html

"Kortlægning af bølgeenergiforhold i den danske del af Nordsøen", Energistyrelsen, juni 1999.

6



Energisystemet

6.1. Det integrerede forsyningssystem

Fremtidens energiforsyning skal være langt mere fleksibel end det energiforsyningssystem, vi kender i dag. Årsagen er, at mange typer vedvarende energi, for eksempel sol og vind, ikke altid kan levere energien, når behovet er størst. Til gengæld vil de også levere energi, når behovet er lavt. Kravet til fleksibilitet vil stige, efterhånden som en stigende del af vores energiforsyning kommer fra vedvarende energi.

Lande med en stor andel af vandkraft, som forholdsvis let kan reguleres op og ned, kan bruge denne til at opnå den ønskede fleksibilitet. I Danmark er dette ikke muligt, medmindre vi udveksler el med et land som Norge, som har en stor vandkraftkapacitet. Dette er en mulighed, der specielt vil kunne formindske kravet til ellagring i brint væsentligt.

Ser vi på det danske forsyningssystem isoleret, må fleksibiliteten opnås dels ved i et vist omfang at regulere forbruget nedad, når der er en lille elproduktion, dels ved at bruge en kombination af biomassefyret kraftvarme og ellagring typisk med brint som lagringsmedium til at klare den nødvendige belastning, når elproduktionen fra andre forsyningsanlæg ikke er tilstrækkelig til at dække behovet.

Omvendt er det også vigtigt, at den el, der produceres i perioder med et lavt elforbrug og en samtidig stor elproduktion fra vindmøller, bølgeenergianlæg osv., kan udnyttes effektivt. Det kan f.eks. ske ved at indsætte eldrevne varmepumper i forbindelse med en del af kraftvarmeværkerne. På den måde vil det være muligt at skruer ned for kraftvarmeværkerne eller standse dem helt, og varmeforsyningen til fjernvarmenettet kan varetages af varmepumperne. Varmepumper vil også i nogle tilfælde være nødvendige i forbindelse med udnyttelse af den geotermiske energi for at hæve temperaturen.

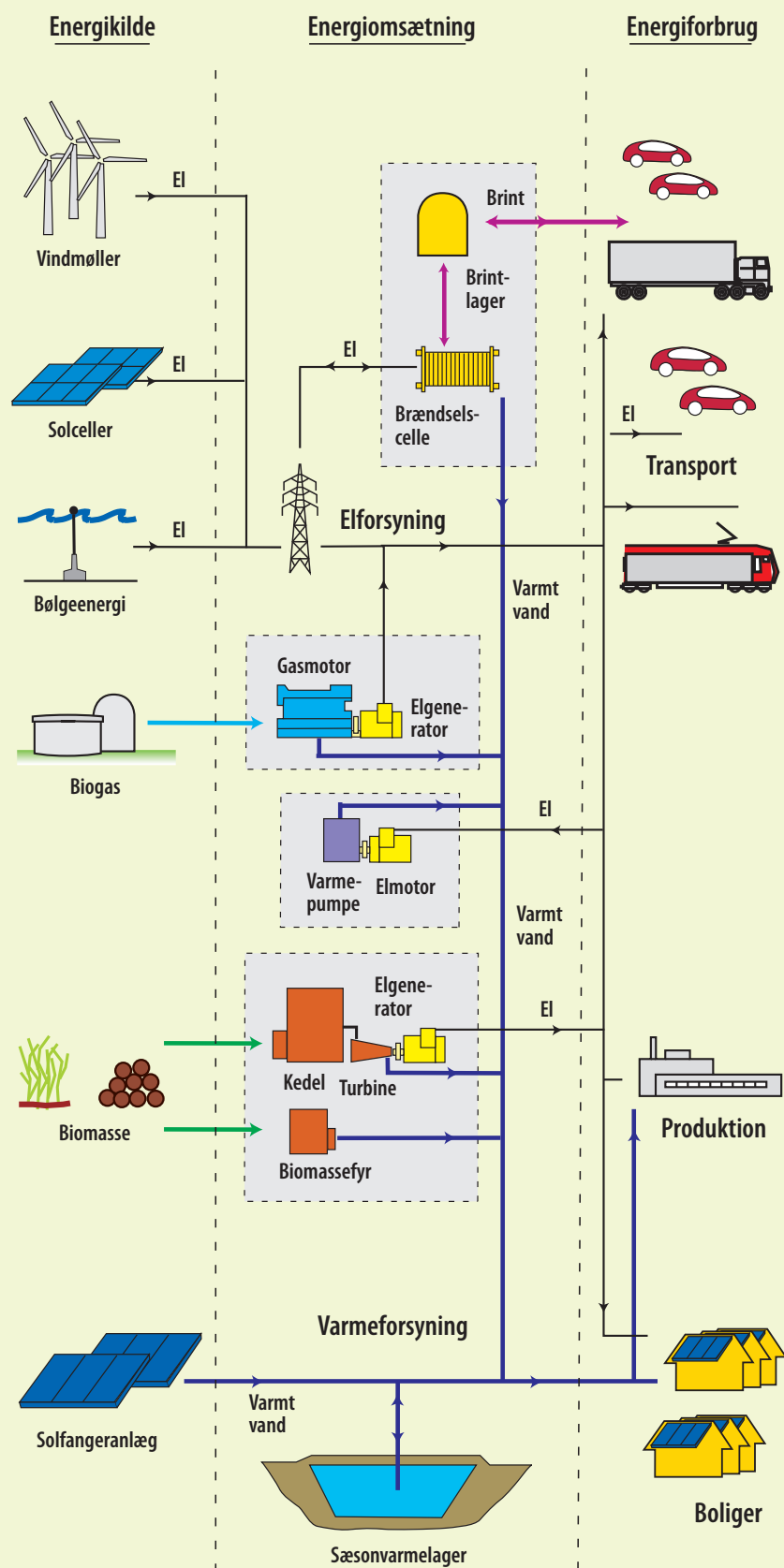
6.2. Varmeforsyningen i et fossilfrit forsyningssystem

Opvarmning af boliger og andre indendørs opholdsarealer kan opdeles i kollektivt forsynede områder og individuelt forsynede områder. Forudsætningen for en effektiv varmeforsyning i begge områder er en kraftig satsning på energibesparelser.

For de individuelt forsynede områder betyder det, at det vil være relativt let at forsyne bygninger i disse områder med en kombination af små varmepumper, biomasseovne og solvarme.

Områder med fjernvarmenet kan opdeles i områder, der kan forsynes med geotermisk energi, og områder, der forsynes med solvarme, biomassefyret kraftvarme og brint i brændselscelle-kraftvarmeværker. For begge områder gælder det, at en kraftig satsning på energibesparelser i boliger, institutioner og virksomheder er en forudsætning for en effektiv varmeforsyning.

Figur 6.1
Principskitse af et integreret energisystem baseret på vedvarende energikilder



En massiv indsats for at nedbringe rumvarmebehovet i såvel eksisterende som nyt byggeri betyder, at temperaturen i fjernvarmenettet efterhånden kan sættes ned, og at det bliver muligt i forbindelse med renovering af det eksisterende fjernvarmenet og udbygning med nye fjernvarmeområder at tilpasse rørdimensionerne. En ned-sættelse af fremløbstemperaturen, så varmemeforsyningen i takt med efterisolering af det eksisterende byggeri omstilles til lavtemperaturfjernvarme, vil gøre det langt lettere at udnytte såvel geotermisk energi som solvarme effektivt i varmemeforsyningen.

Vandet fra en geotermisk boring når i nogle tilfælde ikke over 35 – 40° C. Det betyder, at det i disse tilfælde vil være nødvendigt at hæve temperaturen ved hjælp af varmepumper. Jo lavere, man kan holde fremløbstemperaturen i fjernvarmenettet, jo mindre energi skal der bruges til at hæve temperaturen.

Store sæsonvarmelagre i forbindelse med kollektive solvarmeanlæg vil være langt mere effektive i forbindelse med lavtemperaturfjernvarmenet, da tabet ved at holde en høj temperatur i lageret er stort, og da det i stort omfang vil være nødvendigt at hæve temperaturen ved hjælp af varmepumper. Jo lavere en temperatur, det er muligt at holde i fjernvarmenettet, jo mindre ekstra energi skal der tilføres i vintermånederne til at holde temperaturen oppe.

6.3. Elforsyningen i et fossilfrit forsyningssystem

Vores elforbrug er kendetegnet ved, at det svinger hele tiden. Både inden for det enkelte døgn og med årstiderne. Problemerne opstår både, når der er for lidt, og når der er for meget vedvarende energiproduktion i forhold til det aktuelle forbrug. Er der for lille produktion, kan elforsyningen ikke opretholdes. Er der for stor produktion vil der optræde det fænomen, man kalder eloverløb. Det sker f.eks. en blæsende kold vinterdag, hvor der med det nuværende energisystem vil være en stor elproduktion fra vindmøller og en stor elproduktion fra de centrale kraftvarmeværker, som skal opretholde en stor varmeproduktion og derfor også er nødt til at producere el.

Der er flere måder, hvorpå man kan løse disse problemer i et VE-system. Den sværeste situation opstår, når der er for lille produktion i forhold til forbruget. I de fleste tilfælde vil dette kunne klares med en kombination af biomassefyrede, decentrale kraftvarmeværker og brændselscelle-kraftvarmeværker baseret på brint. Brinten produceres elektrolytisk i perioder med eloverskud. Kan kraftvarmeværkerne ikke klare forbruget, kan man i første omgang lukke ned for brugen af varmepumper i fjernvarmeforsyningen og bruge korttidslagere til at holde temperaturen oppe. Resten vil sandsynligvis kunne klares ved hjælp af elimport fra Norge, som har en stor vandkraftkapacitet, der let kan reguleres. I perioder med megen vind kan overskuddet sendes til Norge, hvor man derved kan spare på vandkraftlagrene. I perioder med lidt vind kan man skrue op for vandkraften og levere el til Danmark. En tredje mulighed er at bruge intelligent

forbrugsstyring, hvor der automatisk lukkes ned for ikke-væsentligt elforbrug i perioder med underskudsproduktion.

En for stor produktion i forhold til forbruget vil i første omgang blive brugt til at oplade batterier til eldrevne transportmidler. Dernæst vil en del blive brugt til at hæve temperaturen i fjernvarmenettet og de tilsluttede varmelagre, hvis der er behov for det. Det vil typisk ske i nattetimerne, hvor elforbruget er lavt. Og resten vil kunne lagres dels ved at omdanne overskudselektriciteten til brint ved hjælp af elektrolyse, dels ved at lagre den direkte i store batterier. Batterilagring vil primært kunne bruges til at hjælpe med at udligne korttidssvingninger i produktion og forbrug.

6.4. Varmelagring

Hvor fjernvarmenettets primære varmforsyning er en kombination af solvarme, biomassefyret kraftvarme og brændselscelle-kraftvarme vil det være nødvendigt at bygge såkaldte sæsonvarmelagre til at gemme varmen fra sommerhalvåret til vinterhalvåret, da varmeproduktionen fra kraftvarmeværkerne typisk ikke vil være stor nok til at dække forbruget i de koldeste perioder. Sæsonvarmelagre skal være meget store for at fungere effektivt. Man regner med en mindste størrelse på 25.000 m³. Den type varmelagre, der indtil nu har været arbejdet mest med, er såkaldte damvarmelagre, som i princippet bare er et stort vandbassin med et isolerende låg og eventuelt også isolerede sider og bund. Denne type anlæg er stadig under udvikling, og der arbejdes specielt på at finde anlægsmetoder, som både er billige og holdbare. De tekniske problemer er dog næppe af en sådan størrelsesorden, at det kan hæmme brugen af sæsonlagre i fremtidens energiforsyning.

En væsentlig fordel ved de store sæsonvarmelagre er, at det er muligt at bruge varmepumper til at hæve temperaturen i varmelagrene, når der er overskudsproduktion af el. Og det kan også ske i perioder, hvor der ikke er et stort varmebehov. Dermed nedsætter man behovet for at bruge varmepumper i perioder med et stort varmebehov og en lille elproduktion, f.eks. meget kolde, men stille og overskyede vinterdage.

Korttidsvarmelagre beregnet til at lagre varme til et til to døgn forbrug kan komme på tale i forbindelse med fjernvarmenet forsynet med geotermisk energi, hvor det er nødvendigt at hæve fremløbstemperaturen ved hjælp af varmepumper. Korttidslagrene kan bruges i korte perioder med lille elproduktion.

6.5. Ellagring

Varmepumper kan levere en stor del af den krævede fleksibilitet i et vedvarende energisystem ved effektivt at kunne omsætte overskydende elproduktion til varme. Men der vil stadig være behov for at

kunne lagre el fra perioder med overskudsproduktion til perioder med underskud i forhold til behovet. Det gør det nødvendigt at indsatte en eller anden form for lagerkapacitet i elforsyningssystemet. De metoder, der i øjeblikket ser ud til at blive de mest oplagte, er ellagring i batterier og brint.

Batterier

Batteriteknologien er i øjeblikket inde i en hastig udvikling, som i høj grad bliver drevet fremad af behovet for at udvikle lette og billige batterier med høj kapacitet til fremtidens elbiler.

Den nuværende generation af batterier, først og fremmest lithium-ion-batterierne, bliver med stor sandsynlighed den valgte batteritype i den første generation af elbiler. Det bliver dog næppe denne type batterier, der bliver brugt til ellagring i forbindelse med vedvarende energikilder. I stedet bliver det i første omgang sandsynligvis såkaldte vanadium-batterier eller natrium-svovl-batterier. Disse er meget velegnede til store, stationære enheder, har en stor holdbarhed over for mange oplade-aflade cykler, og de har en høj virkningsgrad. Denne type batterier bliver allerede i dag brugt i forbindelse med vindmølleparker i USA, og et demonstrationsanlæg er på vej i Irland.

På længere sigt vil helt nye batterityper sandsynligvis gøre mulighederne for ellagring både bedre og billigere end i dag. Der forskes bl.a. i såkaldte air-fuelled-batterier, som kan give op til 10 gange den nuværende lagringskapacitet. Denne type batterier skulle også blive billigere end de nuværende typer, idet der bruges porøst kulstof i stedet for f.eks. lithium i lithium-ion-batterier.

Brint

Brint fremstilles i dag primært ud fra naturgas, som jo er en fossil energikilde. Derfor medfører brintproduktionen fra naturgas udledning af CO₂ til atmosfæren. I fremtidens energisystem vil brint skulle fremstilles elektrolytisk ved spaltning af vand til ilt og brint ved hjælp af strøm fra vindmøller eller solceller. I perioder med overskudsproduktion af el vil denne kunne bruges til at producere brint, som så kan gemmes til perioder med underskud. Ved hjælp af en brændselscelle kan brinten så producere el til nettet, når der er behov for det. Brint er et effektivt lagringsmedium, når energi skal lagres over lidt længere perioder, men til gengæld er der tab, både når elektriciteten skal omsættes til brint, og når brinten igen skal omsættes til el i en brændselscelle. Til lagring over meget korte tidsrum, dvs. til udjævning af korttidssvingninger i nettet, vil batterier derfor være mest effektive.

Brændselsceller har en høj virkningsgrad i forhold til at bruge brinten direkte i en forbrændingsmotor, og de giver mulighed for en hurtig regulering af effekten. Da brint kan oplagres i længere perioder, giver brint kombineret med brændselscelleteknologien mulighed for at indbygge en stor fleksibilitet i elforsyningen. Brændselscelleanlæg behøver heller ikke være store for at opnå en stor

effektivitet. Det betyder, at brændselscelle-kraftvarmeanlæg kan placeres i tilknytning til decentrale biomasse-kraftvarmeværker, hvor den varme, brændselscellen afgiver, samtidig med at den producerer el, kan bruges i varmeforsyningen. Større brændselscelleanlæg vil på længere sigt kunne bruges som selvstændige kraftvarmeværker.

Brændselscelleteknologien er endnu ikke færdigudviklet til brug i elforsyningen, men udviklingen de seneste 10 – 15 år er gået hurtigt, og det forventes, at kommercielle brændselscelleanlæg vil være på markedet i 2015.

6.6. Intelligent forbrugsstyring

Det er allerede i dag muligt at indføre såkaldte intelligente elmålere hos forbrugerne. Disse kan løbende kommunikere de varierende elpriser til forbrugerne. Teknologisk set vil der ikke være noget i vejen for, at man i fremtiden udvider denne mulighed til at omfatte muligheden for at koble elforbrugende apparater ud af systemet i kortere tid for at udjævne belastningen på nettet. Køleskabe og fryser vil være godt egnede til denne form for regulering, dels fordi de står for en relativt stor andel af elforbruget, dels fordi de uden problemer kan afbrydes i kortere periode f.eks. 15 – 20 minutter. Intelligent forbrugsstyring vil på den måde kunne nedsætte behovet for spidslastkapacitet i form af biomassefyrede og brændselscelle-kraftvarmeværker.

6.7. Omstilling af transportsektoren til vedvarende energi

Transportsektoren vil også kunne indgå i reguleringen af netbelastningen. El vil være den mest effektive og mindst miljøbelastende energikilde til fremtidens transport. Forudsætningen for at kunne bruge overskudsproduktion til transport er, at man i så vidt omfang som muligt bruger batterier, som kan oplades i perioder med lavt forbrug i de øvrige dele af nettet.

Derfor er det af stor vigtighed, at det ikke kun er biler, der kommer til at køre på batterier, men at man med mere effektive batterier også begynder at se det som en mulighed i visse former for offentlige transportmidler, i første omgang busser, men også letbaner kan komme på tale. Udskiftelige batterier, som oplades på ladestationer, hvor det er let at regulere opladningen i forhold til den tilgængelige effekt, vil derfor kunne bidrage væsentligt til forbrugsstyringen i et vedvarende energisystem.

Det er dog langt fra al transport, der bidrager til regulering af netbelastningen, når der ikke må bruges fossile brændsler eller flydende biobrændsler i transporten. En del – primært tog, men også i et vist omfang letbaner – vil kræve direkte energiforsyning fra et ledningsnet. Selv om man indretter alle motorer til at udnytte bremseenergien og føre den tilbage til nettet igen, vil denne del af

transportsystemet medvirke til betydelige variationer i elforbruget og dermed også kræve ellagring i et eller andet omfang.

Brint er også en mulig energikilde i transportsektoren. Men på grund af det relativt store energitab i omsætningen fra el til brint og tilbage igen til el, vil det kræve større VE-ressourcer i form af vindmøller eller solceller at satse på brint i større omfang. Til visse formål kan det dog vise sig formålstjenligt at bruge brint i stedet for batterier.

Kilder til kapitlet

"Kortlægning af energipolitikens teknologiske råderum", Klaus Illum og Tarjei Haaland, Greenpeace, juli 2006.

"Ingeniørforeningens Energiplan 2030, baggrundsrapport", IDA, december 2006.

"Ingeniørforeningens Klimaplan 2050, hovedrapport", IDA, maj 2009.

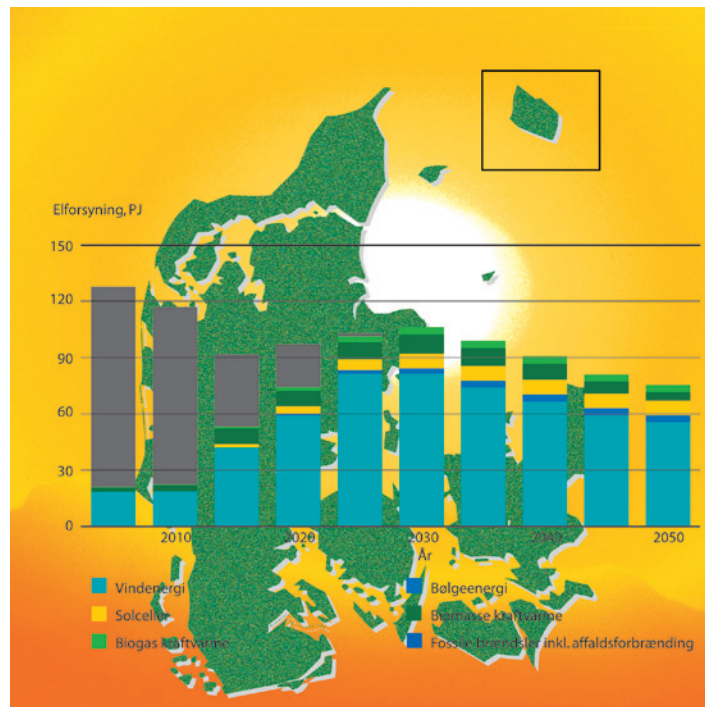
"Ingeniørforeningens Klimaplan 2050, baggrundsrapport", IDA, maj 2009.

"I drivhuset", Klaus Illum, februar 2006.

"Risø Energy Report nr. 5. Renewable energy for power and transport". Risø, november 2006.

"Lavenergi til fjernvarme", Svend Svendsen, DTU-BYG, Dansk Fjernvarmes landsmøde, 27. oktober 2006.

7



Energiscenarierne

NOAH's energiscenarier forudsætter en kraftig energibesparelsesindsats på forbrugssiden og energieffektivisering i alle led af energiforsyningen for at opnå en så bæredygtig, effektiv og fleksibel energiforsyning som muligt.

Med det udgangspunkt vil det være relativt overskueligt at omlægge energiforsyningssiden fra den nuværende, overvejende fossilt baserede energiforsyning med en relativ stor andel af biomasse til 100 % vedvarende energi med en biomasseandel, der hverken vil belaste vores fødevareforsyning, natur eller miljø.

7.1. Bæredygtighed en grundforudsætning

Et grundlæggende udgangspunkt ved udarbejdelsen af NOAH's energiscenarier har været bæredygtighed set i et bredt perspektiv. Det er hverken realistisk eller fornuftigt at forestille sig en fortsat vækst i det materielle forbrug i de rige lande, som Danmark hører til. Tværtimod er det grundlæggende urealistisk at tro, at vi kan fortsætte med at forbruge mere og transportere os mere og dermed også at fortsætte den hastige udtømmning af de begrænsede råstoffressourcer. Man ser desværre ofte, at energiscenarier bliver udarbejdet ud fra en forudsætning om fortsat vækst med den begrundelse, at man ikke skal bringe for mange faktorer i spil og dermed bringe forvirring i billedet. Vi mener ikke, dette er et holdbart argument. Vores energifremtid kan ikke tages ud og behandles løstrevet fra diskussionen om, hvordan vi kommer frem til et bæredygtigt samfund, hvor vores råstofforbrug bringes til at holde sig inden for det, NOAH i rapporten "Bæredygtigt Danmark" definerer som "det miljømæssige råderum". Vores nuværende ressourceforbrug og den medfølgende belastning af vores miljø er ikke bæredygtigt, og vi kommer til at begrænse det, hvad enten vi vil eller ej. Spørgsmålet er udelukkende, om det kommer til at ske kontrolleret eller kaotisk.

Derfor forudsætter NOAH's grundscenario en langsom og kontrolleret reduktion af vores materielle forbrug samtidig med, at vi satser på effektivisering og besparelser. Til sammenligning er der udarbejdet et såkaldt stabiliseringsscenario, hvor der forudsættes, at det materielle forbrug fortsætter med at stige i en kortere årrække og derefter stabiliserer sig på et lidt højere niveau end i dag, mens indsatsen for energieffektivisering og energibesparelser er den samme. Vi mener ikke, dette er en ønskværdig situation, men dette scenario er medtaget for at vise energisystemets følsomhed over for en mindre vækst i vores energiforbrugende, materielle forbrug. Kravet til sammensætningen af en energiforsyning baseret på vedvarende energi ligger altså med de valgte forudsætninger i området mellem de to scenarier.

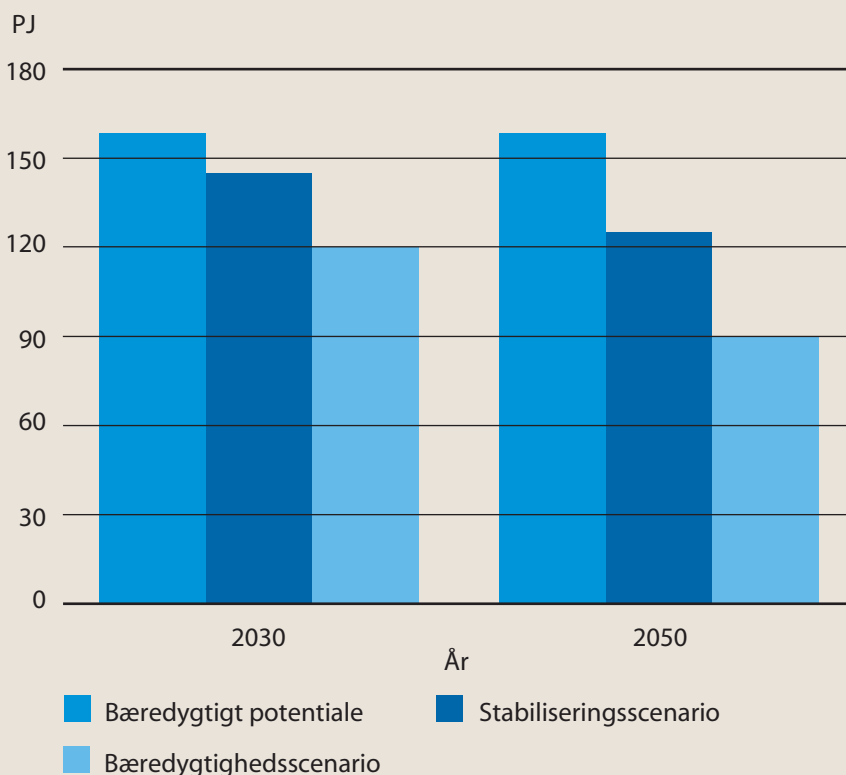
7.2. Udbygningen med vedvarende energi

En opgørelse over potentialet for VE-ressourcerne i Danmark (kap. 5) viser, at der ikke vil være problemer med at skaffe den nødvendige energi set fra et rent ressourcemæssigt synspunkt.

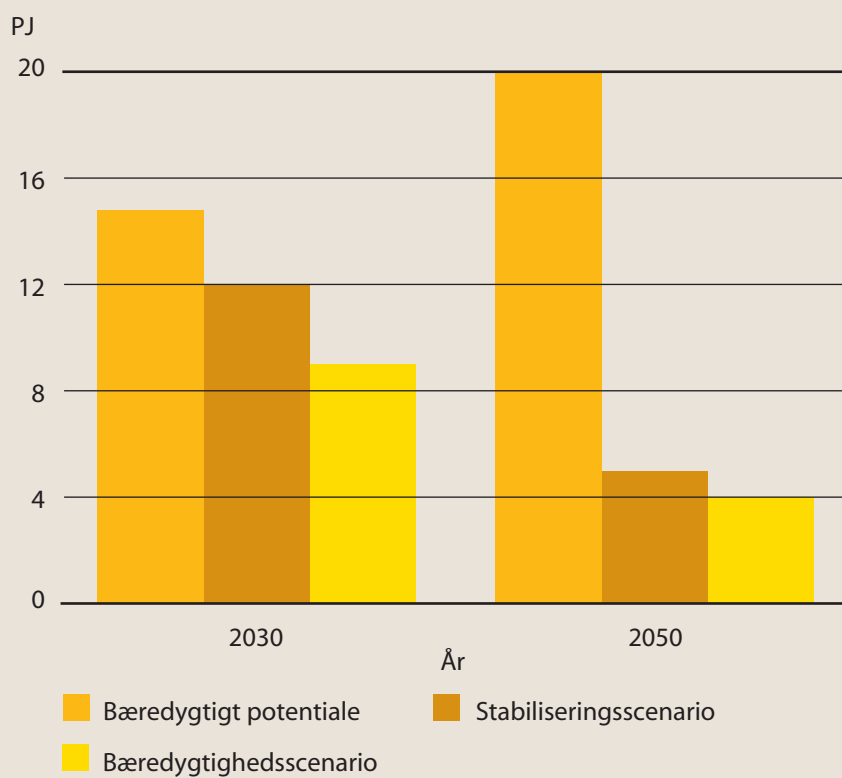
Men det er vigtigt at holde sig for øje, at det heller ikke er uden konsekvenser at bruge vedvarende energi. Produktion af vedvarende energi er forbundet med et ressourceforbrug og en dertil hørende miljøbelastning. Derfor går vi ikke i scenarierne ud fra det maksimalt mulige potentiale, men det, man kunne kalde det bæredygtige potentiale for udnyttelsen af de vedvarende energikilder. Figurer 7.1 – 7.10 viser det skønnede, bæredygtige potentiale for udnyttelsen af forskellige typer af vedvarende energi i Danmark. Det ses, at det vil være muligt at kombinere de forskellige energikilder på andre måder, end de to scenarier foreslår. Derfor skal NOAH's energiscenarier heller ikke betragtes som det endelige bud på, hvordan fremtidens energiforsyning skal se ud, men som et ud af flere mulige bud på, hvordan en bæredygtig energiforsyning kan se ud med den viden, vi har i dag.

Figureerne viser tydeligt, at den største begrænsning ligger i udnyttelsen af biomasse, mens der for de øvrige vedvarende energiresourcer er plads til en væsentlig større udnyttelse end forudsat i

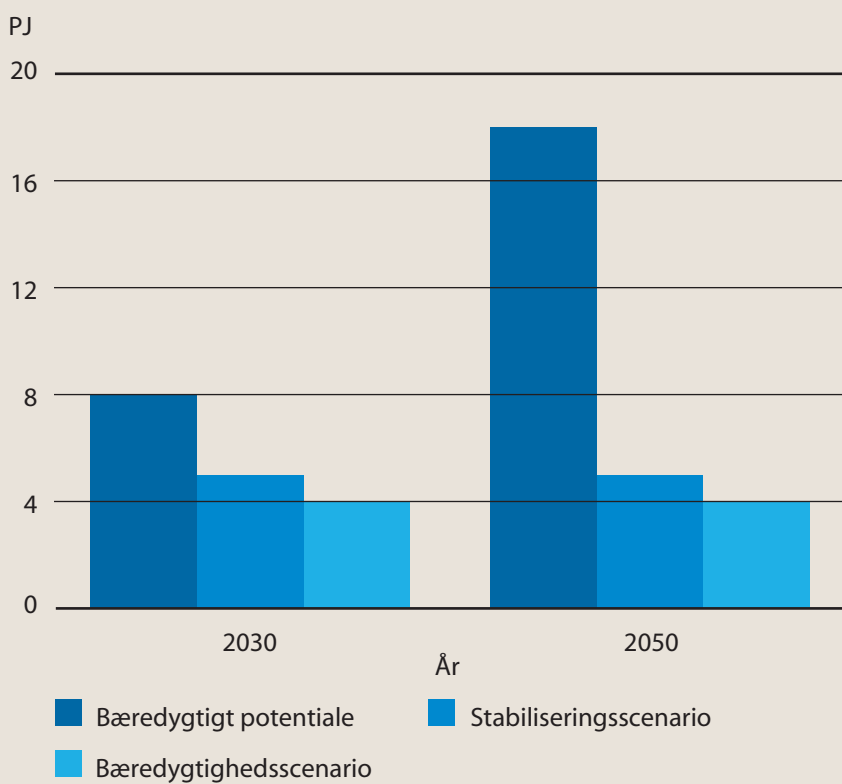
*Figur 7.1
Udnyttelsen af vindkraft i NOAH's scenarier*



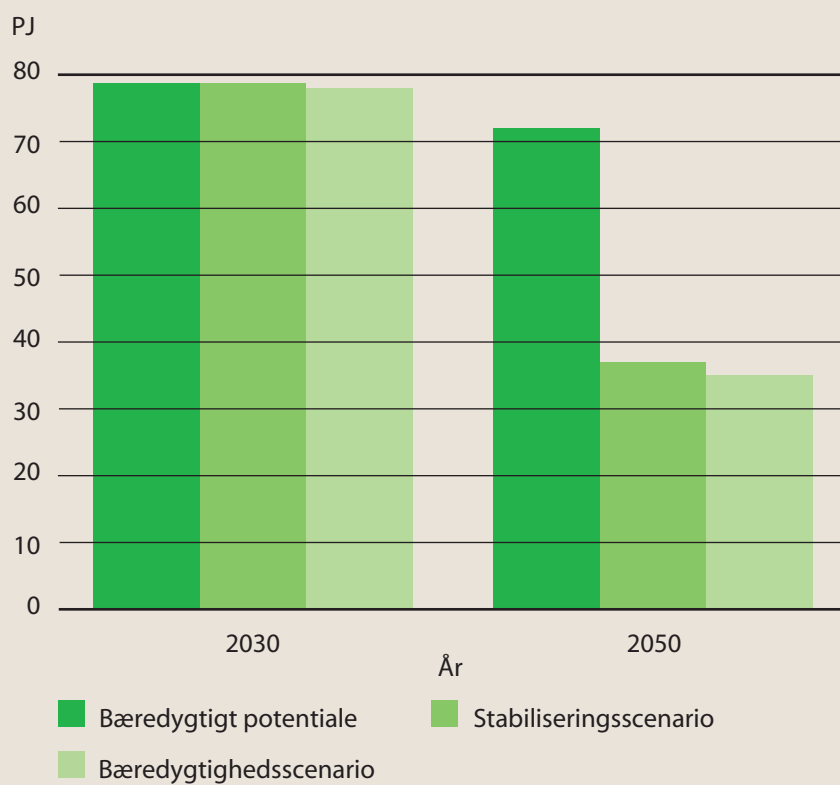
Figur 7.2
Udnyttelsen af solceller i NOAH's scenarier



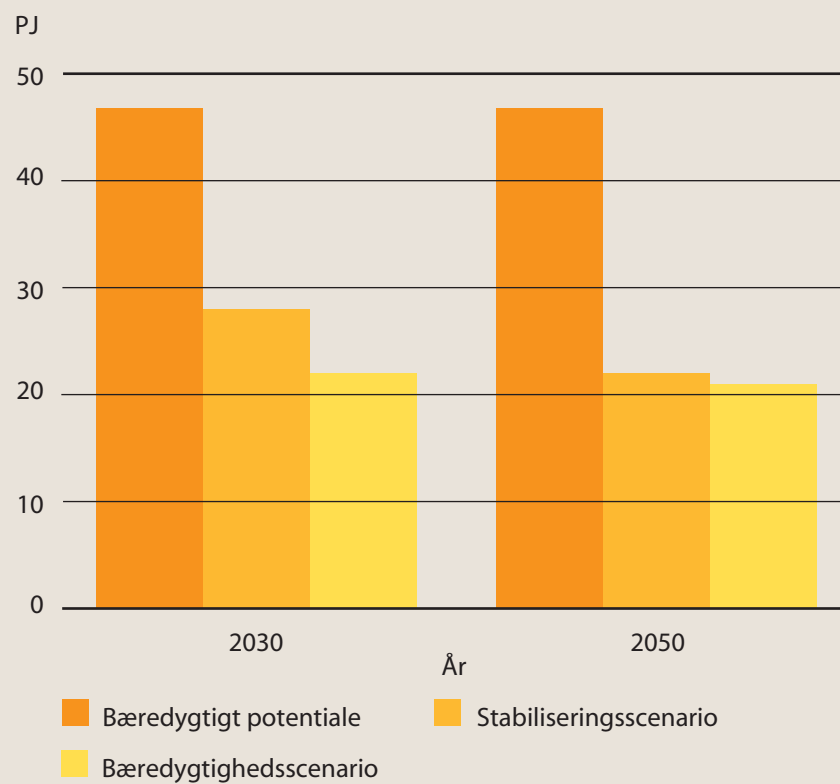
Figur 7.3
Udnyttelsen af bølgekraft i NOAH's scenarier



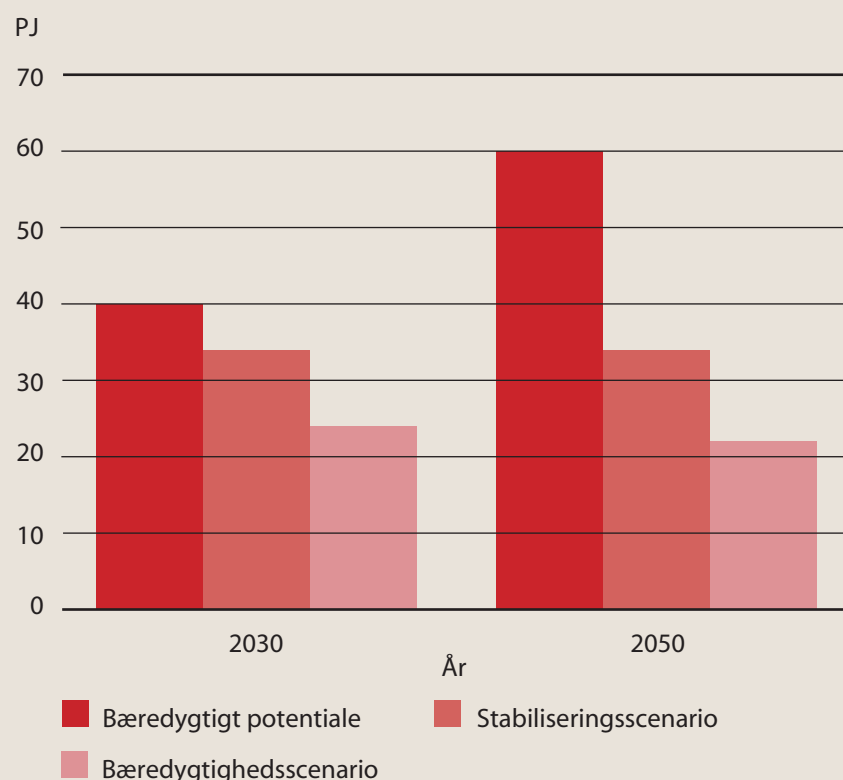
Figur 7.4
Udnyttelsen af biomasse i NOAH's scenarier



Figur 7.5
Udnyttelsen af solvarme i NOAH's scenarier



Figur 7.6
Udnyttelsen af geotermisk energi i NOAH's scenarier



scenarierne. For geotermisk energi er der givet et skøn for den del af det geotermisk potentiale, der er umiddelbart udnytteligt.

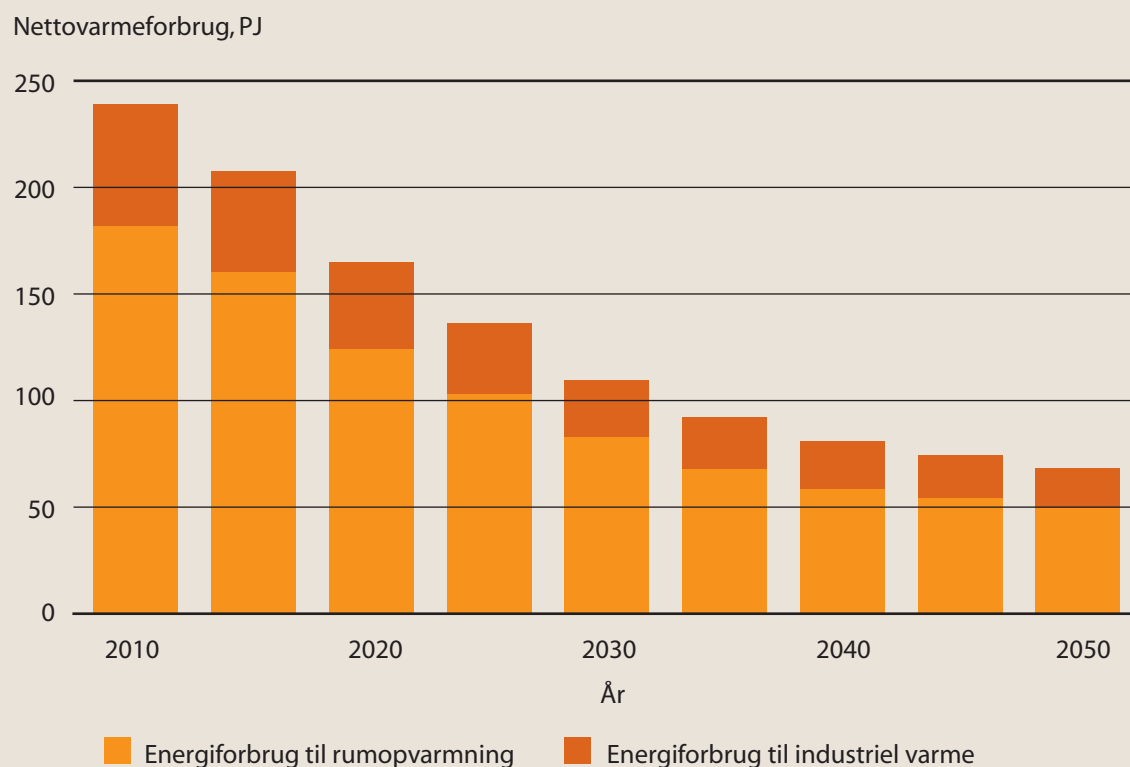
7.3. Mere fjernvarme

Cirka halvdelen af rumvarmebehovet dækkes i dag af fjernvarme. NOAH's energiscenarier regner med en kraftig udbygning af fjernvarmenettet. Denne udbygning skal ske som lavtemperaturfjernvarme koordineret med, at varmebehovet reduceres, efterhånden som energirenoeringen af boliger institutioner osv. slår igennem. Udbygningen af fjernvarmenettet betyder i bæredygtighedsscenarioet, at ca. 68 % af nettovarmebehovet i 2030 dækkes af fjernvarme. Denne andel stiger til ca. 72 % i perioden til 2050, men dette vil primært være forårsaget af en bedre energieffektivitet i boliger uden for fjernvarmeområderne, som derfor kommer til at udgøre en mindre andel af det samlede varmebehov.

I de eksisterende fjernvarmeområder vil det være muligt at nedsætte såvel fremløbstemperaturen som returtemperaturen i takt med, at den eksisterende bygningsmasse i disse områder energirenoeres. En hensigtsmæssig omstilling vil kræve en overordnet koordinering af besparelsesindsatsen i sammenhæng med en nedsættelse af temperaturen – evt. i sammenhæng med en renoering og omlægning af det eksisterende fjernvarmenet til mindre rørdimensioner. En

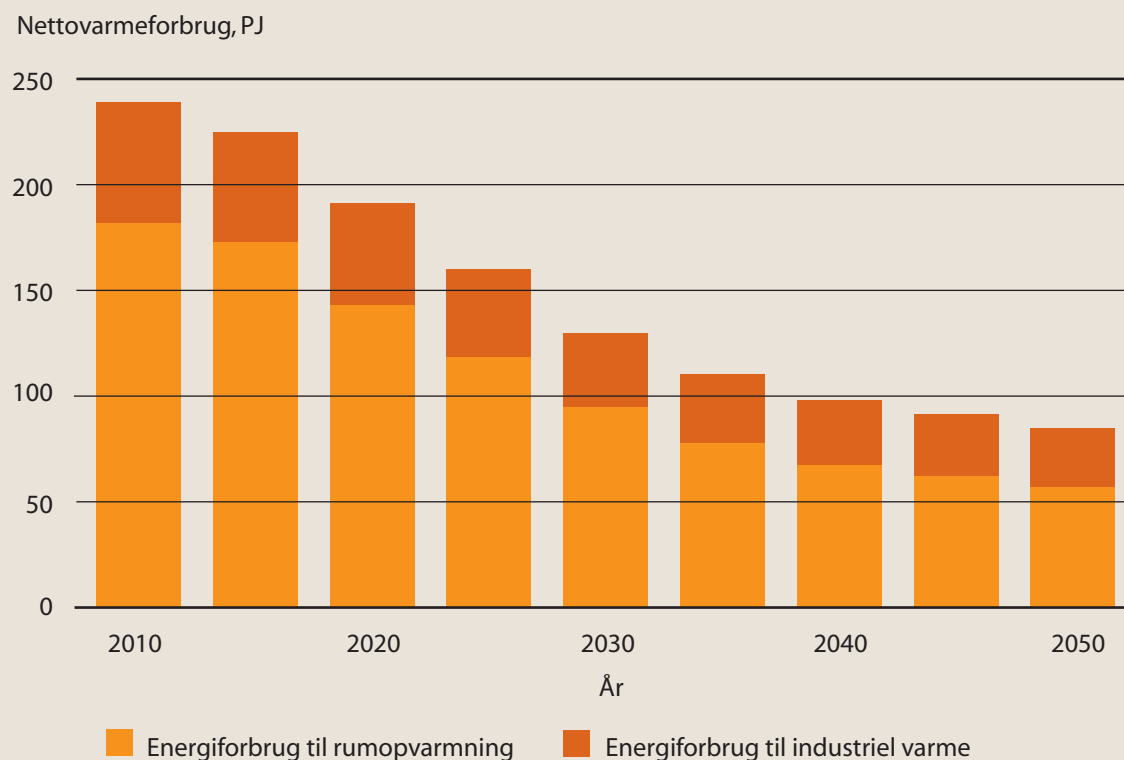
Figur 7.7

Det samlede, nettovarmeforbrug år 2010 – 2050 i bæredygtighedsscenariet



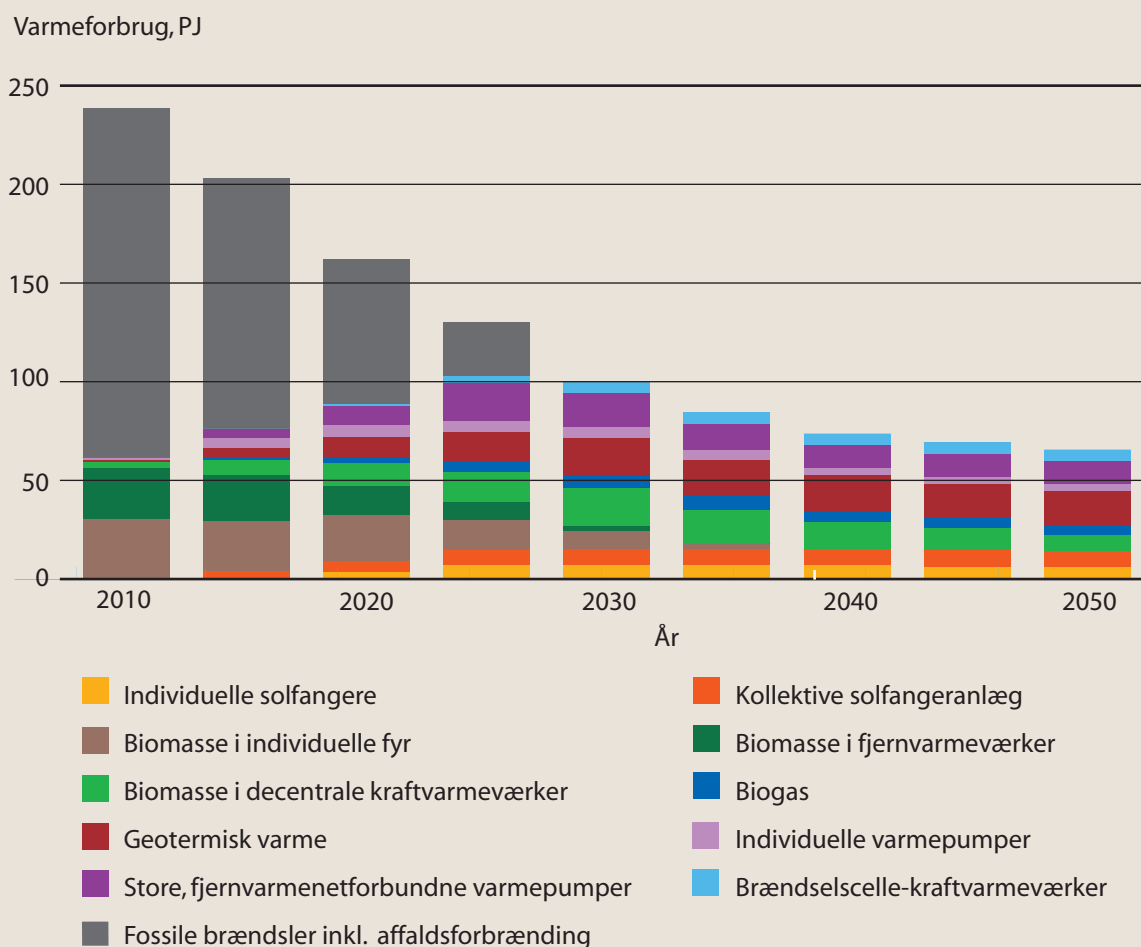
Figur 7.8

Det samlede, nettovarmeforbrug år 2010 – 2050 i stabiliseringsscenariet



Figur 7.9

Den samlede nettovarmeforsyning år 2005 – 2050 i bæredygtighedsscenariet



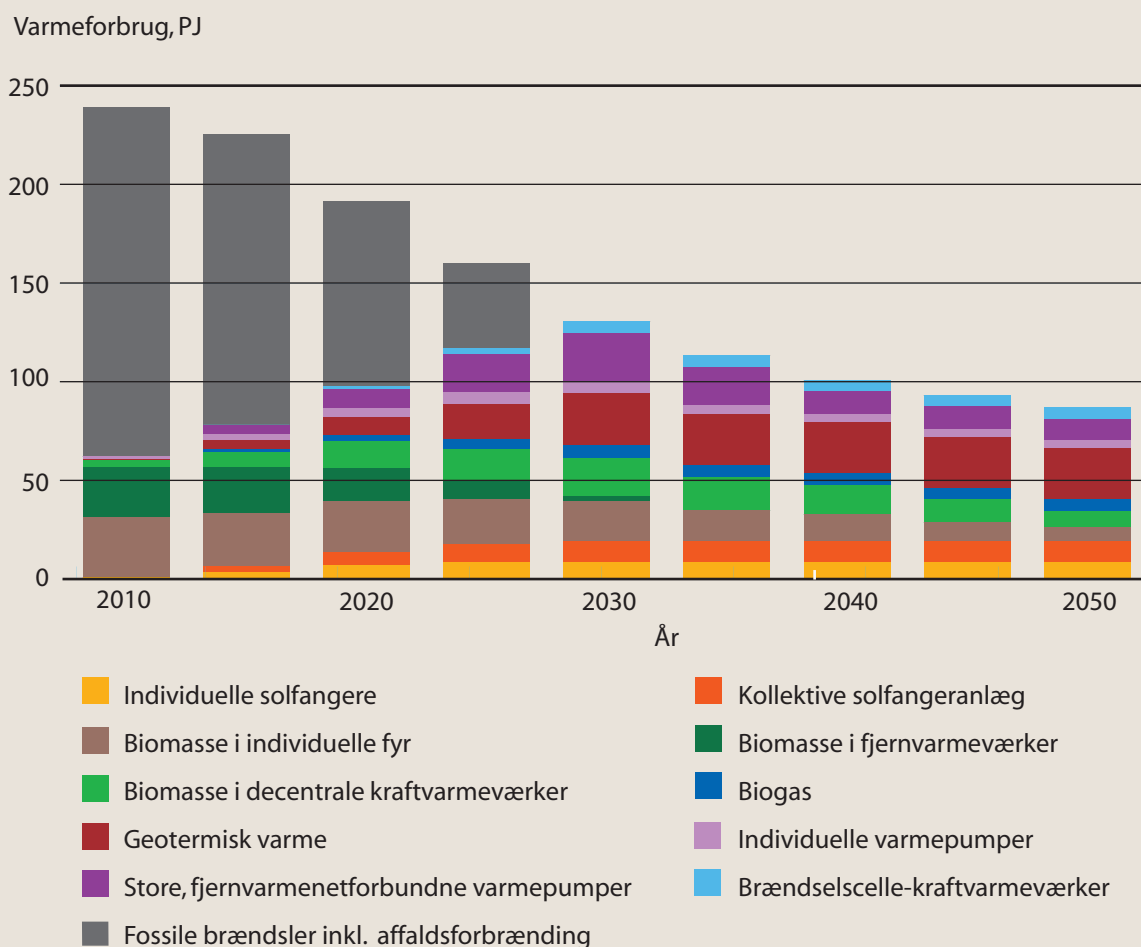
lavere temperatur i fjernvarmenettet vil kraftigt reducere behovet for at hæve temperaturen i områder, som forsynes med geotermisk energi. Tilsvarende vil det betyde, at en udbygning med kollektive solvarmeanlæg og tilhørende sæsonvarmelagre i områder uden geotermisk energi vil blive både lettere og billigere.

Der er et stort potentiale for geotermisk energi i Danmark. Derfor forudsættes det, at en lang række større byområder placeret i områder, hvor geotermianlæg er en realistisk mulighed, omstiller til fjernvarmeforsyning med geotermi. Disse byområder omfatter bl.a. hovedstadsområdet, Århus og Aalborg samt en lang række andre, større provinsbyer. Det vil i de fleste områder være nødvendigt med varmepumper til at hæve fremløbstemperaturen i fjernvarmenettet, da de geotermiske borer typisk vil levere varmt vand med en temperatur på 35 – 40° C, hvilket er for lav en fremløbstemperatur selv i et lavtemperaturfjernvarmenet, hvor temperaturen typisk vil skulle hæves til ca. 60° C. Tilføjelse af korttidsvarmelagre kan muliggøre en mere fleksibel brug af varmepumperne.

I eksisterende og nye fjernvarmeområder uden for geotermiområ-

Figur 7.10

Den samlede nettovarmeforsyning år 2005 – 2050 i stabiliseringsscenarioet



derne forudsættes fjernvarmeforsyningen ske med en kombination af kollektive solvarmeanlæg og decentrale kraftvarmeværker fyret med biomasse og biogas. Også her vil varmepumper spille en vigtig rolle, primært til at hæve temperaturen i korttids- og sæsonvarmelagre i perioder med overskudsproduktion af el.

Stop for elvarme

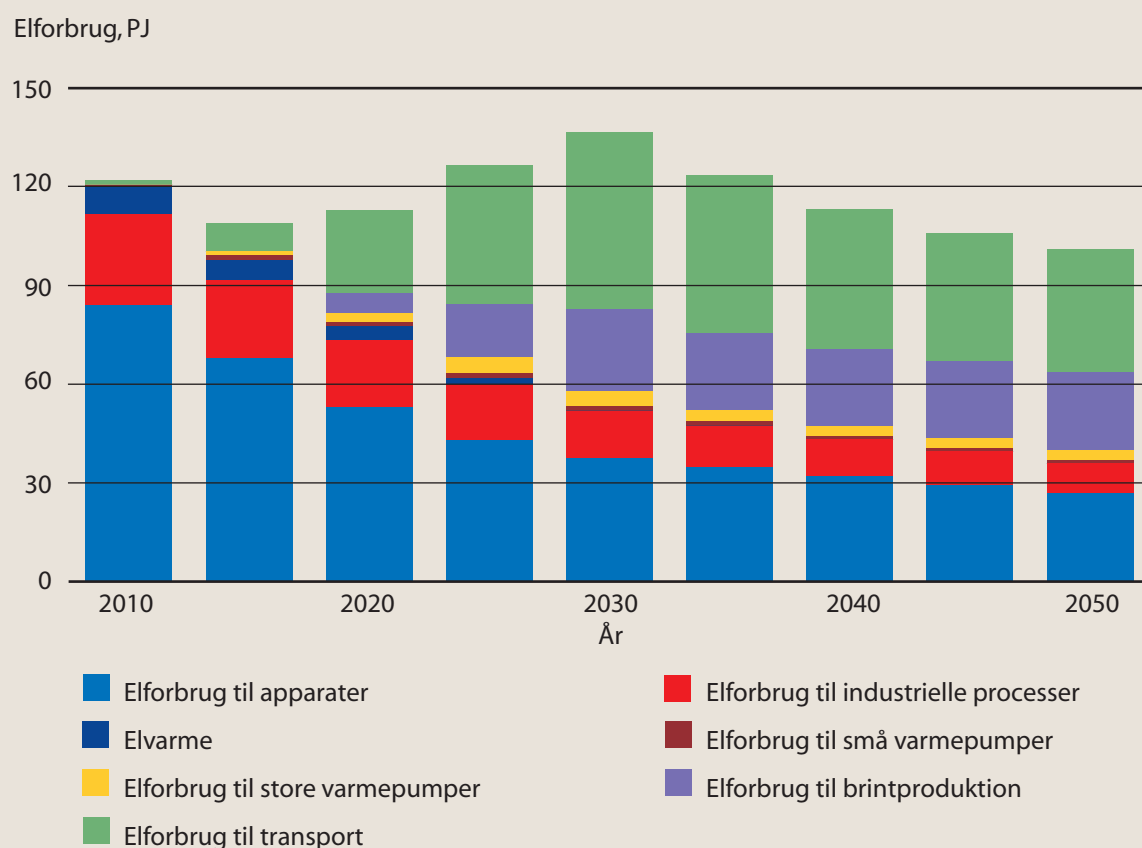
Elvarme med elpaneler er en yderst ineffektiv varmekilde. Derfor forudsættes al direkte elvarme afviklet inden 2030. Opvarmning i områder uden for de eksisterende og nye fjernvarmområder forudsættes omlagt til en kombination af individuelle solvarmeanlæg, biomassefyr og små varmepumper.

7.4. Elforsyningen

Vindenergi står for en meget væsentlig del af elproduktionen i fremtidens energiforsyning. De danske vindressourcer er så store, at de alene sagtens kunne klare hele elproduktion i scenarierne. Der er imidlertid flere grunde til, at det er en dårlig idé alene at satse på

Figur 7.11

Det samlede nettoelforbrug år 2005 – 2050 i bæredygtighedsscenariet



vindenergi. Den vigtigste er, at det vil betyde en meget ujævn elproduktion i forhold til forbruget. Derfor er det vigtigt, at der også indføres solceller og bølgeenergi i elforsyningen. Sammen med biomassebaseret kraftvarme vil det medvirke til at udjævne elproduktionen. Det forudsættes, at alle biomassefyrede fjernvarmeværker efterhånden ombygges til kraftvarmeværker. I de beskrevne scenarier kommer vindmøllerne op på ca. 80 % af elproduktionen. Dette vil kunne ændre sig med en kraftig udvikling af solcelleteknologien, således at det kan blive økonomisk fordelagtigt at lade solceller stå for en større del af elproduktionen. Fra ca. 2015 forudsættes, at der for at øge elforsyningssikkerheden vil ske en gradvis udbygning med brintbaseret brændselscelle-kraftvarme.

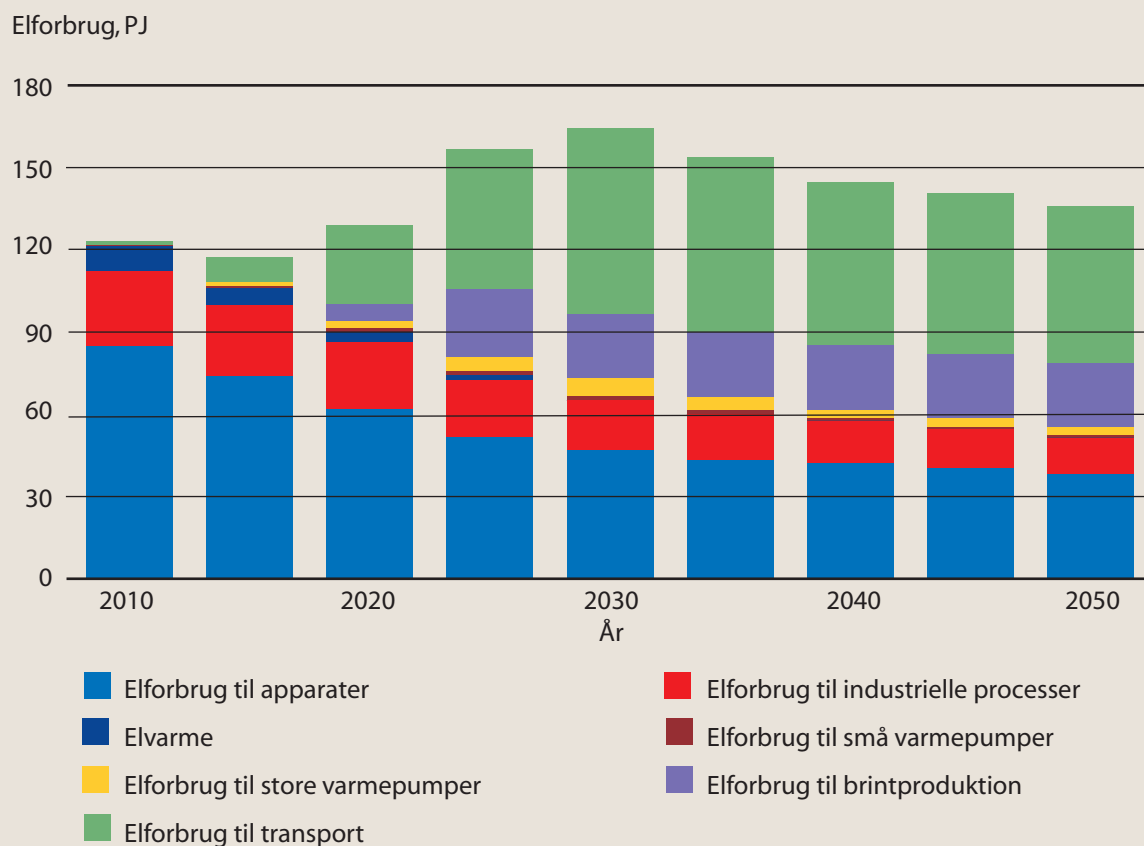
Alle kraftvarmeværker forudsættes at være decentrale, forstået således at de er opført i tilslutning til større eller mindre fjernvarmeforsynede områder, hvor kollektive solvarmeanlæg står for en væsentlig del af varmeforsyningen. Det vil kun i sjældne tilfælde være relevant at opføre kraftvarmeværker i geotermiområder.

7.5. Transportsystemet i scenarierne

En begrænsning af transportarbejdet og en sideløbende omstilling

Figur 7.12

Det samlede nettoelforbrug år 2005 – 2050 i stabiliseringsscenarioet



fra individuelle til kollektive transportformer vil reducere bilparken og dermed lette overgangen fra fossile brændsler væsentligt. Det vil samtidig gøre det lettere at undgå brugen af flydende biobrændsler, som ikke har nogen plads i en bæredygtig energiforsyning.

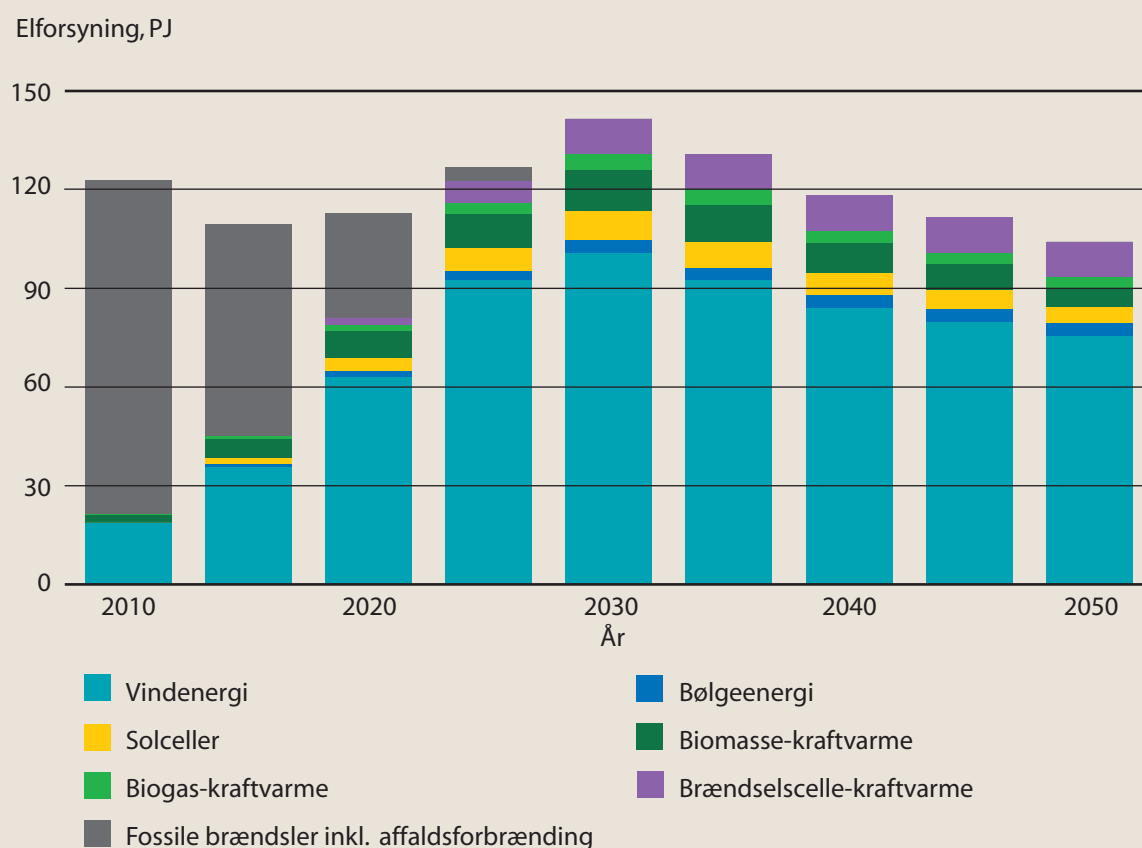
Omstillingen af den resterende bilpark til el og brint vil være betinget af, hvor hurtigt disse teknologier bliver markedsklare. I scenarierne forudsættes, at det vil være muligt at afskaffe brugen af fossile brændsler helt inden 2030. Skulle dette mod forventning ikke blive muligt, vil den kraftige indsats for at begrænse vejtransporten, der er beskrevet i scenarierne og i transporthandlingsplanen, under alle omstændigheder betyde, at brugen af fossile brændsler i transportsektoren begrænses meget kraftigt, og at de vil kunne udfases hurtigt efter 2030.

7.6. Udviklingen fra år 2030 – 2050

Den helt store investering i opbygningen af et vedvarende energiforsyningssystem skal ske i perioden op til 2030. Herefter vil de økonomiske omkostninger primært ligge på vedligeholdelse og udskiftning af ældre forsyningsenheder med nyere og mere effektive enheder. Samtidig vil bruttoenergiebehovet fortsætte med at falde

Figur 7.13

Den samlede nettoelforsyning år 2005 – 2050 i bæredygtighedsscenariet



med de forudsætninger, der er lagt ind i scenarierne. Det betyder, at mange ældre enheder, f.eks. vindmøller, efterhånden kan skrottes, uden at det vil være nødvendigt at opføre nye.

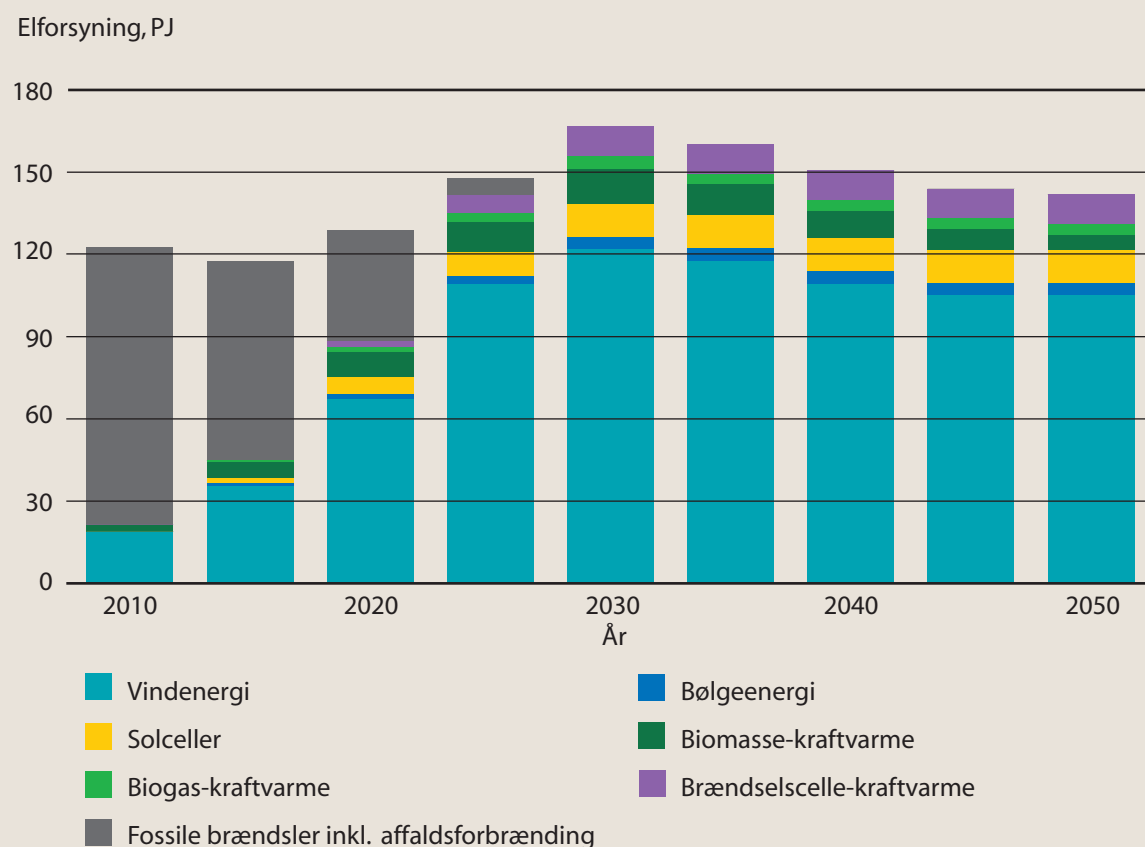
Den fortsatte indsats for at nedsætte energiforbruget er specielt vigtig af hensyn til omfanget af brugen af biomasse. Mens det i en periode frem til ca. 2030 vil være nødvendigt at bruge biomasse i et omfang tæt på grænsen for det bæredygtige niveau, vil det på længere sigt være muligt igen at nedsætte brugen af biomasse. Det betyder, at det specielt i bæredygtighedsscenariet vil være muligt at skære brugen af energiafgrøder helt bort. Det betyder, at en del af det areal, der frigives, kan bruges til at producere biomasse til brug for materialer, der kan erstatte bl.a. importerede plantefibre.

7.7. Andre scenarier med samme forudsætninger

De to beskrevne scenarier er primært udarbejdet for at vise, at det ikke er en uoverkommelig opgave at omlægge vores energiforsyning til vedvarende energi inden 2030, og at det vil være realistisk at gennemføre en reduktion af de danske udledninger af drivhusgasser svarende til det, NOAH foreslår i sit udkast til en klimalov. En fossilfri energiforsyning og transportsektor vil være det første og

Figur 7.14

Den samlede nettoelforsyning år 2005 – 2050 i stabiliseringsscenarie



vigtigste skridt på vejen til at nedbringe vores udledninger af drivhusgasser til 0 inden 2050.

Det er vigtigt at understrege, at de beskrevne scenarier ikke skal opfattes som nogen færdigbearbejdet energiplan. Derfor er der heller ikke udarbejdet detaljerede modelberegninger af den krævede biomasse- og brændselscelleeffekt og den nødvendige varmelagringskapacitet. Der er store usikkerheder i forbindelse med den teknologiske udvikling over det tidsforløb, scenarierne dækker. Derfor er det sandsynligt, at det bliver muligt at sammensætte en vedvarende energiforsyning, som kan blive både bedre og billigere end den her beskrevne, og som også lever op til kravene om bæredygtighed. Dette bør imidlertid ikke hindre os i at starte omstillingsprocessen med det samme med de midler, vi allerede har. Ellers vil det blive meget svært at opnå de krævede reduktioner.

NOAH's bæredygtighedsscenario viser, hvordan en energiforsyning baseret på vedvarende energi kan sammensættes baseret på den viden og teknologi, vi har i dag. Det viser først og fremmest, at det er muligt at omstille til en energiforsyning udelukkende baseret på vedvarende energikilder, uden at man gør vold på vores miljø f.eks. ved at bruge massive mængder af biomasse og importerede biobrændstoffer. Stabiliseringsscenariet tegner en mindre ønskelig

udvikling, men selv her vil vi kunne holde os inden for de forudsatte grænser for en bæredygtig udnyttelse af den vedvarende energi, hvis de forudsatte energibesparelser gennemføres fuldt ud. Derimod vil en fortsat vækst i det materielle forbrug og i transporten hurtigt medføre en overskridelse af den bæredygtige udnyttelse af de vedvarende energikilder, specielt biomasse.

Usikkerhederne i scenarierne er primært forbundet med udefra kommende rammebetingelser i form af f.eks. en hurtigt kommende oil peak, internationale klimaaftaler og nok så meget den politiske omstillingsparathed og beredvillighed til at omstille energiforsyningen inden for en kortere årrække.

7.8. Konklusion

Det er muligt at omstille vores samfund til en energiforsyning udelukkende baseret på vedvarende energikilder. De teknologiske muligheder er allerede nu til rådighed i stort omfang, og med den forventede teknologiske udvikling vil de sidste barrierer falde bort inden for en meget kort tidshorisont.

Vi har de nødvendige VE-ressourcer – også med de begrænsninger, kravet om en bæredygtig brug af dem sætter. Forudsætningen er, at vi ser i øjnene, at en fortsat vækst i vores materielle forbrug og en ressource- og miljømæssigt bæredygtig udvikling er uforenelige størrelser.

Sammenfattende kan vi konkludere, at:

- Det er helt afgørende, at udnyttelsen af de mulige energibesparelser danner grundlaget for en fremtidig energiforsyning baseret på vedvarende energi.
- En omstilling af energiforsyningssektorerne til vedvarende energi skal ske koordineret og ud fra en samlet planlægning, som også omfatter andre samfundssektorer som transportsektoren, industrien, landbruget og skovbruget.
- De nødvendige vedvarende energiresourcer er til stede, og med de valgte forudsætninger kan de udnyttes uden at overskride grænserne for en bæredygtig energiforsyning.
- Det er uden mening at bruge penge på teknologier, som først på længere sigt vil kunne bidrage til at reducere CO₂-udledningerne. Her tænkes specielt på CCS-teknologier (geologisk CO₂-lagring), der ikke kan bidrage til reduktioner de afgørende første to årtier.
- Jo længere, vi venter med at påbegynde omstillingsprocessen, jo sværere og dyrere bliver det at nå målet og dermed opfylde vores reduktionsforpligtelser med udgangspunkt i en retfærdig fordeling af reduktionskravene mellem fattige og rige lande.
- Det vigtigste er på den baggrund hurtigt at få vedtaget en klimalov, som kan danne rammen om de konkrete handlingsplaner, der skal igangsætte omlægningen af vores energiforsyning.

8



Konsekvenserne

Der er ingen tvivl om, at en storstilet omstilling af Danmark til et fossilfrit samfund vil få vidtrækkende konsekvenser på en lang række områder. Omstillingen vil først og fremmest tilvejebringe de reduktioner af vores CO₂-udledninger, som er tvingende nødvendige, hvis Danmark skal bidrage ansvarligt til at holde den globale temperaturstigning under 2° C. Men det er langt fra den eneste konsekvens af en sådan omstillingsproces. Den vil få gavnlige effekter på mange andre områder end reduktionen af vores CO₂-udledninger. Beskæftigelsen vil øges, energiforsyningssikkerheden vil blive større, og der er store samfundsøkonomiske og sundhedsmæssige gevinster at hente. Faktisk er fordele og potentielle gevinster så store, at de alene er begrundelse nok for at komme igang med omstillingen.

Nogle afledte konsekvenser kan dog i første omgang blive negative. Det gælder f.eks. landbrugseksporten, som forventes at falde kraftigt, når vi nedsætter husdyrproduktionen. Men på langt de fleste områder vil konsekvenserne blive positive og specielt på længere sigt langt overskygge de få, negative konsekvenser. Udsætter vi derimod omstillingsprocessen til længere ud i fremtiden, kan prisen for at forsøge at fastholde status quo blive høj. Den negative udvikling, vores samfund allerede på en lang række områder er inde i, vil fortsætte. En lang række andre problemer vil efterhånden kunne føre vores samfund ud i en krisespiral, som kan blive meget svær at komme ud af igen, efterhånden som klimaændringerne tager til, og vi støder ind i en række krisesituationer, hvor peak-oil-krisen kan blive den første af mange.

8.1. CO₂-reduktion

Hvor meget skal Danmark reducere?

Skal vi holde den globale gennemsnitstemperatur under 2° C, kan vi ikke reducere vores drivhusgasudledninger hurtigt nok globalt set. Skal Danmark tilmed leve op til kravet om en ekstra indsats på baggrund af, at Danmark er et af de lande, der både nu og historisk ligger højt selv blandt de industrialiserede lande hvad angår drivhusgasudledninger, så skal vores udledninger nedbringes både hurtigt og drastisk.

På den baggrund mener NOAH, at Danmark bør nedbringe de samlede udledninger af drivhusgasser med mindst 50 % i 2020 og 90 % i 2030 – begge dele i forhold til udledningerne i 1990. I 2050 skal de samlede udledninger nedbringes til tæt på nul. Derfor bør Danmark som et udgangspunkt frigøre energiforsyning og indenlandsk transport helt fra fossile brændsler inden 2030.

Hvad viser energihandlingsplanens scenarier?

Ved beregningerne af CO₂-udledningerne er der taget udgangspunkt i en forventet udledning i 2010 på baggrund af udledningerne for årene 2004-2008. Det forudsættes, at halvdelen af det resterende kulforbrug er erstattet af naturgas i år 2015, og at alt resterende kulforbrug er erstattet med naturgas i år 2020. En spe-

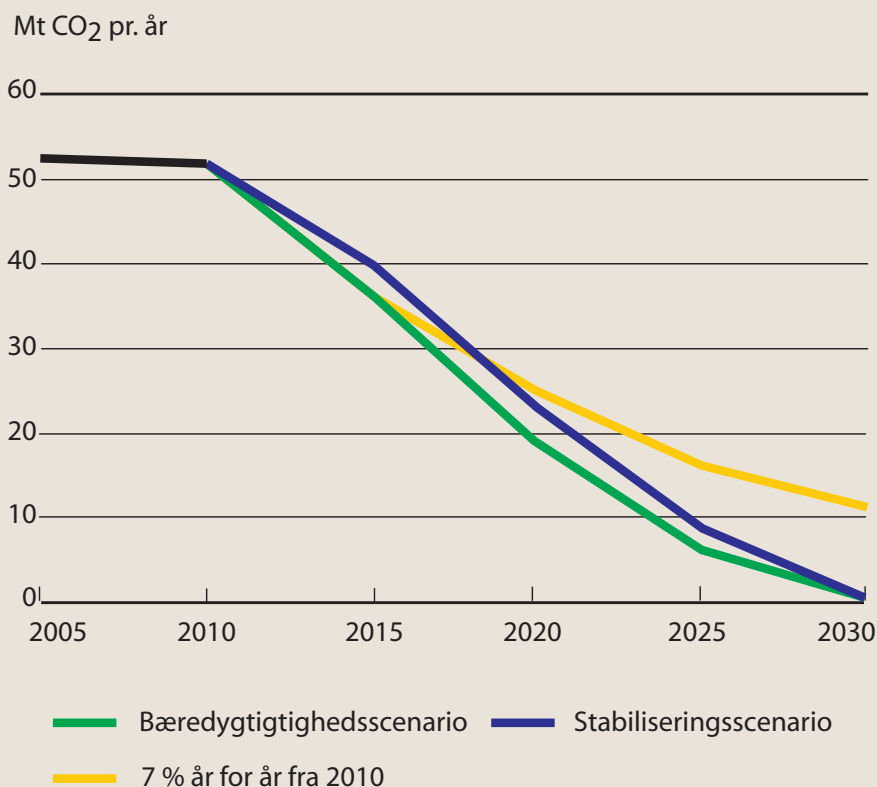
cielt hurtig afvikling af de centrale kulfyrede kraftvarmeværker kan evt. vanskeliggøres, fordi en stor del af de fjernvarmeområder, der i dag forsynes af centrale kraftvarmeværker, i planen forudsættes omstillet til geotermisk varmeforsyning. Her vil der f.eks. kunne opstå nogle tidsmæssige begrænsninger for, hvor hurtigt en udfasning af nogle af de kulfyrede kraftværker kan ske.

For hele perioden 2010-2030 har stabiliseringsscenariet og bæredygtighedsscenariet en samlet CO₂-udledning på hhv. 506 og 455 Mt CO₂, mens udledningen under "7 % år for år kurven" er på 572 Mt CO₂.

Ser man på udledningerne i 2020 er scenariernes reduktioner på hhv. 57 % og 65 %, mens 7 % kurven lander på ca. 53 %. Inden for mindre end 1 % udsving fås samme procent, uanset om man bruger år 1990 eller år 2005 som udgangspunkt for reduktionsberegningerne.

Resultaterne viser, at NOAH's forslag til tekniske såvel som livsstilsmæssige omlægninger klart vil kunne medvirke til at levere de nødvendige reduktioner, nemlig en reduktion på 50 % af den totale udledning af drivhusgasser i 2020, 90 % i 2030 og 100 % i 2050. Det kan derfor overordnet konkluderes, at både stabiliseringsscenariet og bæredygtighedsscenariet kan levere de CO₂-reduktioner, som

Figur 8.1
CO₂-reduktionen i de to scenarier



vi forudsætter i forbindelse med vores forslag til en dansk klimalov. Bæredygtigheds scenariet vil dog ikke overraskende levere hurtigere og noget større reduktioner end stabiliseringsscariet.

8.2. Afledte konsekvenser

Økonomiske konsekvenser

En vurdering af de samfundsøkonomiske fordele og ulemper ved en omstilling til et fossilfrit samfund må nødvendigvis indeholde store usikkerheder, da prisudviklingen for en lang række af de faktorer, som en vurdering må bygge på, kun vanskeligt kan forudses i dag.

En af de vigtigste faktorer, nemlig udviklingen i brændselspriserne for de fossile brændsler, er sandsynligvis den sværeste at forudsige på nuværende tidspunkt. Meget tyder dog på, at de nuværende fremskrivninger er kraftigt undervurderede. IDA's Klimaplan 2050 bruger som en central brændselsprisanbefaling en brændselspris svarende til 122 \$ pr. tønde. Selv med denne lave brændselspris viser IDA's beregninger en klar samfundsøkonomisk gevinst ved en afvikling af brugen af fossile brændsler i IDA's scenario. Denne samfundsøkonomiske gevinst vil blive væsentligt større, hvis oliepriserne stiger mere end de 122 \$ pr. tønde, hvilket ifølge en lang række kilder er overvejende sandsynligt.

Bortset fra IEA, som traditionelt har haft en overdrevet optimistisk vurdering af de fossile energireserver, vurderer de fleste uafhængige kilder, at olieproduktionen er meget tæt på at toppe eller allerede er toppet, og at der derefter vil følge en nedgang i olieproduktionen på ca. 3 % årligt i gennemsnit i de kommende årtier. Dette vil uundgåeligt føre til store prisstigninger på olien i de kommende år – ifølge nogle kilder med en oliepris på 300 – 350 \$ pr. tønde i 2020 til følge. Prisstigningen vil sandsynligvis ikke blive jævn, men svinge kraftigt mellem store prishop og efterfølgende prisfald, et mønster, vi allerede er begyndt at kunne ane. I sommeren 2008 steg olieprisen til 147 \$ pr. tønde. Den efterfølgende finanskrise fik efterspørgslen og dermed priserne til at falde kraftigt til mellem 40 og 50 \$ pr. tønde i januar 2009, men allerede nu (april 2010) er priserne oppe over 80 \$ pr. tønde.

Konklusionen kan kun være, at det er svært at overvurdere de positive samfundsøkonomiske konsekvenser af en omstilling væk fra de fossile brændsler alene med udgangspunkt i en fremtid præget af stigende og sandsynligvis stærkt svingende brændselspriser.

Beskæftigelsesmæssige konsekvenser

De samfundsmæssige konsekvenser er langt fra begrænset til besparelserne på importen af fossile brændsler. I en situation med stor og potentielt stigende arbejdsløshed, er de beskæftigelsesmæssige konsekvenser af næsten lige så stor vigtighed. Den beskæftigelsesmæssige effekt af at gennemføre den gennemgribende energirenovering af hele den eksisterende bygningsmasse vil alene føre til en

årlig beskæftigelseseffekt på mindst 20.000 – 30.000 arbejdspladser. Hertil kommer udbygning af fjernvarmenettet og alle de elementer i energiforsyningssystemet, der skal erstatte de fossile brændsler samt udbygningen af den kollektive trafik. Altsammen vil det skabe tusinder af nye arbejdspladser i de kommende årtier. Med udgangspunkt i en rapport om mulighederne for at skabe grønne job foretaget af 3F, vurderer vi, at der vil kunne skabes mindst 40 – 50.000 arbejdspladser årligt med de initiativer, der foreslås i NOAH's energihandlingsplan.

Omstillingen af samfundet vil oveni medføre en styrkelse af forsknings- og udviklingsarbejdet på hele energiforsyningsområdet. Dette vil stille Danmark konkurrencemæssigt stærkt, når andre lande skal til at omstille deres energiforsyning, fremme eksportmulighederne på energiområdet og føre til endnu mere beskæftigelse.

Konsekvenser for energiforsyningssikkerhed

Danmark har i mange år nydt godt af at kunne hente en stor del af sin olie- og gasforsyning fra Nordsøen. Denne situation vil ikke vare ved, og Danmark vil i de kommende år i stigende grad igen blive afhængig af andre lande, specielt Mellemøsten, hvis ikke vi nedbringer vores afhængighed af de fossile brændsler. Det vil også få konsekvenser for samfundsøkonomien, dels fordi staten mister de skatteindtægter, der i dag kommer fra Nordsøen, dels fordi vi skal importere vores energi, hvilket kommer til at belaste betalingsbalancen. En omstilling til et vedvarende energiforsyningssystem vil helt kunne bringe denne afhængighed til ophør, hvilket kan blive af afgørende betydning i en situation, hvor konkurrencen om de fossile ressourcer vil blive skærpet.

Sundhedsmæssige konsekvenser

Sundhedssystemet er en voksende belastning for vores samfundsøkonomi. Kræftsygdomme og åndedrætssygdomme, specielt astma, udgør en ikke uvæsentlig del af den voksende belastning. Efter at de danske kraftværker er blevet udstyret med effektive røgrensningsanlæg, er det trafikken, specielt biltrafikken i byerne, som sammen med skibstrafikken står for den største del af den nuværende luftforurening.

En hollandsk undersøgelse har vist en overdødelighed blandt mennesker, der bor mindre end 50 meter fra en stærkt trafikeret vej. Dette gælder for cirka 100.000 københavnere og betyder ifølge den hollandske undersøgelse ca. 500 ekstra dødsfald årligt. Hertil kommer mange tusinde bronkitistilfælde, astmaanfald og andre sygdomme, som kan henføres til trafikken forurening. I alt udsættes cirka 1 million mennesker dagligt for farlig luftforurening – primært mennesker, som bor og færdes i de større byer. Den sundhedsskadelige effekt fra trafikken forurening skyldes primært partikelforurening og kvælstofoxider (NO_x-er).

En helt ny amerikansk undersøgelse viser, at den samfundsmæssige værdi af en forbedret sundhed forårsaget af en bedre luftkvalitet

alene vil være nok til at betale en væsentlig del af omkostningerne ved at reducere CO₂-udledningerne fra afbrændingen af fossile brændsler. Effekten vil ifølge undersøgelsen være størst i udviklingslande, hvor luftforureningen fra de fossile brændsler er værst, men også i de rige lande vil der være en væsentlig positiv økonomisk effekt.

En opgørelse foretaget af Miljøstyrelsen for år 2000 viste, at de samlede eksterne udgifter ved luftforurening, støj og trafikuheld lå på ca. 30 milliarder kroner årligt.

8.3. Konklusion

Det er ikke bare inden for mulighedernes rækkevidde at foretage hurtige og drastiske nedskæringer af de danske udledninger af drivhusgasser. Konkret vil det være muligt at omstille den danske energiforsyning og transportsektor til vedvarende energi inden år 2030 og dermed helt standse udledningerne af CO₂ fra disse to sektorer, hvis vi går i gang med det samme. Omstillingsprocessen vil, modsat hvad mange tror, ikke medføre ekstra udgifter for det danske samfund. Tværtimod viser det samlede samfundsmæssige regnskab store fordele på næsten alle områder. Ud over de stigende besparelser på køb af fossile brændsler vil der specielt ske meget store besparelser i sundhedssektoren, og beskæftigelsen vil blive kraftigt styrket i en periode med faldende beskæftigelse. Der er ikke nogen begrundelse for at tøve med at gå i gang – bortset måske fra manglende mod og omstillingsparathed hos vores politikere.

Kilder til kapitlet

"IDAs klimaplan 2050", Ingeniørforeningen, maj 2009.

"Crude Oil - The Supply Outlook", EnergyWatchGroup, february 2008.

"Dansk olieimport nødvendig fra 2008", Ingeniøren, 10. august 2003.

"Nordsøolien svinder ind", Business.dk, 14. juni 2009.

"Snart slut med Nordsøolien", DR Nyheder, 9. august 2009.

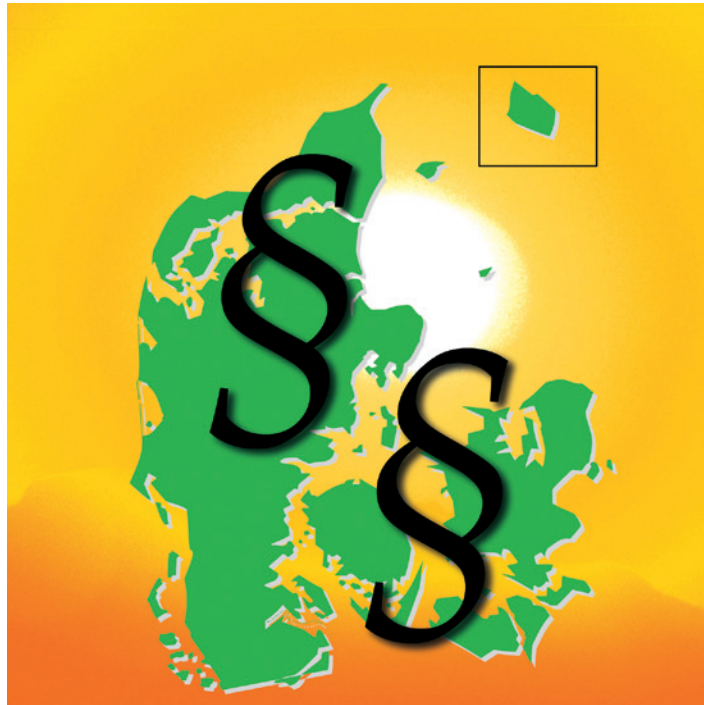
"Grønne job", Fagligt Fælles Forbund, 3F, september 2009.

"Trafikkens forurening", Det Økologiske Råd, december 2008.

"Air-quality improvements offset climate policy costs", University of Wisconsin-Madison News, 22. januar 2010.

"Balancen mellem arbejdsliv og andet liv", Teknologirådet, august 2005.

9



Klimalov

9.1 En ny klimalov – baggrund

Danmarks indsats i forhold til de globale klimaændringer skal bygge på en klimalov, som sætter faste mål for de årlige reduktioner af CO₂ og andre drivhusgasser. Loven skal ses på baggrund af, at Danmark, som er et af de rigeste lande i verden, også er et af de lande, som ligger i toppen, hvad angår udledninger af drivhusgasser pr. indbygger. Derfor må vi påtage os vores retfærdige del af ansvaret for, at den globale opvarmning ikke overskrider 2° C i forhold til det førindustrielle niveau.

Kravet om en klimalov skal bl.a. ses i lyset af

- At ny videnskabelig dokumentation peger på behovet for en hurtigere og langt mere vidtgående reduktionsindsats end hidtil antaget. Selv en stigning på 2° C indebærer store risici.
- At fokus skal rettes mod det samlede drivhusgasbudget frem mod 2050.
- At EU's klimapakke og Danmarks rolle heri er utilstrækkelig til at levere det, videnskaben påpeger som nødvendigt.
- At allerede indgåede aftaler om f.eks. energispareindsatsen i den energipolitiske aftale fra 2008, VE-loven fra 2008 og den trafikpolitiske aftale fra 2009 ikke harmonerer med kravene fra videnskaben og med Danmarks retfærdige andel af mængden af drivhusgasser, der kan udledes globalt, når der samtidig skal være lav risiko for, at den globale temperatur kommer over de 2° C.
- At erfaringerne har vist, at langsigtede målsætninger skal opdeles i delmål, der sætter processen i gang her og nu – f.eks. har Danmark skubbet indsatsen for at opfylde Kyoto-målsætningen foran sig år efter år og i et sådant omfang, at det har vist sig umuligt at opfylde forpligtelserne uden at skulle indregne en stor andel udenlandske projekter omfattet af de såkaldte fleksible mekanismer.

På den baggrund er der brug for en klimalov – en lovpakke, der sikrer, at Danmarks samlede drivhusgasbudget frem til årene 2030 og 2050 holdes inden for en fast defineret mængde.

NOAH's forslag indeholder følgende målsætninger:

1. Klimaloven skal sikre bindende årlige reduktioner af udledningen af CO₂ og andre drivhusgasser samt sikre en udvikling hen imod en 100 procent vedvarende, CO₂-fri energiforsyning senest år 2030.
2. Af hensyn til størrelsen af det samlede drivhusgasbudget skal udledningerne af drivhusgasser i Danmark reduceres med mindst 6 % år for år for at blive udfaset i perioden 2030-2050. Reduktionerne skal være reelle, indenlandske reduktioner.
3. Med klimaloven indføres et princip om udarbejdelse af 3-årige drivhusgasbudgetter for hele perioden frem til 2050.

4. Regeringen skal årligt rapportere om de samlede reduktioner såvel som for de enkelte sektorer, således at Folketinget og offentligheden kan følge, at reduktionerne sker som planlagt.
5. Den danske energiforsyning skal være fossilfri i 2030. Biomasse skal være lokalt, dansk produceret og anvendelsen holdes inden for et nærmere defineret, bæredygtigt niveau.
6. Transporten skal reduceres og omlægges til overvejende kollektiv transport. Transportsektoren skal inden 2030 omstilles til drivmidler, som kan indgå i en vedvarende energiforsyning, dvs. primært el. Brugen af flydende biobrændstoffer kan ikke indgå i omstillingen, da disse ikke kan regnes for bæredygtige hverken i klimamæssig eller miljømæssig forstand.
7. Det industrialiserede landbrug skal omlægges til økologiske driftsformer inden 2030. Landbruget skal være klimaneutralt senest 2050 forstået således, at udledninger af drivhusgasser fra landbrugets husdyrhold skal neutraliseres ved hjælp af dyrkningsmetoder, som medfører CO₂-optag i jorden. For at det kan blive muligt, skal landbrugets husdyrhold reduceres kraftigt, og Danmark skal være selvforsynende med foder.
8. Brugen af enhver form for drivhusgasser i den danske industri, hvad enten de indgår i produktionsfase eller i produkter skal være helt ophørt i 2030.
9. For at medvirke til på længere sigt at bringe atmosfærens koncentration af drivhusgasser ned under 350 ppm CO₂-ækvivalent skal CO₂-drænet øges ved hjælp af omfattende skovrejsning og en udlægning af større arealer med mose, eng og kystnære vådområder. Det opnåede CO₂-dræn må ikke modregnes i de fossile CO₂-udledninger. Det øgede naturareal tages fra de meget store landbrugsarealer, der i dag bruges til dyrkning af foderstoffer.
10. Danmark skal herudover forpligte sig til at assistere udviklingslande gennem overførsel af teknologi til og finansiering af opbygningen af vedvarende, bæredygtige energiforsyningssystemer. Disse midler må ikke modregnes i den ordinære udviklingshjælp. (ODA)

Klimaloven skal indeholde følgende hovedelementer:

- En beskrivelse af hovedstrukturen i det vedvarende energiforsyningssystem, der kræves for at sikre målopfyldelsen om en fossilfri energiforsyning i 2030.
- En beskrivelse af, hvilke strukturelle og institutionelle forandringer der skal sættes i værk her og nu og på sigt i form af en energihandlingsplan, en transporthandlingsplan og en landbrugs-handlingsplan med tilhørende lovinitiativer, nye retningslinjer for planlægning, øget tværsektoriel indsats inkl. en plan for ændret arealanvendelse.
- En beskrivelse af en incitamentsstruktur indeholdende målrettede,

langsigtede tilskud og afgifter samt en økologisk skattereform med øget vægt på beskatning af ressourcer og miljøskadelige stoffer og mindre beskatning af arbejdskraft.

- En beskrivelse af, hvordan klimaloven samtidig sikrer opfyldelse af Danmarks forpligtelser afledt af EU's klimapakke og en kommende international klimaaftale.
- En energisparelov til sikring af de nødvendige el- og varmebesparelser.
- En opdateret VE-lov til sikring af den nødvendige vedvarende energi gennem forskning, udvikling og demonstration samt en langsigtet tarifstruktur for alle typer VE.
- En finansieringsplan indeholdende en finansieringsfond, der kan tilvejebringe de nødvendige midler på de rette tidspunkter.
- En plan for ændring af subsidiestrukturen, så den ikke støtter den fossile sektor, CO₂-lagring eller biobrændstoffer til transportsektoren.
- Oplysning om og hjælp til adfærdsændringer hos den enkelte borger, husstand og virksomhed.
- En beskrivelse af, hvilke yderligere ændringer der kræves på andre lovområder, for at disse kan understøtte klimaloven.

9.2. Energihandlingsplan

Da det vil være meget omfattende at beskrive alle klimalovens hovedelementer, har vi valgt at præsentere en vifte af de nødvendige tiltag i form af en energihandlingsplan. Planen er altså ikke en komplet plan for de enkelte tiltag og deres iværksættelse, men mere en oversigt, der præsenterer nogle af de nødvendige værktøjer til en hurtig og koordineret omlægning af den danske energiforsyning, som klimaloven foreskriver.

De overordnede principper for en energihandlingsplan

Energiforsyningssystemet består af en lang række elementer, som skal fungere sammen for til enhver tid at kunne levere den energi, forbrugerne har brug for. I et system udelukkende baseret på vedvarende energi er der tale om mange flere elementer end i det nuværende, fossile baserede forsyningssystem.

Det er derfor af afgørende betydning, at alle disse fysisk set adskilte komponenter ses som et hele. Et energiforsyningssystem fungerer i princippet ligesom en bro. Alle delene skal passe sammen, de skal dimensioneres korrekt i forhold til hinanden, og de skal sættes sammen i den rigtige rækkefølge. Ellers risikerer man, at broen falder sammen, hvis det overhovedet lykkes at bygge den.

De vigtigste af de overordnede principper for omstilling til en vedvarende energiforsyning er følgende:

1. Energibesparelser og omstilling af energiforsyning skal tilpasses hinanden. Energibesparelser skal styres og i nogle tilfælde, f.eks. i fjernvarmeområder, planlægges, så de kan ske i takt med en

renovering og omlægning af fjernvarmenettet til lavtemperaturdrift. Dette er en nødvendighed for en effektiv udnyttelse af såvel den geotermiske energi som solenergi med sæsonlagring.

2. Omstillingen af elforsyningen skal koordineres med omstillingen af varmemforsyningen, så der hele tiden bliver udbygget med biomassefyret-, og brændselscelle-kraftvarme og de nødvendige varmepumper i et omfang, som kan give den nødvendige fleksibilitet i systemet.
3. En hurtig og grundlæggende omstilling af energiforsyningssystemet kan ikke ske på markedsøkonomiske betingelser. Alle dele skal hænge sammen, ellers falder de fra hinanden. Det er banalt, men det betyder, at man ikke bare kan udbygge med de elementer, som lige i øjeblikket er de billigste. Igen, hvis man sammenligner med en bro, så kan man ikke bygge den ved at begynde med de elementer, der er billigst. Tværtimod kan man være nødt til at begynde med de dyreste enkeltdele. Det samme gør sig gældende for et integreret energiforsyningssystem. Mange af delene i et vedvarende energiforsyningssystem kan måske ikke betale sig isoleret set, men de kan være afgørende for hele systemets funktionalitet. Derfor må økonomien ses som en helhed.
4. Samlet set betyder det, at en omlægning af energiforsyningen til vedvarende energi skal ske efter en samlet, overordnet plan, som inkluderer alle elementer fra styring og monitorering af energibesparelsetiltag, udbygning med de nødvendige vedvarende energikilder til omstilling af hele transportsektoren, i takt med at den fossile energiforsyning afvikles. En sådan plan må også omfatte en finansieringsplan for de samlede omkostninger.

9.3 Finansiering generelt

Grundprincippet må være, at hele omlægningen af energiforsyningssystemet skal finansieres via en overordnet finansieringsplan, således at ingen forbrugere bliver ramt specielt hårdt eller slipper specielt lempeligt, afhængigt af hvor store omkostningerne bliver i netop deres varmemforsyningsområde. Dette vil kræve, at der etableres en form for udligningsordning på tværs af varme- og elforsyningsselskaberne, så det undgås, at nogle forbrugere rammes uretfærdigt.

Finansieringskilder:

- Der oprettes centrale finansieringsfonde, hvorfra tilskudsmidler til energibesparende foranstaltninger og omlægning af energiforsyningen tages. Finansieringsfonden skal også tilføres tilstrækkelige midler til at kunne give tilskud til gennemførelse af energibesparende tiltag og vedvarende energi hos private og virksomheder.
- En stor del af indtægterne fra Nordsøolien går i finansieringsfonden.
- En stor del af energi- og CO₂-afgifterne tilføres finansieringsfon-

den. Energiafgifter på alle former for fossilt brændsel stiger progressivt og forudsigeligt igennem hele perioden.

9.4. Energipolitiske virkemidler

Energibesparelser, opvarmning:

- Der oprettes en varmesparefond på linje med den nuværende elsparefond. Varmesparefonden skal være ansvarlig for informationsindsatsen for energibesparelser på opvarmningsområdet. Fonden skal desuden administrere tilskud og rentefri lån til energirenovering.
- Alle boligejere, virksomheder m.m. skal kunne få gratis rådgivning om varmerenovering fra en energikonsulent.
- Bygningsreglementet skærpes, således at nyt byggeri fra 2010 skal opføres som lavenergibyggeri i klasse 1 og fra 2015 som passivhusstandard.
- Landsbyggefondens midler skal kunne bruges til energispareindsatser inden for socialt boligbyggeri.
- Det skal være muligt for kommunerne at stille skærpede krav til nybyggeri ud over de generelle krav i bygningsreglementet mht. passivhusstandard og etablering af solvarmeanlæg.
- Der indføres en differentieret ejendomsbeskatning, så ejendomsbeskatningen fra 2012 også tager hensyn til isoleringsstandarden, og boligejere ikke straffes økonomisk for at isolere udvendigt, fordi det giver et større bruttoareal.
- Ejere af udlejningsejendomme skal kunne pålægges at udføre energirenovering.

Energibesparelser, elforbrug

- Forbrugerinformation bl.a. med mærkning skal udbygges, så det omfatter alle apparater og er til stede ved alle købsituationer, i forretninger, på internettet osv.
- Normer for elapparater skal fjerne de dårligste apparater fra markedet (EU).
- Offentlig indkøbspolitik skal fremme afsætning af de bedste apparater.
- Forskning og udvikling i fleksibelt elforbrug i industri og husholdninger (intelligent forbrugsstyring) skal intensiveres.
- Med henblik på at fremme et fleksibelt elforbrug skal der stilles krav om, at gamle elmålere erstattes af intelligente målere, der f.eks. kan minut- og fjernaflæse samt registrere såvel forbrug som leverance af el til nettet f.eks. ved salg af el fra husstandes solceller, batterier eller vindmølle.

Energibesparelser i industrien

- Der oprettes en industrisparefond på linje med den nuværende elsparefond.
- Erhvervslivet skal pålægges brændselsafgifter, som tilbageføres 100 % til rådgivning og som tilskud til obligatoriske besparelser. Handel og service, let industri og landbrug skal have afgifter svarende til afgiften for privatforbrugere, mens tung, konkurren-

ceudsat industri skal have en afgift på mindst 10 % af afgiften for privatforbrugere, uanset om de er underlagt CO₂-kvoteordningen. Afgiften skal øges progressivt, så den til slut er på niveau med det øvrige afgiftsniveau.

- Erhvervslivet skal pålægges elafgifter, som tilbageføres 100 % til rådgivning og som tilskud til elbesparelser og vedvarende energi. Handel og service, let industri og landbrug skal have samme afgifter som privatforbrugere. Energitunge, konkurrenceudsatte virksomheder skal have en afgift på mindst 10 % af afgiften for privatforbrugere, uanset om de er underlagt CO₂-kvoteordningen. Afgiften skal øges progressivt, så den til slut er på niveau med det øvrige afgiftsniveau.
- El leveret fra egne, nettilsluttede VE-anlæg er afgiftsfritaget.

Omlægning af energiforsyningen

- Der skal etableres en forsknings- og udviklingsfond, som indeholder tilstrækkelige midler til videreudvikling og fuldskalademonstration af vedvarende energiteknologier og energisystemelementer herunder energilagringsteknologier og styringsteknologier.
- Der skal iværksættes såvel nationale som lokale varmeplaner, som udstikker rammerne for, hvordan varmebesparestiltag og renovering og udbygning af fjernvarmeforsyningen koordineres med en omlægning af varmeforsyningen til vedvarende energi og geotermisk energi.
- Der skal udarbejdes en detaljeret udbygningsplan for land- og havvindmøller med udpegning af egnede vindmølleplaceringer.
- Det skal hurtigt undersøges, hvilke områder der er de bedst egnede til varmeforsyning med geotermisk energi. Denne undersøgelse skal danne basis for en udbygningsplan, hvor områder, der i dag forsynes med kulfyret kraftvarme, skal prioriteres højest.
- Der skal etableres en udbygningsplan for udbygning med kollektive solvarmeanlæg og biomassekraftvarme i de områder, der ikke findes egnede til forsyning med geotermisk energi.
- Der udarbejdes retningslinjer for udbygning med solvarmeanlæg og solceller på offentlige bygninger.
- Der udarbejdes normer for varmeforsyning af bygninger uden for de kollektive forsyningssystemer.

9.5. Transporthandlingsplan

Klimaloven skal indeholde en handlingsplan for omlægning af transportsektoren til vedvarende energikilder og afskaffelse af fossile brændsler som foreskrevet i klimaloven. Transporthandlingsplanen skal dels indeholde en række virkemidler, der kan tjene til at nedsætte transportforbruget og flytte transporten fra individuelle til kollektive transportmidler, dels fastlægge en plan for omlægning af transportsystemet til drivmidler, som kan indpasses i et vedvarende energiforsyningssystem.

Overordnede principper i en transporthandlingsplan:

1. Transportforbruget skal nedsættes ved hjælp af:
 - a. Lands-, regional- og byplanlægning:
 - Kommuneplaner bør understøtte byfortætning frem for byspredning. Der skal samtidig stilles krav til kommunerne om, at de skal sikre offentlig transport inden for en minimumsafstand fra tæt bebyggelse.
 - Infrastrukturen skal omlægges, så transportafstande til offentlige kontorer og institutioner og indkøbscentre gøres så små som muligt. Dette indebærer bl.a., at den nuværende tendens til en stigende centralisering skal vendes til en decentralisering. Offentlig service og indkøbsmuligheder skal placeres i nær tilslutning til offentlige transportmuligheder.
 - b. Økonomiske virkemidler som betalingsringe uden om de større byer, afskaffelse af transportfradrag og forøgelse af afgifter på fossile brændstoffer.
 - c. En kraftig og vedholdende informationsindsats.
 - d. Virkemidler, som primært retter sig imod en begrænsning af personbiltransporten, samt tiltag, der gør det mere attraktivt at bruge cykel over kortere afstande, for eksempel ved nedklassificering af veje fra trafikveje til ensrettede fordelingsveje, sivegader og gågader og samtidig udvidelse af cykelstinet.
2. Den individuelle biltransport skal så vidt muligt flyttes til kollektive transportmidler som busser, letbaner og tog. Dette skal primært ske ved at gøre den individuelle transport mindre attraktiv ved hjælp af afgifter og ved gennem billiggørelse og højnelse af kvaliteten at gøre den kollektive transport mere attraktiv. Indenlandsk godstransport skal også så vidt muligt omlægges til bane-transport. Indenlandsk flytrafik skal helt afskaffes inden 2030.
3. Der skal udarbejdes en handlingsplan for omstilling af transportsektoren til ikke-fossile drivmidler, dvs. først og fremmest el og i mindre omfang brint.

Trafikpolitiske virkemidler:

Nedsættelse af transportforbrug og energiforbrug

- Registreringsafgiften for biler differentieres, så de mest energiøkonomiske køretøjer slipper med samme afgiftsniveau som i dag, mens de mest energiforbrugende biler får højere afgift.
- Registreringsafgiften på elbiler ophæves i en overgangsperiode og sættes derefter gradvist op, i takt med at den kollektive trafik udbygges.
- Afskrivningsregler differentieres, så kun de mest energiøkonomiske biler kan afskrives som i dag, mens mere energiforbrugende biler kan afskrives mindre.
- Der indføres betalingsringe ved de største byer. Alle indtægter fra afgifterne bruges til udbygning af den kollektive trafik.
- Transportfradraget nedtrappes til nul over en 10-årig periode.

- Benzin- og dieselaafgiften hæves med 1 kr. årligt.
- Der indføres et stop for alle nye motorvejsprojekter. De afsatte midler overføres til udbygning af den kollektive transport.
- Hastigheden på motorveje sænkes til 100 km/t, hvor den i dag er 130 km/t, og til 90 km/t, hvor den i dag er 110 km/t.
- Der foranstalles længerevarende kampagner for at fremme cyklisme og kollektiv transport.
- Som et led i en sådan kampagne momsfrtages cykler, herunder også cykler med elhjælpeomotor.
- Taksten i den kollektive trafik halveres, så det bliver økonomisk overkommeligt og fordelagtigt at bruge den.

Omlægning af transportsystemet som helhed

- Gang og cyklisme i byerne fremmes ved at prioritere anlæg af gode fodgængerarealer og cykelstier. Der skal skabes hurtige cykelruter adskilt fra biltrafikken. Der skal skabes langt bedre parkeringsmuligheder for cykler.
- Der skal være lovkrav om bredere cykelstier i byerne for at øge fremkommeligheden for et stigende antal cyklister samt trehjulede, bredere cykler.
- Til gengæld skal biltrafik i byerne hæmmes ved at indskrænke den del af vejbanen, der er reserveret bilister, og til gengæld skabe plads til busser, letbaner og cykelstier. Dele af vejnettet i byerne skal i stigende omfang nedklassificeres og evt. lukkes for bilisme til fordel for kollektiv transport og cykler.
- Der skal etableres cykelstier mellem alle danske byer.
- Der skal laves en langsigtet investeringsplan for forbedring af det eksisterende jernbaneanet, elektrificering af jernbaneanettet, forbedret godstransport med godsterminaler i byer og havne, letbaner i større byer og forbedret bustrafik bl.a. med telebusser i yderområder.
- Der skal afsættes midler til forskning i forbedrede kollektive transportmidler, specielt med henblik på at betjene tyndere befolkede områder.
- Der bygges letbaneanet med en god fladedækning i første omgang i Storkøbenhavn og Århus. Muligheden for at bygge letbaner i Odense, Aalborg og andre større byer skal undersøges.
- Der skal hurtigst skabes standarder for elbiler med henblik på en udbygning af et landsdækkende servicenet.
- Udbygningen med eldrevne køretøjer skal koordineres med indsatsen for elbesparelser i andre sektorer samt udbygningen med vedvarende energi, så det sikres, at et evt. merforbrug ikke vil medføre en øget fossilt baseret elproduktion.
- Benzin- og dieseldrevne biler, lastbiler og busser skal helt forbydes fra 2030.

NOAH har på baggrund af en skitse udarbejdet af professor, dr. jur. Ellen Margrethe Basse, formand for Aarhus Universitets klimapanel og leder af Klimasekretariatet udarbejdet et konkret forslag til en klimalov. Denne kan findes på: <http://www.klima-sos.dk/> og <http://www.klima-sos.dk/Udkast-til-Klimalov-NOAH-26-3-2010-ende-lig.pdf>

Energienheder

1 kJ (kilo Joule) = 1.000 J (10^3 Joule)
1 MJ (mega Joule) = 1.000 kJ (10^6 Joule)
1 GJ (giga Joule) = 1.000 MJ (10^9 Joule)
1 TJ (tera Joule) = 1.000 GJ (10^{12} Joule)
1 PJ (peta Joule) = 1.000 TJ (10^{15} Joule)

1 kWh (kilowatt-time) = 3.600 kJ = 3,6 MJ
1 TWh = 3,6 PJ

1 tønne olie (1 barrel) = 158 liter

Kender du NOAH?

- NOAH arbejder for at forbedre det levende miljø ved aktivt at bekæmpe miljødelæggelsen og dens årsager – og anviser alternativer.
- NOAH arbejder med miljøpolitik, men er uafhængig af partipolitiske interesser.
- NOAH arbejder internationalt. NOAH er det danske medlem af det verdensomspændende miljønetværk, Friends of the Earth International (FoEI), med medlemsorganisationer i mere end 70 lande.
- NOAH's Forlag udgiver bøger om miljø, skrevet af fagligt kompetente forfattere med holdning til miljøspørgsmål. Forlagets formål er at skabe debat og udbrede viden om miljø.
- NOAH's blad Miljøsk udkommer fire gange om året. Bladet bringer saglige artikler om aktuelle miljøspørgsmål, og det holder dig ajour med miljødebatten.
- NOAH's Venner er en kreds af mennesker, som sympatiserer med NOAH og følger NOAH's arbejde. NOAH's Venner modtager cirka 10 elektroniske nyhedsbreve om året.
- NOAH's Støttekreds er en kreds af mennesker, som støtter NOAH's arbejde økonomisk. Støtter du os med 200 kr. eller mere om året, bliver du optaget i støttekredsen.

