

HVORDAN SIKRER VI BÆREDYGTIG ENERGI INDEN 2050
— OG HVAD SKER DER, HVIS VI IKKE GØR?



DEN STORE ENERGIOMSTILLING



DET ØKOLOGISKE RÅD
Fremtidens miljø skabes i dag



Den Store Energiomstilling

ISBN: 987-87-92044-70-9

Tekst: Ulla Skovsbøl, Trine Seidelin Hagen, Christian Jarby og Søren Dyck-Madsen

Film: Helle Toft-Jensen, Spor Media

Design & fotocollager: Birgitte Fjord | Grafisk design

Fotos: Forside: chokkicx, Clicknique, brainmaster / Side 2: Warchi / Side 4-5: Kerstin Waurick, stills fra filmene Den Store Energiomstilling og Greenpeace's The Vicious Circle / Side 7: Sasha Radosavljevic, John E. Jacobsen - Scanpix Danmark / Side 13: Warchi, Clicknique / Side 21: Shell Eco-marathon / Side 23: instamatics, Clicknique / Side 24: instamatics / Side 29: Anders Hviid, European Union 2014 - European Parliament, Clicknique / Side 30: European Union 2014 - European Parliament.

Udgivet af Det Økologiske Råd

Det Økologiske Råd er en uafhængig miljøorganisation, som arbejder på at udvikle nye og bæredygtige veje til et bedre miljø og klima. Det Økologiske Råds aktiviteter finansieres af støttebidrag, medlemsindtægter og projektmidler fra fonde.

Denne publikation er udgivet med støtte fra Energifonden og Undervisningsministeriets Tips & Lottomidler.



Publikationen kan downloades gratis via Det Økologiske Råds webshop på www.ecocouncil.dk og www.energiomstilling.dk



Det Økologiske Råd
Blegdamsvej 4B
DK-2200 Copenhagen N

Tel. +45 3315 0977
email: info@ecocouncil.dk
web: www.ecocouncil.dk

Indholdsfortegnelse

4	Hvor kommer energien fra i 2050?
6	Hvorfor skal vi ændre energisystemet?
11	Hvordan kan omstillingen ske?
20	Udfordringerne ved omstilling af energisystemet
26	Energiomstilling og klimapolitik
29	Tænk efter og diskuter
30	Læs mere

HVOR KOMMER ENERGIEN FRA I 2050?

Et hamsterhjul, hvor man producerer energi, mens man løbetræner. Grøn energi fra en biohybridsolcelle. Marker med gummikorn, som genererer bevægelsesenergi, når vinden bølger gennem det. Ideerne var mange og fantasifulde, da 1. HTX-eleverne på teknisk gymnasium på EUC Syd i Sønderborg i efteråret 2013 deltog i konkurrencen *Future Energy Challenge* og blev bedt om deres bud på teknologier, der kan være med til at gøre Danmark til et fossilfrit samfund i 2050.

Deres arbejde i værkstederne og ved computerne blev fulgt af Det Økologiske Råd, og det er blevet til filmen *Den Store Energiomstilling*, som hører sammen med dette hæfte.

Det er ikke nemt at forestille sig, hvad energiomstillingen kommer til at betyde for samfundet som helhed, og 2050 er så langt ude i fremtiden, at det kan være svært at danne sig billeder af, hvordan hverdagslivet vil se ud til den tid. Men undervejs i forløbet fik HTX'erne i Sønderborg hul igennem til daværende klima- og energiminister Martin Lidegaard via Skype, så de kunne stille ham nogle af alle de spørgsmål, de selv baksede med: Hvorfor er det vigtigt, at vi slipper af med de fossile brændstoffer? Tror du, vi kan klare os med vedvarende energi her i Danmark? Får vi lige så fede biler og samme velfærd uden fossile brændsler? Og kan vi virkelig nå det inden 2050?

I filmen svarer ministeren på spørgsmålene, dommere fra Syddansk Universitet udpeger den mest lovende teknologi blandt elevernes mange fantasifulde bud, og eleverne reflekterer selv over, hvad de egentlig har fået ud af at være med i konkurrencen. Her i hæftet giver Det Økologiske Råd nogle lidt mere realistiske bud på, hvad det kræver af energieffektivisering, ændringer i forsyningsnettet og sammensætningen af energikilder at gøre energiforsyningen fossilfri.

Den Store Energiomstilling skal inspirere lærere og elever på de gymnasiale uddannelser til at arbejde med temaet – især i fag som fysik og innovation, men også i f.eks. samfundsfag, naturgeografi og teknologi.

Den Store Energiomstilling kan ses på YouTube og på www.energiomstilling.dk, hvor der også ligger andet inspirationsmateriale til undervisning i bæredygtig energiomstilling.



HTX'erne fra Sønderborg kom igennem på Skype til klimaministeren med deres mange spørgsmål om den store energiomstilling.



I konkurrencen Future Energy Challenge kæmper elever fra ungdomsuddannelserne i Sønderborg Kommune om, hvem der kan udtænke de mest innovative bud på fremtidens energiteknologi.





**Hvorfor skal vi
ændre energi-
systemet?**

DEN STORE UDFORDRING ER AT REDUCERE ENERGIFORBRUGET OG SIKRE ENERGI NOK TIL, AT SAMFUNDET KAN FUNGERE UDEN AT KLIMAET KOLLAPSER.

I Danmark er der bred politisk enighed om, at vi skal omstille vores energisystem, så vi bliver uafhængige af fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas og i stedet dække energibehovet med vedvarende og fornybare energikilder.

Det er der tre vigtige årsager til:

- Hensynet til det globale klima
- Hensynet til forsyningssikkerheden
- Behovet for grøn og bæredygtig vækst

Klimakrisen

Hele menneskeheden står overfor kæmpemæssige udfordringer i de kommende årtier på grund af de globale klimaforandringer. FN's klimapanel IPCC fastslår, at menneskene allerede har forandret klodens klima, og at vi kommer til at opleve endnu mere omfattende klimaforandringer i de kommende årtier.

IPCC ER FN'S KLIMAPANEL

- **the Intergovernmental Panel** on Climate Change blev stiftet i 1988 for at understøtte FN's klimakonvention. Formålet med IPCC er at fremskaffe videnskabeligt baseret viden om klimaændringer og deres potentielle miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser. IPCC udgiver rapporter, som samler og vurderer den videnskabelige viden om klimaændringer og klimatilpasning, men udfører ikke selv forskning. IPCC's arbejde bliver brugt af politikere verden over, men IPCC kommer ikke selv med politiske anbefalinger.

Kilde: <http://www.dmi.dk/laer-om/temaer/klima/ipcc-femte-hovedrapport/>

Den vigtigste årsag er et stigende indhold af drivhusgasser i jordens atmosfære, først og fremmest CO₂ fra afbrænding af fossile brændstoffer. Drivhusgasserne

i atmosfæren bremser udstrålingen af varmen fra jorden til rummet, og derfor stiger temperaturen på jorden. Effekten af drivhusgasserne er meget langvarig, og når først gasserne er i atmosfæren, bliver de der typisk fra 100 til mere end 1000 år.

Hvis vi vil bremse klimaforandringerne, skal udledningen af drivhusgasser toppe inden for de nærmeste få år og derefter falde kraftigt. Lykkes det ikke, kan de børn, som bliver født nu, risikere at opleve en global opvarmning på 3 til 6 grader i gennemsnit ved udgangen af dette århundrede. Det lyder måske ikke af meget, men opvarmningen er ikke jævnt fordelt. Over de store have og i nogle dele af verden vil gennemsnitstemperaturen stige mindre eller måske ligefrem falde, mens der i langt de fleste områder vil være voldsomme stigninger. Klimaforandringerne vil med stor sikkerhed føre til havstigninger, mere tørke, flere oversvømmelser og mere voldsomt vejr rundt om i verden. Det vil true fødevarereproduktionen og reducere de dyrkbare arealer, som skal brødføde en verdensbefolkning, der samtidig forventes at vokse fra 6 mia. mennesker i dag til 9 mia. i 2050. Klodens ressourcer kommer under alvorligt pres, fordi behovet for energi, vand, mad og landbrugsjord vil blive større. Sammen med de problemer, klimaforandringerne skaber, betyder det en øget risiko for krige og konflikter.

HVAD ER FOSSILE BRÆNDSLER?

Undergrundens enorme lager af kul, naturgas og olie er skabt af kulstof fra planter og mikroorganismer, som gennem millioner af år er blevet omdannet til uorganiske kulbrinter. Ved at udnytte dette lager af fossile brændsler til energi har menneskene skabt enorm vækst i mobilitet, forbrug og velstand i de seneste 200 år. Men afbrændingen af fossile brændsler fører til udledning af CO₂ - en drivhusgas, som er den væsentligste årsag til klimaforandringerne.

Hvis vi ikke gør noget for at bremse klimaforandringerne, vil vi i vores levetid opleve alvorlige problemer, og vores efterkommere vil stå over for endnu alvorligere udfordringer. Derfor er det afgørende, at energiforsyningen hurtigst muligt bliver uafhængig af de fossile energikilder.

Forsyningssikkerhed

DEFINITION AF FORSYNINGSSIKKERHED:

Sandsynligheden for at der er energitjenester til rådighed til konkurrencedygtige priser, når de efterspørges af forbrugerne - uden at landet bringes i et uhensigtsmæssigt afhængighedsforhold til andre lande.

Kilde: Klima- og Energiministeriet

Klima- og energipolitik bliver tit forbundet med sikkerhed. Det skyldes først og fremmest, at et lands stabilitet er truet, hvis energiforsyningen svigter eller er for ustabil. Hvis man er afhængig af at importere energien fra få eller ustabile lande, er der også stor risiko for problemer med leverancerne. Resultatet er lav forsyningssikkerhed.

EU-landene råder kun over ca. 1 pct. af verdens kendte oliereserver, 2 pct. af naturgassen og 7 pct. af kullene. Derfor bliver mere end halvdelen af EU's energiforbrug i dag dækket via import. Andelen forventes at stige til 65 pct. i 2030, hvis den nuværende udvikling får lov at fortsætte, og det vil begrænse EU's selvstændige handlemuligheder både økonomisk og politisk. EU er i stigende grad blevet afhængig af fossile brændsler, især naturgas fra Rusland. Derfor er der stor risiko for, at energiforsyning kan blive påvirket af konflikter mellem EU og Rusland eller mellem Rusland og de lande, som gassen transporteres gennem. Det har konflikten i Ukraine i høj grad aktualiseret. Men det er ikke kun gasleverancerne, som kan blive truet af konflikt. En stor del af olieforbruget i EU dækkes også af import fra Rusland og fra lande i Mellemøsten, som er politisk ustabile eller nemt kan blive det. Det kan gøre energiforsyningen usikker, både hvad angår pris og mængde. Den danske situation er noget anderledes, fordi Danmark som det eneste EU-land indtil fornylig var nettoeksportør af fossil energi i form af olie og naturgas.

I 1966 blev der for første gang fundet olie i den danske del af Nordsøen, og en egentlig olieproduktion begyndte i 1972. Danmark blev et olieeksporterende land, og var fra 1996 selvforsynende med energi. Hovedparten af olien fra den danske undergrund bliver solgt på de internationale markeder, og eksporten er til gavn både for statens skatteindtægter og for handels- og betalingsbalancen.

Ressourcerne i Nordsøen er dog ikke udtømmelige. Den danske olie- og naturgasproduktion har toppet og er nu for nedadgående. Siden 2004 er selvforsyningsgraden faldet, fordi gas- og olieproduktionen falder, og i 2013 brugte vi for første gang siden 1996 mere energi, end vi selv kunne producere.

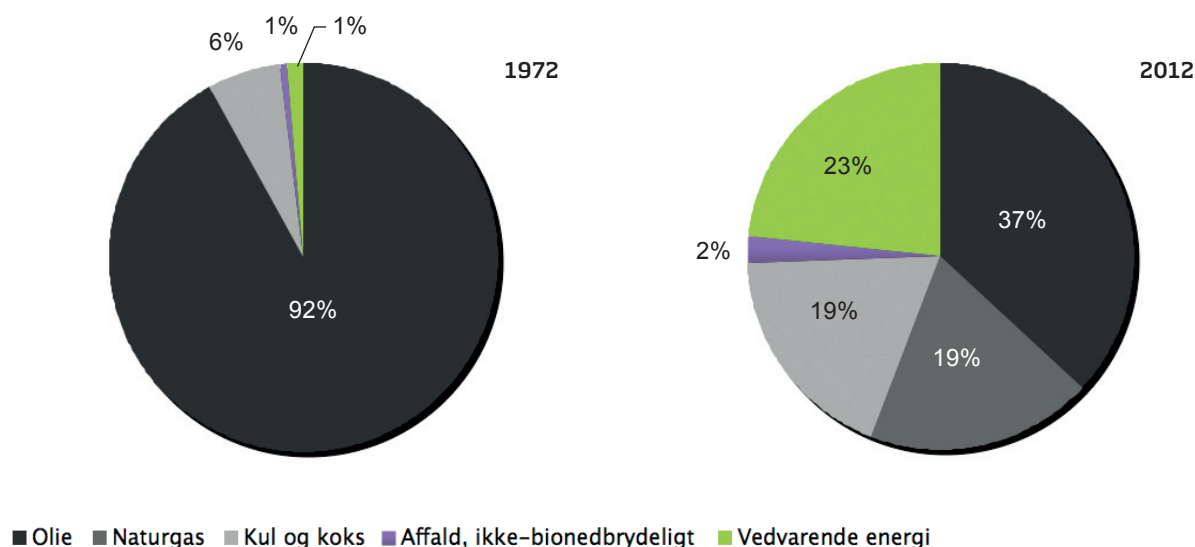
Oliekrisen i 1970'erne

Mange danskere kan huske, hvor galt det kan gå, når man er afhængig af import af energi fra urolige egne af verden. Under Oktoberkrigen mellem Israel, Syrien og Egypten i 1973 besluttede de olieproducerende lande i Mellemøsten at hæve olieprisen og skære ned på produktionen for at lægge pres på Israels venner i Vesten. De tredoblede derfor olieprisen i løbet af få måneder, og det fik alvorlige følger. I begyndelsen af 1970'erne dækkede importeret olie ca. 90 pct. af den danske energiforsyning, og Danmark blev derfor ramt meget hårdt af prisstigningerne. Mange folk lukkede størstedelen af deres huse ned og henlagde familiens liv til nogle få opvarmede rum, og i elleve uger var det forbudt at køre i privatbil om søndagen.

Oliekrisen kom som et chok for de fleste danskere og satte skub i en forandringsproces, der meget ligner den, vi står overfor i dag. Det blev pludselig populært at spare på energien og at reducere energispild over alt - både i virksomheder, institutioner og private hjem. Det lykkedes at reducere varmemeforbruget i danske boliger med 25 pct. på bare fire år, og bagefter fortsatte forbruget per kvadratmeter med at falde. Resultatet er, at det samlede danske energiforbrug har ligget nogenlunde fast siden 1980, selv om Danmark i samme periode har haft en økonomisk vækst på 78 pct. Normalt fører økonomisk vækst til større energiforbrug. En del af den gunstige udvikling i Danmark skyldes dog, at meget industriproduktion er nedlagt, og at vi i stedet køber industrivarer fra Asien. Man kan derfor sige, at vi har eksporteret noget af vores CO₂-belastning til andre lande.

I 1979 ramte en ny oliekrise. Den blev udløst af revolutionen og magtskiftet i Iran, hvor den vestligt orienterede shah blev væltet, og Ayatollah Khomeinis religiøse

FIG. 1. ENERGIKILDERNES ANDEL AF ENERGIFORBRUGET 1972 OG 2012



Kilde: Energistyrelsens energistatistik 2013

og anti-vestlige styre kom til magten. De to oliekriser i henholdsvis 1973 og 1979 var årsag til, at den danske energiforsyning blev omlagt til kul, som er billigere end olie, og som kan importeres fra mange forskellige lande. Danmark skulle ikke længere være så afhængig af lande, der kan finde på at bruge olien som våben. Det førte til, at oliens andel af energiforsyningen faldt fra 92 pct. af det samlede forbrug i 1972 til 37 pct. i 2012, hvoraf langt størsteparten bruges til transport.

Verdens kulreserver er større og mere tilgængelige end olien, men kul er til gengæld endnu værre for klimaet. Kul er det fossile brændsel, som udleder mest CO₂ ved afbrænding. I årenes løb har naturgas og vedvarende energi derfor i stigende grad erstattet kul, og i dag udgør de andre tre energikilder nogenlunde lige store andele af det resterende energiforbrug.

Oliekrisen førte ikke kun til ændring i energiforsynings sammensætning, den førte også til, at de store el-værker blev ombygget til kraft-varmeværker, som både producerer el og varme. Derved kan de udnytte, spildvarmen fra el-produktionen, som før gik tabt. Denne omlægning er stadig en af de vigtigste ændringer i dansk energiproduktion siden oliekrisen.

Grøn vækst

I Danmark førte oliekriserne til en stor interesse for vedvarende energi. I første omgang var det græs-rødder og små smedemestre, der eksperimenterede med vindmøller og solvarmeanlæg i nogle tilfælde med hjælp fra engagerede studerende, ingeniører og andre med teknisk ekspertise. Senere kom der en række politiske initiativer i form af rammelovgivning, økonomiske incitamenter som støtteordninger til energibesparelser og vedvarende energi og afgifter på fossile brændsler. Der blev gennemført langsigtet varmeplanlægning i alle kommuner og afsat midler til forskning og udvikling på energiområdet.

Danske virksomheder har derfor siden 1970'erne udviklet teknologiske løsninger inden for energibesparelser og vedvarende energi, som gør Danmark til et af verdens førende lande inden for energiteknologi. Det gælder for vindmøller, energivenlige pumper, termostater, isoleringsmaterialer, fjernvarmeteknologi, kollektive solvarmeanlæg og ikke mindst viden om, hvordan man får alle elementerne til at spille sammen i et intelligent energisystem. Denne førerposition bidrager væsentligt til dansk økonomi med arbejdspladser og eksportindtægter. Dansk eksport af grøn energiteknologi er i perioden 2002-2012 vokset fra 6,9 til 32,5 mia.

kr. i 2012 og udgør nu mere end 5 pct. af Danmarks samlede vareeksport, hvilket er en suveræn EU-rekord.

Førerpositionen kan tilskrives folkeligt engagement, en stor indsats inden for forskning og udvikling, politisk fastsatte krav og standarder og en ambitiøs klima- og energipolitik. En lang række andre lande verden over er dog også begyndt at satse på udvikling af teknologiske løsninger inden for vedvarende energi og energieffektivitet. Hvis Danmark fortsat vil være international rollemodel, kræver det derfor, at vi skærper de klima- og energipolitiske ambitioner og ikke er bange for at regulere og stille krav til erhvervslivet og borgerne. Det er også nødvendigt, at vi selv bruger teknologierne i Danmark, så vi har et udstillingsvindue til de udenlandske kunder.

Et samfund med lav udledning

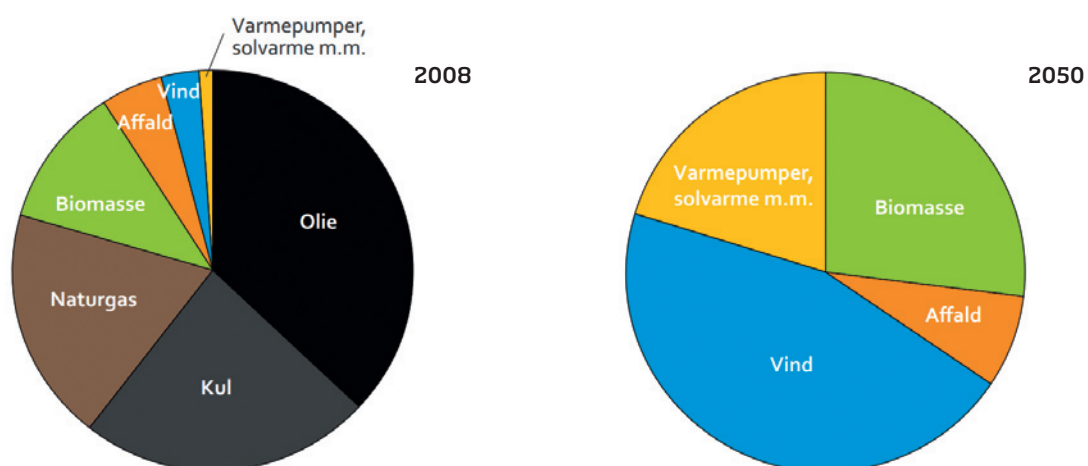
For at Danmark kan blive uafhængigt af fossile brændsler og udlede et minimum af drivhusgasser, skal energiforsyningen omlægges til vedvarende energikilder, og energien skal udnyttes langt mere effektivt end i dag. Det er krævende, og det koster penge, men der er også store fordele og økonomiske gevinster ved en grøn omstilling. I 2010 fastslog Klimakommissionen,

at det er muligt at gøre energiforsyningen fossilfri i 2050 for en beskeden samfundsøkonomisk merpris. Klimakommissionen havde endda ikke indregnet den økonomiske værdi af bedre sundhed som følge af mindre luftforurening. Hvis man gør det, bliver den grønne omstilling en bedre forretning rent samfundsøkonomisk end at fortsætte med de fossile brændsler.

FORDELE VED GRØN OMSTILLING

- Vi skal ikke bruge penge til køb af kul, olie og gas.
- Vi kan reducere udledningen af drivhusgasser med mere end 80 pct.
- Vi kan skabe flere danske arbejdspladser.
- Vi vil spare på udgifter til sundhedsvæsenet, fordi luften bliver renere og dermed sundere.
- Vi får højere produktivitet på arbejdspladserne og bedre indlæring og trivsel i skoler og institutioner i energieffektive bygninger med bedre dagslys og indeklima.
- Vi vil spare på ressourcerne og skåne det globale økosystem.

FIG. 2 ENERGIKILDER I 2008 OG MULIG FORDELING AF ENERGIKILDER I 2050



Kilde: Klimakommissionen, 2010¹.

1 Kilde: "Grøn Energi - Vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændsler. Sammenfatning af Klimakommissionens overvejelser, resultater og anbefalinger". Klimakommissionen, 28. september 2010



**Hvordan kan
omstillingen ske?**

VI SKAL SPARE PÅ ENERGIEEN, UDNYTTE DEN SÅ EFFEKTIVT SOM MULIGT OG BRUGE VEDVARENDE ENERGI PÅ EN SMART OG BÆREDYGTIG MÅDE.

Den fossile energi har i mange år været relativt billig, alternativerne har i de fleste tilfælde ikke været tilstrækkeligt udviklede eller økonomisk rentable, og vi har ikke bekymret os meget om klimaet. Det er ved at ændre sig nu, og det står i stigende grad klart, at vi er nødt til at omstille energisystemet grundlæggende. Der er store samfundsøkonomiske muligheder og konsekvenser forbundet med omstillingen, og derfor vil det være klogt at finde de mest effektive midler til at nå målet. Der er tre centrale elementer i grøn omstilling:

- Mindre energispild og bedre energieffektivitet
- Bedre udnyttelsen af de mest rentable former for vedvarende energi
- Bedre udnyttelse af bæredygtige biobrændsler

Effektiv udnyttelse af energien

Den bedste og billigste vej til en højere andel af vedvarende energi er at spare på energien og anvende mere energieffektiv teknologi, så det samlede forbrug bliver mindre. Med de teknologier, som allerede findes, kan vi halvere energiforbruget, uden at det går ud over samfundsøkonomi, produktion eller velfærd. Selv om vi i mange år har arbejdet med at reducere energiforbruget, så er der stadig masser af muligheder for at nå endnu længere med besparelser.

FIG. 3 ENERGISYSTEMET I 2050

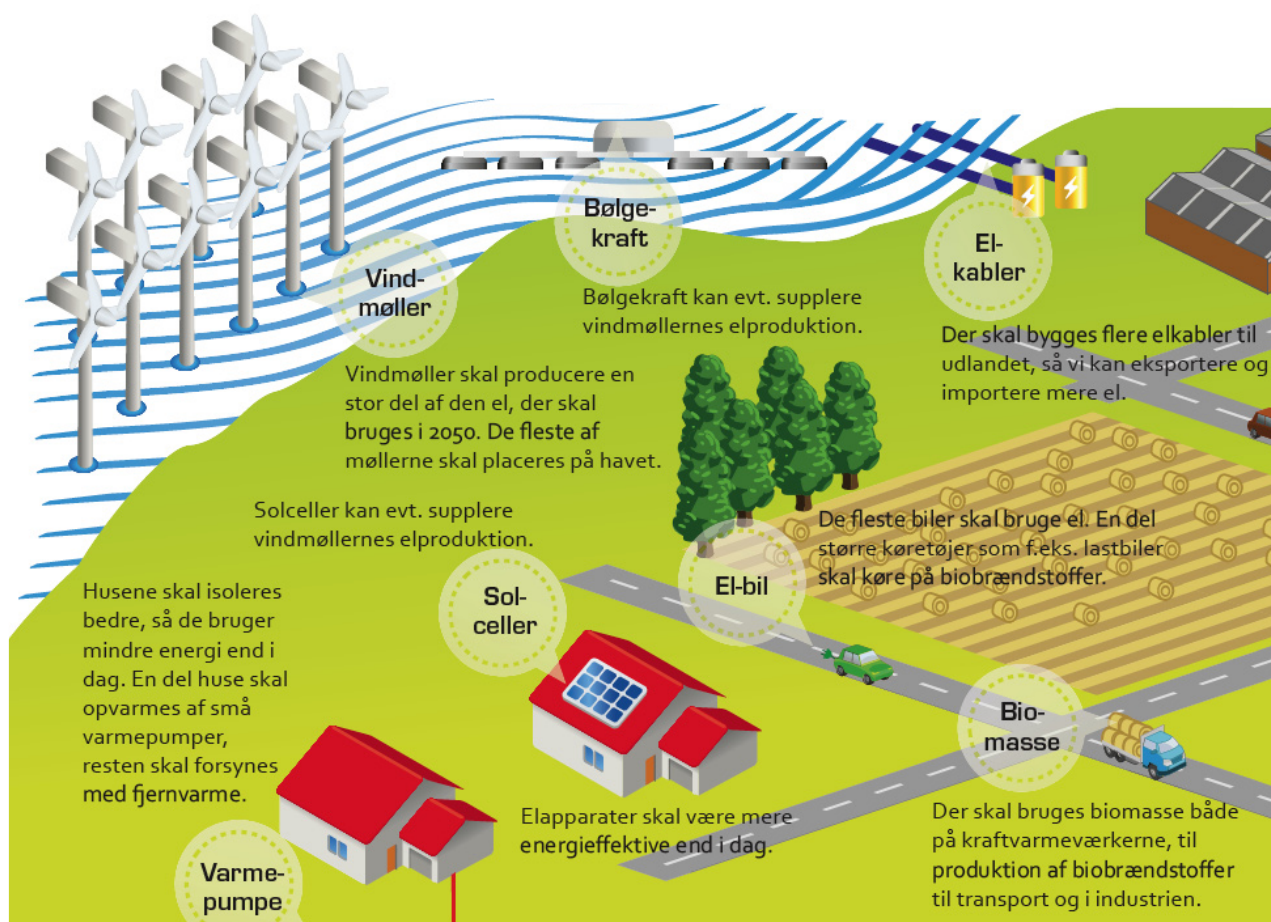
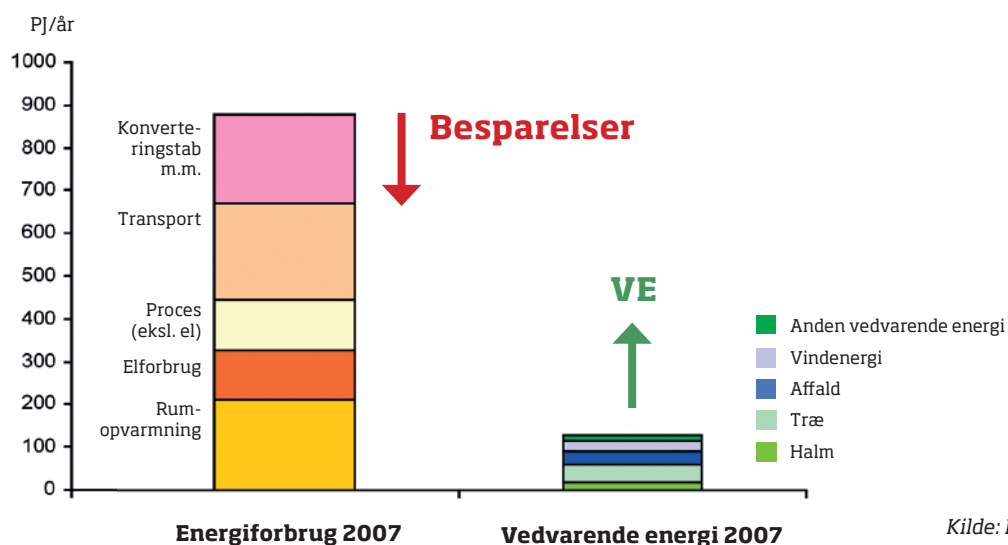


FIG. 4 EN DOBBELTØVELSE: REDUCERE ENERGIFORBRUGET OG ØGE MÆNGDEN AF VEDVARENDE ENERGI

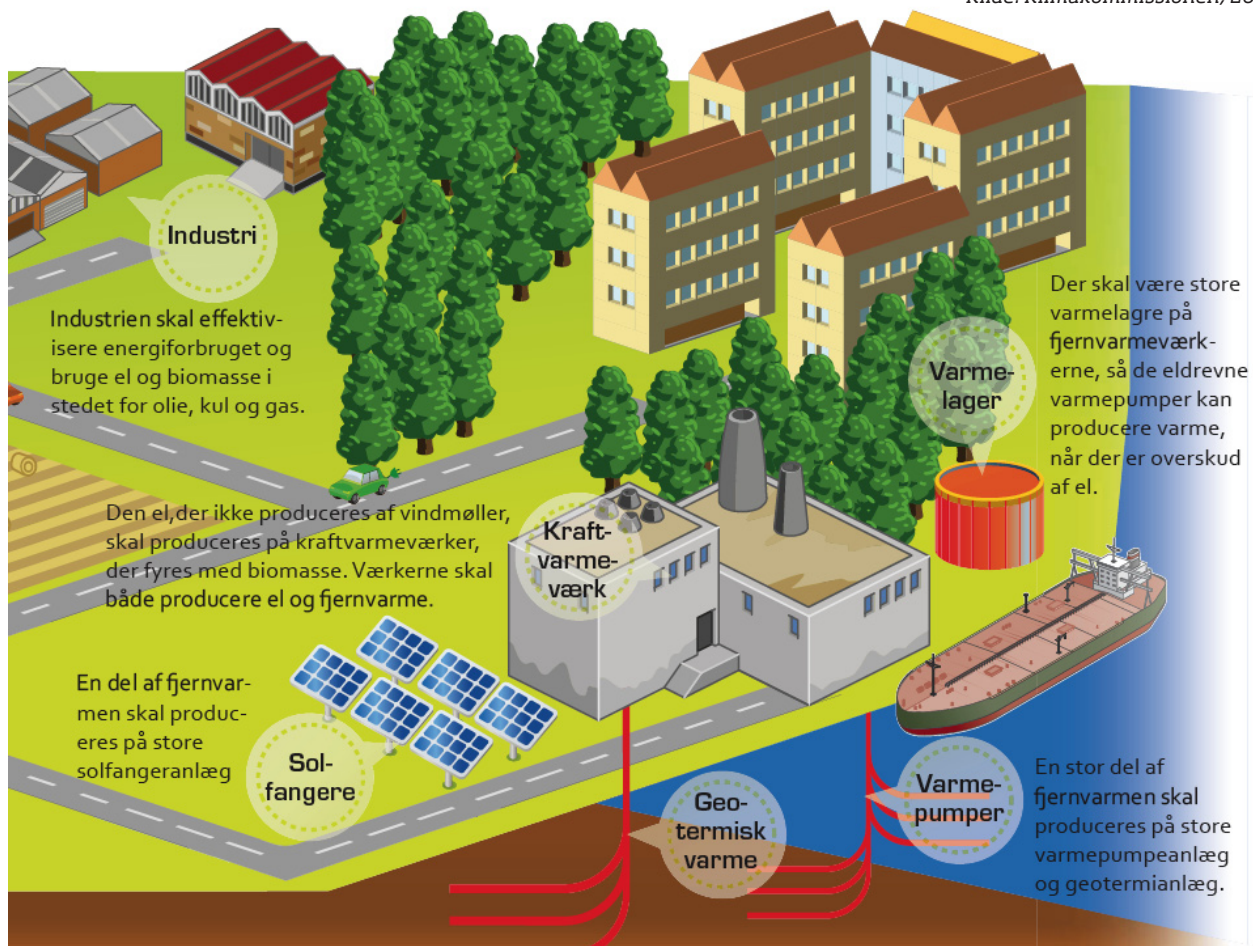


Hver gang vi reducerer behovet med én kW, vil vindmølleparker, solcelleanlæg og andre former for vedvarende energi automatisk komme til at udgøre en større andel af det samlede energiforbrug. Derfor er det afgørende, at vi skærer ned på energiforbruget, også

selv om vi gradvist udfaser de fossile brændsler. Energifbesparelser og effektiviseringer kan opnås på mange måder f.eks. ved mere effektiv belysning, isolering og bedre byggematerialer, som fører til mindre varmeforbrug, mere brændstoføkonomiske biler osv. Her tæller

...ENERGISYSTEMET I 2050, FORTSAT:

Kilde: Klimakommissionen, 2010



alle de små bidrag, som ikke hver for sig betyder det helt store, men som samlet giver et væsentligt fald i energiforbruget.

Energimærkning

Omkring 80 pct. af et produkts samlede miljøbelastning bliver fastlagt i designfasen. EU har derfor indført regler for "eco-design." Reglerne omfatter minimumskrav til produkternes miljøbelastning og fjerner de mindst energieffektive fra markedet, så forbrugerne aldrig ser dem på hylderne. Der er eco-designkrav til f.eks. pumper, lamper, ovne, køleskabe, fryser, værktøjsmaskiner og meget andet.

Men at fjerne de ringeste produkter fra markedet gør det ikke alene, for der er stadig stor forskel på de tilfaldte produkter. Forbrugerne skal derfor også have mulighed for at vælge de bedste produkter, og det kræver en mærkningsordning.

EU-landene har fælles regler for energimærkning, som allerede nu gør det nemt at sammenligne produkter og vælge de mest energivenlige. Flere vigtige produkter, som bruger strøm, skal mærkes med bogstaver fra A til G, hvor de mest energieffektive ligger i klassen A+++ . Mærkningen har vist sig at have stor indflydelse på, hvilke hårde hvidevarer og andre energiforbrugende apparater, folk køber. Man sparer penge set over produktets levetid ved at købe energieffektive produkter, og miljøet bliver sparet for CO₂-udledning.

FJERNSYNET ER EN ENERGISLUGER

Fjernsynet er en stor kilde til energispild. Vores tv kører tit, uden at nogen ser på det, og det sluger både energi og penge. Mange vil gerne have et stort fjernsyn, men jo større skærmen er, jo mere energi bruger den. Ældre fjernsyn bruger særligt meget energi, og derfor kan man spare penge til strøm ved at købe et nyt fjernsyn med energimærke A+ eller A++ . Desuden har de nye fjernsyn indstillinger, som kan nedsætte energiforbruget f. eks. lysniveau, quick-start og standbyfunktioner ².

Hvis alle danske hjem har deres fjernsyn på konstant standby, bruger de samlet set energi for 234 mio. kr. årligt, uden at der kommer andet ud af det end en lysende standbyknop ³.

BEDRE BOLIGER – MINDRE ENERGIFORBRUG

Vi bruger varme i vores bygninger, når det er koldt udenfor. Det giver umiddelbart god mening, men en del af forbruget er overflødig og skyldes, at mange huse er for dårligt isoleret, vinduerne gamle og utætte, og varmesystemet anvendes forkert.

I Danmark har vi et krav om energimærkning af bygninger. Når man skal sælge sit hus, har man pligt til at få lavet en energimærkningsrapport, hvori husets isoleringsstandard er beskrevet. På den måde kan køberen danne sig et indtryk af, hvad man kan gøre for at spare på varmen, og hvad det vil koste. I mange tilfælde er en investering i energirenovering tjent hjem i besparelserne på varmekonsumet i løbet af få år. Samtidig får man som regel et bedre indeklima og dermed større komfort i huset.

Vedvarende energi

Vedvarende energikilder som vind, vand, sol og jordvarme slipper ikke op, og de udleder ikke CO₂. Derfor skal vedvarende energi nødvendigvis spille en central rolle i fremtidens energiforsyning. Danmark har allerede meget vedvarende energi i energisystemet. I 2012 var 43 pct. af el-forbruget dækket af vedvarende energi, først og fremmest vindkraft ⁴. I 2015 vil tallet være over 50 pct. og i 2020 forventer Energi- og klimaministeriet, at andelen er steget til 70 pct. og at halvdelen af el-forbruget er dækket af vind. Omstillingen er altså godt i gang, og både Energistyrelsen og Klimakommissionen har vurderet, at potentialet for vedvarende energiproduktion i teorien langt overstiger vores aktuelle energiforbrug ⁵.

Men selv om der er videnskabelig dokumentation for, at det er muligt at skabe et energisystem helt uden fossile brændsler, så kræver det omtanke.

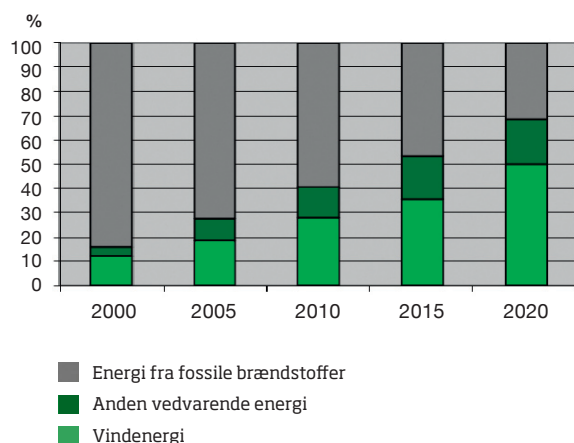
For at opnå forsyningssikkerhed med vedvarende energi, skal Danmark bruge de energikilder og teknologier, som er tilgængelige og som kan udnyttes her i landet. Sverige og Norge nyder godt af at kunne udnytte vandkraften ved at opdæmme vandrige elve. Spanien og andre sydeuropæiske lande kan udnytte

² Beregn dit standby-forbrug og meget mere på <http://www.dongenergy.dk/PRIVAT/ENERGITIPS/TJEKDTIFORBRUG/Pages/tjekditforbrug.aspx>

³ 90 kr./år for et TV på standby ganget med antal husstande i DK (2,6 mio.) (Kilde: Dong og Danmarks statistik)

⁴ <http://www.ens.dk/info/tal-kort/statistik-noglestal/oversigt-energisektoren>

⁵ <http://www.ens.dk/info/nyheder/temaer/tema-danmarks-forsyningssikkerhed/danmark-igen-nettoimport-energi>

FIG. 5 UDVIKLINGEN I VE-ANDELEN AF ELFORSYNINGEN FREM MOD 2020

Kilde: *Energipolitisk redegørelse 2013, Energi- og klimaministeriet.*

solenergien i stor udtrækning, men Danmark er et fladt land uden store floder og med lavere solintensitet end f.eks. i Sydeuropa. Til gengæld blæser det meget i nogle dele af landet, og vi har et stort landbrugsareal, hvor man i nogen udstrækning kan dyrke energiafgrøder. Vi har også en intensiv husdyrproduktion, som ud over fødevarer, producerer store mængder af gylle. Derfor er det især oplagt at udnytte vindkraft, plantemateriale og organisk affald i energiproduktionen her i landet og i et vist omfang også sol.

Vind til el-produktion

I december 2013 satte de danske vindmøller verdensrekord ved at dække 57,4 pct. af strømforbruget. Det var første gang nogensinde, at over halvdelen af et lands strømforbrug i en hel måned kommer fra vindkraft.

Den danske produktion af vindmøllestrøm er vokset drastisk på få årtier, men det er selve vindmølleindustrien også. Den blev grundlagt i 1970'erne og trods voldsomme op- og nedture har branchen på bare 30 år udviklet sig til en global eksportindustri. Vindmøller er i dag en af Danmarks betydeligste eksportartikler, og denne bemærkelsesværdige udvikling bliver ofte kaldt "det danske vindmølleeventyr". I 2013 var omsætningen i vindmøllebranchen på 80,4 mia. kr., og der blev eksporteret for 48,7 mia. kr.⁶

Mens vindmøller i de første år var relativt små, stod på

land og ofte var ejet af mindre andels- eller anparts-selskaber, er det nu meget større vindmøller, som bliver rejst både på land og i vindmølleparker til havs. De store havmøller kræver meget mere kapital og kapitalstærke investorer. I fremtiden skal vi udbygge kapaciteten til havs, hvis vi vil nå målet om det fossolfrie samfund i 2050. Der stilles dog også flere vindmøller op på land, fordi omkostningerne er meget mindre på land end til havs. Til gengæld, giver de landbaserede møller mange steder anledning til protester fra naboerne. Udbygningen med endnu mere vind kræver, at vi udvikler bedre systemer til at "lagre" strømmen, når det blæser meget, og at vi får strømmen andetsteds fra, når det ikke blæser. Dette sker i dag hovedsageligt gennem kabelforbindelser til udlandet, som gør det muligt at udnytte de norske og svenske vandkraftreservoirer til at "lagre" dansk vindkraft. Men også kabelforbindelser til Tyskland og en kommende forbindelse til Holland er med til at sikre, at vi kan eksportere vindstrøm, når vi har mere af den, end vi kan bruge, og importere el, når vi er i underskud.

Sol til el-produktion

I de senere år har det været vældig populært at sætte solceller på taget. Det skyldes især, at der i en periode har været meget favorable tilskudsordninger. Nu er reglerne ændret og er ikke længere så fordelagtige. Den private interesse for solceller er derfor aftaget, men ikke helt forsvundet. Den samlede danske solcellekapacitet var i begyndelsen af 2014 på 577 MW. Det er nok til at dække el-forbruget i ca. 100.000 gennemsnitshusstande. Der er dog grænser for, hvor stor en rolle solen kan komme til at spille i dansk el-forsyning. I 2013 udgjorde el fra solcellerne 4 pct. af det samlede forbrug, og solen vil ikke kunne konkurrere med vind til el-produktion i Danmark.

Solceller producerer elektricitet ud fra solens lys. Det er lysintensiteten, som er afgørende, og derfor producerer de også i et vist omfang strøm, når det er overskyet. Solceller er typisk opbygget af forædlet silicium. Det gør dem relativt dyre, men prisen er faldet voldsomt i de seneste ti år på grund af øget efterspørgsel og bedre teknologi. Desuden forskes der i at erstatte silicium med andre og billigere materialer. Solenergi kan bruges til produktion af både el og varme, men det er to forskellige teknologier. Solcellen producerer el og må ikke forveksles med solfangere, som kun producerer varme.

6 Vindmølleindustriens branchestatistik, 2013: http://www.windpower.org/da/fakta_og_analyser/statistik/branchestatistik.html

Varmepumper, geotermi og sol

Varmepumper, geotermisk varme og solfangere er gode bud på, hvor varmen skal komme fra i et energisystem baseret 100 pct. på vedvarende energi. I dag kommer mindre end 1 pct. af fjernvarmen fra disse kilder, så der er brug for en radikal omstilling af varmeforsyningen i løbet af de kommende årtier – i takt med at vind leverer en større del af el-produktionen, så der bliver mindre overskudsvarme fra kraftværkerne.

FREMTIDENS VARMEKILDER

- Varmepumper
- Geotermisk varme
- Solfangere

Varmepumperne har den fordel, at de passer godt sammen med vindmøller. Når der er rigeligt med billig vindmøllestrøm kan den bruges til at drive store varmpumper, som producerer fjernvarme, og mindre varmpumper, som producerer varme til huse uden for fjernvarmeværkernes dækningsområder. Varmepumperne fungerer som et "omvendt køleskab" og udnytter varmen i omgivelserne – det vil sige fra luft, fra vand eller fra de øverste solopvarmede jordlag.

I nogle dele af landet kan man også udnytte jordens indre varme, den geotermiske energi. Det har man for eksempel gjort i mange år på Thisted Fjernvarmeværk i Thy og i nogle år på Amager i København.

Hvor pladsen tillader det, er det desuden en mulighed at anlægge store solvarmeanlæg både på individuelle huse og i forbindelse med fjernvarmeværkerne. De decentrale kraftvarmeværker på landet og i de mindre byer er i fuld gang med udbygningen og forventer, at solvarme i 2020 vil levere 20 pct. af varmen mod mindre end 0,5 pct. i 2010. Samtidig arbejder man på at skabe varmtvandslagre i jorden, så varmen fra sommerens sol kan gemmes til vinterkulden.

El-biler til transport

Biler, tog, busser og de fleste andre transportmidler kører i dag som hovedregel på benzin og diesel og udleder derfor CO₂. Transportsektoren står for ca. 25 pct. af den danske klimagas-udledning. Derfor er el-biler et godt bud på fremtidens personbiler. Ved at gå over til el-biler

eller hybrid-biler, kan udslippet reduceres meget, fordi en el-motor er ca. tre gange så effektiv som en forbrændingsmotor. El-bilen udnytter ca. 70 pct. af energien på batteriet til fremdrift, mens en moderne dieselbil kun udnytter ca. 25 pct. af energien i brændstoffet. Resten går tabt som spildvarme fra motoren. Selvom det er muligt at effektivisere forbrændings-motorerne, vil de vedblive med at være mindre effektive end el-motorer. Hele den danske bilpark kunne forsynes med el fra kun én havvindmøllepark på 200 MW, hvis vi udelukkende kørte i el-biler. Desuden passer el-biler og vindmøller rigtig godt sammen. Vindmøllernes produktion svinger over døgnet og året, afhængigt af hvornår det blæser. Hvis el-biler sættes til at lade op om natten, hvor el-forbruget i øvrigt er lavt, kan den el, som vindmøllerne producerer udnyttes mere effektivt.

Der har dog været nogle barrierer, som har forsinket overgangen til el-biler. Ind til fornylig rakte batterierne typisk til under 100 km, og el-bilen var derfor bedst egnet til lokal transport. Men i dag kan flere modeller køre op til 200 km på en opladning – Tesla'en endda omkring 300 km, men denne er dyr i anskaffelse. Der er desuden ved at blive opbygget et net af lynladestationer, hvor man kan oplade bilen på ca. en halv time. Endelig er der de såkaldt plug-in hybrid-biler. De kører på el det meste af tiden, men har en benzinmotor som kan oplade batteriet undervejs. Dermed kan man forlænge rækkevidden, når der er behov for det.

Bæredygtige biobrændsler

Bioenergi kan spille en vigtig rolle for omstillingen af energisystemet i en overgangsperiode især på de centrale kraftvarmeværker, så kullene kan udfases. Men da bioenergi er en begrænset ressource, skal vi på længere sigt bruge den der, hvor den har størst værdi, eller hvor der ikke er så mange andre alternativer. I øjeblikket udgør biomasse mere end 60 pct. af den vedvarende energiproduktion i Danmark.

Hvad er bæredygtig bioenergi?

For at biomassen kan være en bæredygtig energikilde, skal den leve op til en række krav. EU har opstillet bæredygtighedskriterier for flydende biobrændstoffer, som

bruges til transport, men endnu ikke for den faste biomasse, som anvendes i produktionen af el og varme, og det er stadig omdiskuteret, hvilke krav, man skal stille.

Det Økologiske Råd og flere andre miljøorganisationer mener, at fødevarer – som for eksempel korn – ikke bør bruges til energiformål, og hvis man dyrker energifrugter på arealer, hvor der kan dyrkes fødevarer, skal det ske på en måde, så jordens frugtbarhed og det naturlige plante- og dyreliv bevares. Desuden skal

HVAD ER BIOENERGI?

- Træ, træpiller, brænde, flis
- Halm og andre planterester
- Ethanol lavet af sukker og stivelse
- Biodiesel lavet af f.eks. palme-, soja-, rapsolie
- Husdyrgødning
- Restprodukter fra fødevarerindustrien
- Organisk affald fra husholdninger, butikker m.v.

bioenergi bruges effektivt. Private brændeovne har f.eks. en relativt dårlig udnyttelse af energien i træet og er kilde til sundhedsskadelig partikelforurening. Derfor er det en dårlig ide med brændeovn i byen, selv om det er hyggeligt. Det er meget bedre for miljø, klima og sundhed at få varmen fra et energieffektivt kraftvarmeværk.

Forslag til principper for brug af bioenergi

1. Fødevarer må ikke bruges til energiformål.
2. Arealer, som kan bruges til produktion af fødevarer, må kun i begrænset omfang – og efter grundige vurderinger – bruges til produktion af energifrugter.
3. Biomasseressourcerne skal bruges energieffektivt primært til kraftvarme, energi til procesformål og transport, hvor der ikke er gode alternativer, f.eks. til fly, skibe og lastbiler.
4. Biomassen skal kun bruges som brændsel til energi, hvor der ikke er andre vedvarende energi-alternativer.
5. Biomasse bør ikke anvendes i forurenende brændefyringsenheder. På kort sigt bør brændefyring undgås i byer på grund af problemer med luftforurening ved afbrænding.

Kilde: Det Økologiske Råd⁷

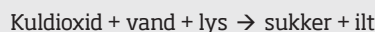
Bioenergi er ikke CO₂-fri

Hvis man undersøger udslippet fra skorstenen på et fjernvarmeværk, som brænder træpiller, kan man hurtigt konstatere, at der er CO₂ i røgen. Bioenergi er ikke CO₂-fri. Det er der ikke noget mærkeligt i, for træ er organisk materiale og indeholder dermed kulstof, der bliver frigivet som CO₂ ved forbrænding. Alligevel kan biobrændsel godt være en CO₂-neutral energikilde, hvis man planter nye træer og sår nye kornmarker, der optager lige så meget CO₂, som dem man fældede eller høstede og brændte af.

Brænder man et træ, bliver der frigivet en stor mængde CO₂, men planter man samtidig et nyt træ, vil det optage omtrent samme mængde CO₂. Problemet er bare, at man brænder træet på få minutter, mens det nye træ måske er 40 år om at vokse op og optage den fulde mængde CO₂. På den måde har biomasse fra planter, især træer, en CO₂-gæld, som først bliver tilbagebetalt senere. Biomasse fra træer er derfor kun en CO₂-neutral energikilde, hvis man ser på CO₂-belastningen over en lang periode. Men på den anden side tilbagebetales gælden faktisk. Det gør den ikke, når man brænder fossile brændstoffer.

FOTOSYNTese OG FORBRÆNDING

Organisk stof består af kæder af kulstofatomer (C), hvortil der er bundet brint (H) og ilt (O) og ofte andre grundstoffer, især kvælstof (N), fosfor (P) og svovl (S). Organisk stof bliver dannet af planter ved fotosyntese. Solenergi bliver på den måde indlejret i kemiske bindinger:



Ved forbrænding – uanset om det er i kroppen, i brændeovnen eller fjernvarmeværket – frigives energi i en modsatrettet proces: kulstofforbindelserne i maden eller brændslet bliver nedbrudt til kuldioxid (CO₂) og vand/vanddamp under frigivelse af energi.

⁷ Bæredygtig Energiudnyttelse af Biomasse, 2013. Et principrapport fra Det Økologiske Råd:
<http://www.ecocouncil.dk/udgivelser/artikler/energi-og-klima/2126-principrapport-anvend-biomasse-med-omtanke>

Biobrændsler, fødevareproduktion og biodiversitet

Produktion af biomasse beslaglægger i de fleste tilfælde natur- eller landbrugsarealer. Det kan være problematisk. Med en stigende efterspørgsel på biomasse til energiformål bliver det attraktivt for mange landmænd at dyrke energiafgrøder i stedet for fødevarer, og det vil kunne forårsage fødevaremangel i fattige lande. Derfor mener mange, at energiafgrøderne ikke må dyrkes på bekostning af fødevarer.

En øget produktion af biomasse kan også beslaglægge naturarealer, hvor der lever vilde dyr og planter og på den måde forringe den biologiske mangfoldighed (biodiversiteten). Hvis skov fældes til energiformål, uden at der plantes ny skov, forsvinder levesteder og fødegrundlag for mange dyre- og plantearter, som dermed i værste fald kan forsvinde helt.

Hvis man producerer energiafgrøder på et areal, hvor der før blev dyrket fødevarer eller foder til dyr, presses dyrkning af fødevarer og foder andre steder hen, hvor produktionen medfører en CO₂-udledning, som skal tælles med i det samlede klimaregnskab. På den måde fjerner man både naturarealer og øger det samlede udslip af klimagasser. Det skal man tage højde for ved vurdering af, om en energiafgrøde er bæredygtig. Man taler i den forbindelse om begrebet "Indirect Land Use Change" (ILUC), som kan oversættes med "indirekte arealændring".

HVAD ER ILUC?

ILUC - "Indirect Land Use Change" - er et udtryk for de indirekte effekter af at anvende et givet dyrkningsareal til noget andet, f.eks. energiproduktion, end til fødevarer. Den foder- eller konsumafgrøde, som energiafgrøden fortrænger, skal dyrkes et andet sted. Det vil medføre en vis udledning af drivhusgasser, som skal tælles med i energiafgrødens CO₂-regnskab. Når man tager højde for ILUC, viser det sig, at meget biomasse faktisk skal tillægges en stor udledning af klimagasser.

Man kan dog godt udnytte bioenergi uden at fortrænge natur eller fødevareproduktion. Hvis landmænd f.eks. dyrker græs eller andre efterafgrøder på markerne efter høst med det formål at opsamle overskuddet af næringsstoffer, kan disse afgrøder med fordel udnyttes til energiformål. Det samme gælder græs, der bliver slået på naturarealer. I Danmark har vi de såkaldt

lysåbne naturarealer, især overdrev, som vi gerne vil bevare. For at forhindre, at de gror til, skal arealerne enten afgræsses af dyr eller slås jævnlige. Vælger man det sidste, kan græsset med fordel bruges til energiproduktion.

Biogas af husdyrgødning og organisk affald

Danmark har mange husdyr. Landbruget producerer årligt ca. 30 mio. slagtesvin samt mælk og kød fra ca. 600.000 køer. Dermed er der også store mængder husdyrgødning til rådighed, som kan bruges til energiformål. I biogasanlæg sker en proces, hvor kulstof-fet i organisk materiale reagerer med ilt og brint og danner biogas, som er en blanding af gasserne metan (CH₄) og kuldioxid (CO₂). Biogas kan produceres på husdyrgødning eller eksempelvis slam, men også på affald fra husholdninger og industri, halm eller andre restprodukter fra landbruget. I Tyskland er der mange biogasanlæg, som bruger majs til gasproduktion. Majs bliver udelukkende dyrket til energiformål, og det skaber samme bæredygtighedsproblemer, som når man dyrker korn eller andre potentielle konsumafgrøder til energiformål. Når biogas derimod produceres på basis af husdyrgødning, gavner det klimaet både ved at erstatte fossile brændstoffer, og ved at udslip af klimagasserne metan og lattergas fra gødningen reduceres.

Bioenergi til transport

Bioenergi kan med fordel bruges til transport - især til tung transport som skibe og fly, hvor el-drift i dag ikke er mulig. I Danmark kører langt de fleste biler på fossilt brændstof - benzin eller diesel - men EU har vedtaget, at 10 pct. af transportsektorens energiforbrug i alle medlemslandene skal dækkes af vedvarende energi i 2020. I Danmark har biobrændstof til transport derfor været fritaget for afgifter siden 2005 for at gøre det mere attraktivt at bruge.

Hvis man bruger biobrændstoffer som biogas, bioethanol og biodiesel, skal man sikre, at biobrændslerne er bæredygtigt producerede. Der er EU-krav til, hvor stor CO₂-besparelse, biobrændstofferne skal give. I dag er kravet, at udledningen skal være 35 pct. lavere end udledningen fra fossile brændstoffer, og kravet strammes til 50 pct. i 2017.

Man skelner mellem 1. og 2. generations biobrændstof. 1. generation er produceret på landbrugsprodukter som f.eks. sukker, majsstivelse eller planteolier, mens 2. generation er produceret på organisk affald og restpro-

dukter fra landbrug og fødevareindustri. 2. generations biobrændsler er derfor langt mere bæredygtige. Biogas er en form for 2. generations biobrændstof, hvis det er lavet på restprodukter. Der er store perspektiver i at bruge biogas til tunge køretøjer, hvor el-drift i dag ikke er muligt. Det kræver dog, at man fjerner CO₂ fra gassen.

1. generation bioethanol

1. generations bioethanol bliver produceret ud fra afgrøder med højt indhold af stivelse f.eks. majs og korn eller af glukoseholdige afgrøder som sukkerrør og sukkerroer. Stivelse er en glukose-polymer, der let nedbrydes til frie glukosemolekyler ved hjælp af enzymer. Glukose

er et sukkermolekyle, som mikroorganismer kan omdanne til ethanol. Denne proces kaldes fermentering.

2. generation bioethanol

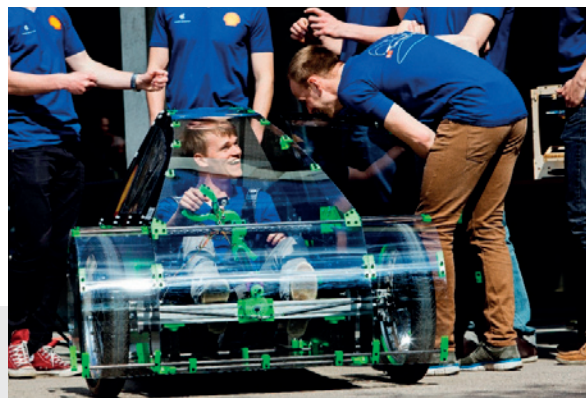
2. generations bioethanol produceres ikke på landbrugsafgrøder, men på organiske restprodukter og affald især fra landbrug og fødevareindustri. Det kan f.eks. være halm, som har et højt indhold af cellulose og lignin. Cellulose er en glukose-polymer ligesom stivelse, men det kræver en mere kompleks teknik at omdanne den til ethanol⁸.

DANSKE STUDERENDE I FRONT MED ØKO-BILER

Hvert år konkurrerer 2-300 grupper af studerende fra tekniske uddannelser i Europa i Shell Eco-maraton om, hvem der kan køre længst på en liter alternativt brændstof i biler, de selv har designet. Bilerne kører på forskellige typer bio-brændsler, på biogas, brint-brændselsceller og solenergi.

Danske ingeniørstuderende har adskillige gange vundet førstepriser i flere kategorier.

Kilde: <http://www.shell.dk/environment-society.html>





Udfordringerne ved omstilling af energisystemet

VINDMØLLER PRODUCERER STRØM SOM VINDEN BLÆSER, SÅ VI SKAL FINDE UD AF AT LAGRE STRØMMEN TIL STILLE DAGE MED STORT FORBRUG.



Et stort flertal i Folketinget besluttede med Energiforliget i 2012, at halvdelen af el-forbruget i Danmark skal dækkes af vindmøller allerede i 2020. Det er ikke let at integrere så meget vind i energisystemet, fordi produktionen fra vindmøller populært sagt varierer, som vinden blæser. Derfor er det nødvendigt enten at have tilstrækkelig kapacitet til at dække strømbehovet med andre energikilder eller have mulighed for at importere strøm fra vores nabolande, når møllerne kun yder lidt. Samtidig er det nødvendigt at udvikle metoder og systemer, som gør det muligt at udnytte den ekstra elektricitet økonomisk fornuftigt, når der produceres mere af den, end der umiddelbart er brug for.

Den situation opstår, når det f.eks. blæser kraftigt midt om natten, så vindmøllerne snurrer lystigt, mens folk sover, lyset er slukket, og de fleste produktionsvirksomheder og andre arbejdspladser ligger stille. Strøm er vanskelig at gemme og skal bruges i samme øjeblik, den produceres. Derfor må den strøm, der ikke er brug for, enten eksporteres til vores nabolande via udlandskablerne, eller også må den konverteres til andre former for energi, der kan lagres. De væsentligste udfordringer, som skal klares for at opnå forsyningssikkerhed med vind og andre vedvarende energikilder, er derfor:

- Produktionskapacitet nok til at forsyne Danmark med energi i alle situationer.
- Udbygning af transmissionsnettet med gode muligheder for eksport og import af strøm.
- Smart Grid: Et el-forsyningssystem, som sikrer balance mellem produktion og forbrug.
- Lagring: Udvikling af metoder og kapacitet til at lagre energi, så den kan bruges senere.
- Fleksibelt forbrug: Hvis el-forbruget kan flyttes til tidspunkter uden for spidsbelastning fordeles presset på energisystemet mere jævnt.

Produktionskapacitet til alle situationer

Når vinden ikke blæser, er der brug for at kunne sætte andre strømproducerende anlæg ind, og her er det især en god ide at bruge de naturgasfyrede kraftvarmeværker, som man let kan skruer op og ned for. Naturgas er dog et fossilt brændstof, som ikke indgår i planerne for den danske energiforsyning i 2050. De danske naturgasressourcer i Nordsøen slipper desuden op i løbet af få årtier, så vi bliver nødt til at importere, hvis vi vil bruge naturgas. Et alternativ kan være at erstatte naturgassen med biogas produceret på gylle og organisk affald fra fødevareindustrien.

Et andet problem ved de naturgasfyrede kraftvarmeværker er, at deres el-pris ikke kan konkurrere med den billige vindmøllestrøm, som vi får meget mere af i fremtiden, når vindmøllekapaciteten bliver udbygget. Det skyldes, at man ikke bare kan slukke for de naturgasfyrede kraftvarmeværker, når der er tilstrækkeligt strøm fra vindmøllerne, for i et kraft-varmeværk følges el- og varmeproduktionen ad, og kunderne har brug for varme i hele fyringssæsonen. Derfor skal værkerne køre, selv når det ikke kan betale sig at producere el, og på den måde bliver de et dyrt bekendtskab for fjernvarmekunderne. De gasfyrede kraftvarmeværker får dog frem til 2018 et tilskud for at stå til rådighed og producere el, hvis der er behov for det. Det bliver diskuteret, hvad forsyningssikkerhed må koste, og hvad staten på længere sigt skal betale til kraftværkerne for at stå standby med ekstra kapacitet. Men da det er dyrt for el-forbrugerne at betale støtte til værker, som står ubrugte i lange

perioder, ønsker mange at Danmark især satser på at forstærke det fleksible forbrug og udbygge transmissionskapaciteten – altså el-”motorvejene” – til udlandet.

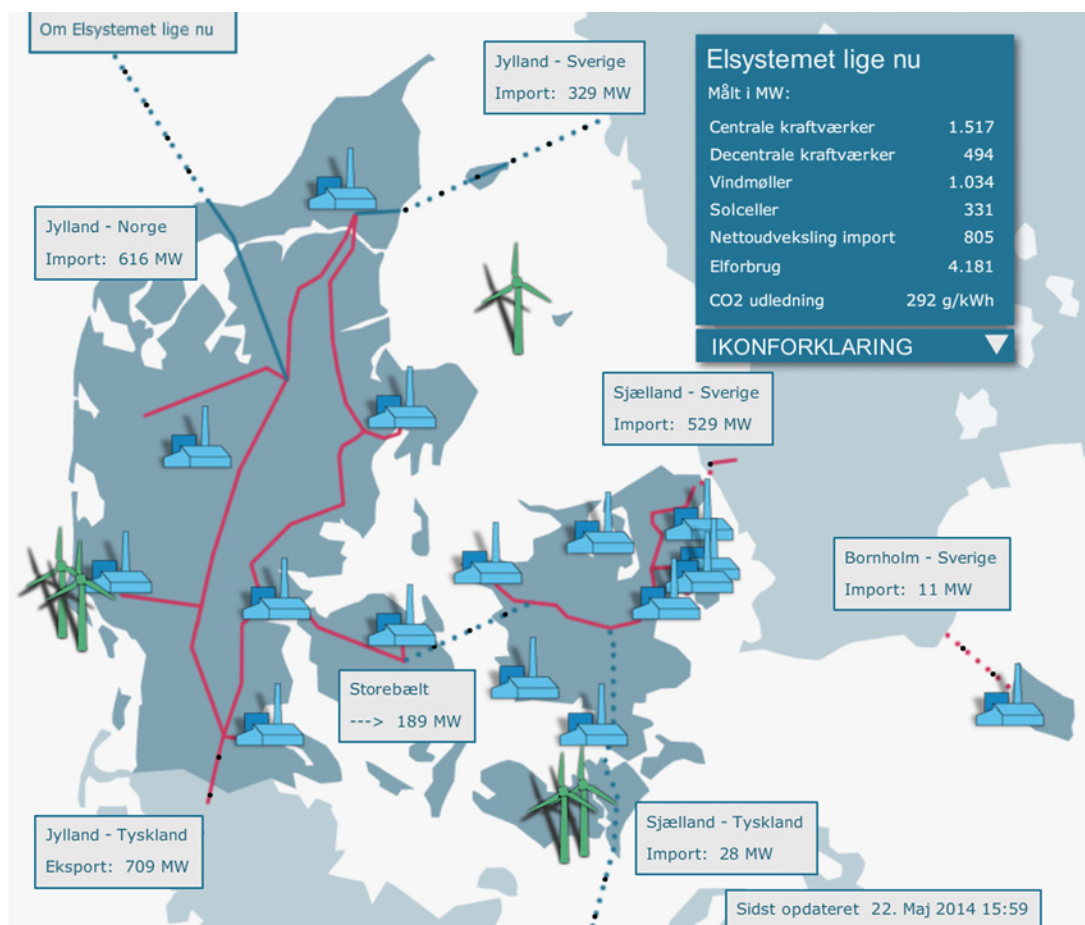
Udbygning af transmissionsnettet

En øget produktion af el fra vindmøller og solceller stiller store krav til transmissionsnettet og import og eksport til andre lande. Høj transmissionskapacitet betyder, at der er fri passage til at sende elektricitet mellem landene på el-nettets ”motorveje”, mens lav kapacitet betyder, at der er ”trafikpropper”, så man ikke kan komme til at eksportere eller importere den ønskede mængde elektricitet, når der er behov for det. Når energiforsyningen i fremtiden skal være dækket af

100 pct. vedvarende energi, er det vigtigt, at produktionen fra de nordeuropæiske landes forskellige vedvarende energikilder supplerer hinanden bedst muligt. Det er forudsætningen for, at Danmark kan eksportere strøm fra vindmøllerne til nabolandene, når det blæser meget og importere, hvis der mangler strøm. Med en god transmissionskapacitet til Norge, kan store dele af det nordeuropæiske energisystem faktisk anvende de norske vandkraftanlæg til lagring af strøm. Når der er rigeligt strøm i nettet, kan nordmændene stoppe turbinerne på vandkraftværkerne, eller de kan bruge strøm på at pumpe vand op i reservoirerne, som så senere kan konverteres til elektricitet igen, når der er brug for det. Hvis der er tilstrækkeligt med vand i reservoirerne, kan Norge eksportere strøm til Danmark, når det ikke blæser, men købe fra Danmark, når det blæser meget.

Det er dog ikke uden problemer at handle sig til forsyningssikkerhed med nabolandene. Store søkabler er dyre, og det er ikke sikkert nabolandene altid kan eller

FIG. 6 EL-SYSTEMET TORSDAG D. 22 MAJ 2014 KL. 16.02:



På websiden www.energinet.dk/Flash/Forside/index.html kan man følge den overordnede danske el-situation fra minut til minut.

vil stå til rådighed for at løse vores problemer med store udsving i el-produktionen. Tyskland bygger selv mange vindmøller i Nordtyskland og Nordsøen, som vil producere strøm omtrent samtidigt med de danske vindmøller, og måske vil Norge på et tidspunkt begynde at tage sig bedre betalt for at være "Nordeuropas batteri".

Smart Grid - intelligent styring

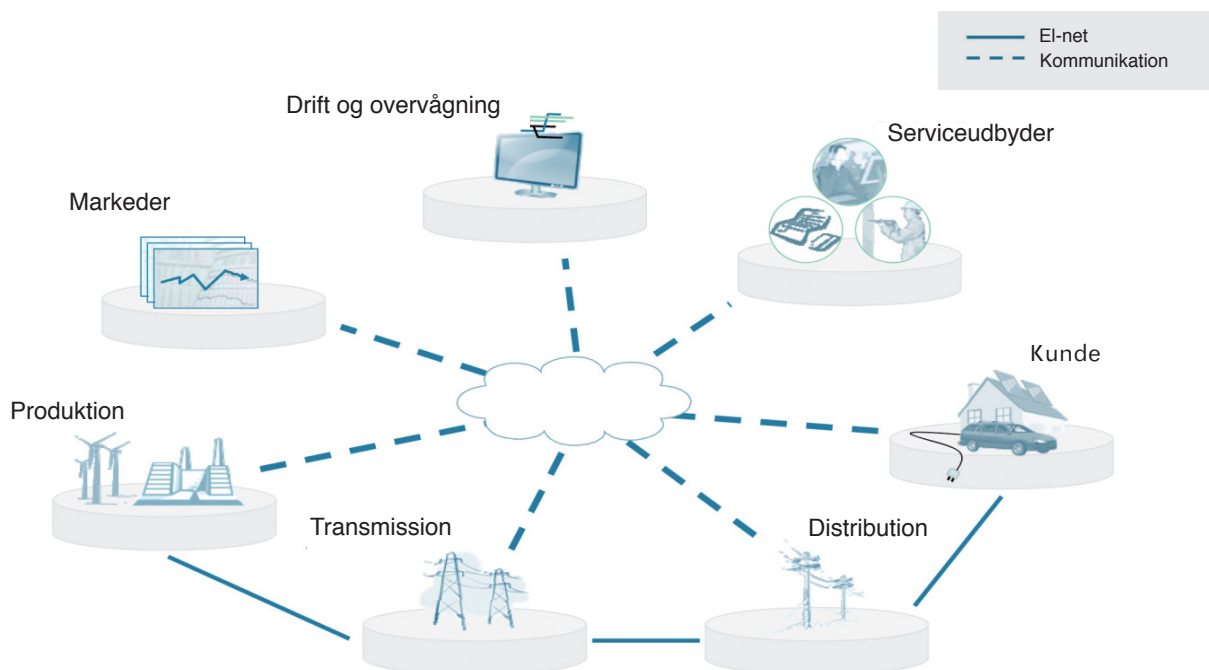
Smart Grid er automatisk, intelligent styring af el-produktion og el-forbrug. Det vil sige intelligente el-systemer, der kan integrere alle de tilkoblede brugeres adfærd og handlinger - både dem, der producerer el, dem der forbruger el, og dem der gør begge dele. Formålet er at opnå en bæredygtig, økonomisk og sikker elforsyning.

Smart Grid forudsætter tovejskommunikation mellem el-leverandører og el-forbruger. Det kræver investering i kommunikationssoftware og fjernaflæsning at få det smarte el-system til at fungere. Det er nemlig nødven-

digt at indsamle data om både produktion og forbrug, og det skal ske ved hjælp af it-systemer, der online kan videregende informationer til og fra aktørerne i el-systemet.

Både el-producenter og el-forbrugere har brug for at vide, om der er for meget eller for lidt el i systemet. Producenterne har brug for at vide det, så de kan sætte energiproduktionen op eller ned, og forbrugerne skal vide det, så kan de afregne deres forbrug efter timeprisen. El-prisen er markedsstyret og altså reguleret af udbud og efterspørgsel. Lav pris er derfor udtryk for, at der er meget strøm på markedet, mens høj pris er udtryk for, at der er lidt. Prisen svinger hen over døgnet, og forbrugeren skal have adgang til at følge prisens op- og nedture for at kunne sætte de strømkrævende husholdningsmaskiner i gang, når der er meget strøm i systemet. Motivationen til at gøre det er, at elprisen lav. Det skal Smart Grid sikre, uden at det bliver alt for krævende for den enkelte at følge med. For at Smart Grid kan blive udviklet, skal el-forsyningen moderniseres med bl.a. smarte målere, så kommunikationen fungerer effektivt og hurtigt.

FIG. 7 INFORMATION OG KOMMUNIKATION I ET INTELLIGENT EL-SYSTEM



Lagring og alternativ udnyttelse af strøm

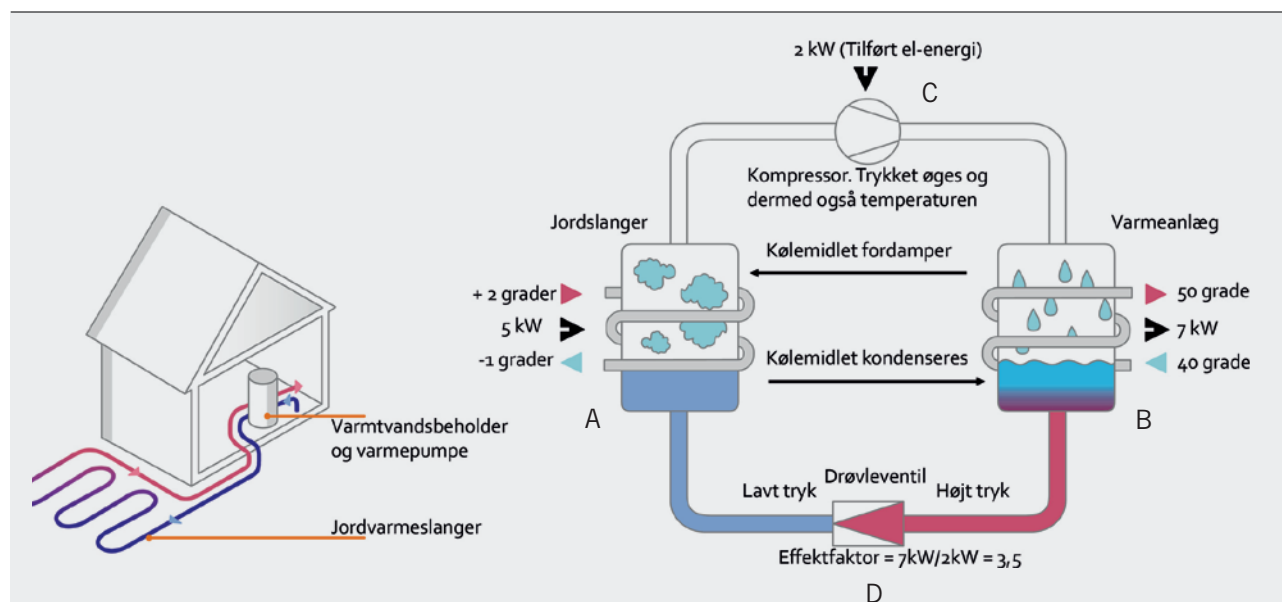
Vi kan ikke satse på at klare problemerne med den svingende strømproduktion fra de vedvarende energikilder udelukkende ved at øge kapaciteten til import og eksport og ved at gøre forbruget mere fleksibelt. Det ideelle er at kunne lagre energien til senere brug, når der er mere af den, end vi umiddelbart har brug for. Det kan lade sig gøre ved at konvertere den til andre energiformer, især varme, som kan lagres eller bruges til opvarmning.

Varmepumper

Man kan udnytte vandet i fjernvarmesystemet som lager f.eks. ved at etablere store varmepumper på fjernvarmeværkerne.

Man kan også installere individuelle vandbaserede varmepumper i private og offentlige bygninger og på den måde bruge selve bygningen som varmelager. Varmepumperne bliver drevet af vindmøllestrømmen og henter varme ud fra omgivelserne. Det er meget effektivt. Man får mindst 3 kWh varme ud af hver kWh el, så energioekonomisk er det en rigtig god måde at bruge den rigelige vindmøllestrøm på.

FIG. 8 SÅDAN VIRKER EN VARMEPUMPE



HVAD ER EN VARMEPUMPE?

En varmepumpe er et varmeanlæg, som optager varmeenergi fra varmekilder med et lavt temperaturniveau. Via et lukket kredsløb med et kølemiddel og en kompressor kan varmen omsættes til et højere temperaturniveau, som kan anvendes til opvarmning. Processen er den samme som i et køleskab, men bare omvendt.

KOMPONENTER I VARMEPUMPEN

En varmepumpe består grundlæggende af fire dele: A) en fordamper til at optage varmen, B) en kondensator til at afgive varmen, C) en kompressor til at hæve temperaturen og D) en termoventil til at regulere mængden af kølemiddel. (Se billedet).

SÅDAN VIRKER VARMEPUMPEN

I fordamperen optager varmepumpen energi fra omgivelserne (jorden, udeluften, udsugningsluft), som får kølemidlet til at koge og fordampe. Når dampen herefter presses sammen inde i kompressoren, hæves trykket og temperaturen stiger. Herefter afgiver kølemidlet sin varme i kondensatoren, hvor kølemidlet afkøles og igen bliver til væske, der løber gennem termoventilen og tilbage til fordamperen, hvor processen starter forfra. Det er i kondensatoren, at varmen fra kølemidlet overføres til husets varmfordelingssystem, enten i form af et vandbåret centralvarmeanlæg eller som luft varme, der kan blæses ind i huset som varm luft.

El-patroner

En tredje mulighed er at installere el-patroner i fjernvarmesystemerne. De er meget billigere end varmepumper, og kan også bruges til at producere varme på basis af strøm. Princippet er, at man lader el-patronen opvarme fjernvarmevandet i de timer, hvor strømprisen nærmer sig nul. Det gør den eksempelvis om natten, og når det blæser meget. Så kan kraftværkerne lukke ned imens. El-patronerne er dog ikke så effektive som varmepumper. De får kun 1 kWh varme ud af hver kWh el, mens varmepumper får 3 kWh ud af hver kWh el. At bruge vindmøllestrøm til varmeproduktion kan give en bedre økonomi og dermed en højere betaling for el fra vindmøller til gavn for det danske samfund, og samtidig erstatter man varme produceret ved hjælp af kul, naturgas, olie og biomasse.

Brint til brændselsceller

El kan også langtidslagres på andre måder, f.eks. som brint produceret ved elektrolyse. Brinten kan anvendes som brændstof til biler enten direkte som gas, i brændselsceller eller som middel til at forbedre biogassen.

FIG. 10 SÅDAN VIRKER EN BRÆNDELSCELLE

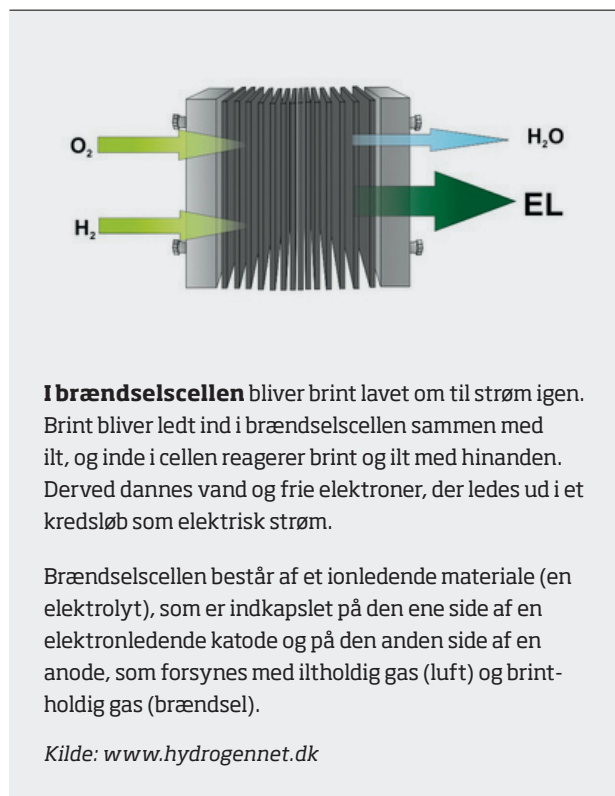
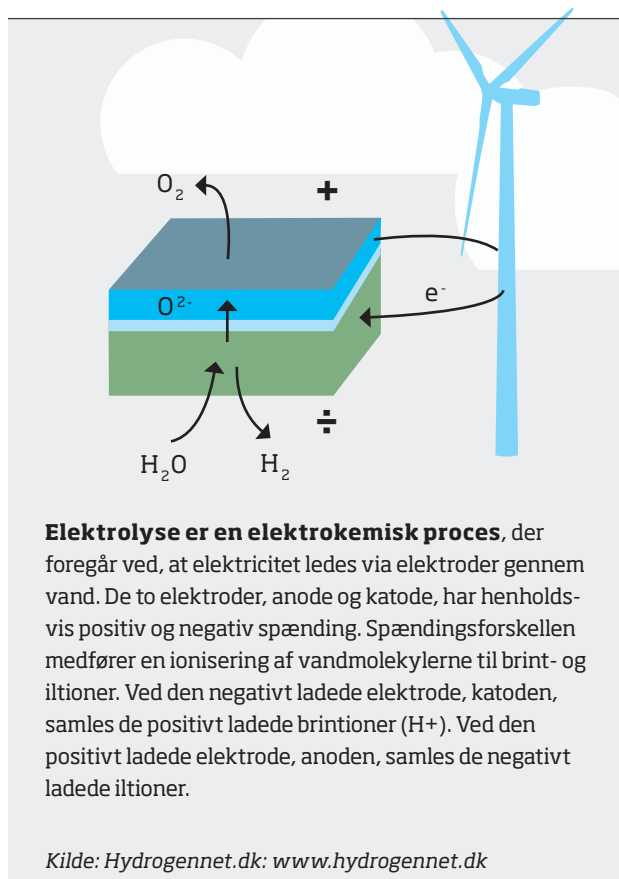


FIG. 9 BRINTPRODUKTION VED ELEKTROLYSE



Brint til metanproduktion

Man kan også bruge den overskydende vindmøllestrøm til produktion af metan, der er det samme som naturgas. Først bruger man strømmen til at lave brint med ved hjælp af elektrolyse, og derefter bruges brinten til at opgradere biogas produceret ved forrådnelse af spildevandsslam på renseanlæggene. Biogassen er en blanding af kuldioxid (CO_2) og metan (CH_4), og den skal renses for CO_2 , før den kan sendes ud i naturgasnettet. Når man leder brint gennem slammet, indgår det i en mikrobiologisk proces, hvori også CO_2 indgår, og der dannes metan, CH_4 . Renseanlægget i Avedøre er i gang med at udvikle metoden⁹.

9 <http://energinet.dk/DA/FORSKNING/Nyheder/Sider/Overskydende-vindkraft-bliver-til-groen-gas-i-Avedoere.aspx>



Energiomstilling og klimapolitik

FREMTIDENS ØKONOMISKE UDFORDRING BLIVER AT SIKRE BÅDE VELFÆRD OG KLIMAVENLIG ENERGIFORSYNING PÅ ÉN GANG.

Den danske energi- og klimapolitik har været stabil i mange år, trods skiftende regeringer. Perioden fra 2001 til 2007 var dog en undtagelse. Den daværende VK-regering (Venstre og De Konservative) satte udbygningen af vedvarende energi i stå i en del af regeringsperioden, og den videnskabelige forskning i klimaforandringer blev draget i tvivl. Senere lagde den samme regering imidlertid kursen om og satsede igen på udbygning og klimatilpasning, og det gjorde den socialdemokratiske ledede regering, som fulgte efter, også.

Danmark har i lighed med de andre nordiske lande en tradition for brede energipolitiske aftaler som involverer mange partier på tværs af ideologiske skel. Der har over en bred kam været enighed om, at det er godt med en energisektor baseret på samproduktion af el og varme, udnyttelse af varmen via fjernvarme og en omfattende satsning på vedvarende energi. Der er også bred politisk enighed om, at Danmark skal reducere udledning af drivhusgasser, og at man må regulere energimarkedet for at dreje udviklingen i den retning, det politiske flertal ønsker. Det seneste energiforlig fra 2012 er et godt eksempel. Alle partier i Folketinget med undtagelse af Liberal Alliance står bag aftalen, som sætter mål og rammer for energiomstillingen frem mod 2020. Den politiske enighed på området har givet stabile rammer for udvikling af stærke virksomheder, som producerer energi- og miljøteknologi både til eksport og til brug i Danmark.

Tabere og vindere

I Danmark er der mange, som taler om samfundets omstilling til vedvarende energi som en positiv proces, der skaber en række win-win-situationer. Det er der gode argumenter for at mene. Omstillingen giver mange gevinster for miljø og sundhed, den anses på længere sigt for at være billigere end at fortsætte med fossile brændsler, og den kan give nye arbejdspladser, øget beskæftigelse og eksportindtægter til danske virksomheder inden for energiteknologi.

Andre ser omstillingen som en byrde, der kræver meget store investeringer og gør energiregningen dyrere både for erhvervslivet og borgerne. En del af uenigheden bunder i, at man anlægger forskelligt tidsperspektiv. Man kommer dog ikke uden om, at der skal træffes beslutninger, som ikke vil være populære hos alle hele tiden. Højere afgifter på fossile brændsler kan f.eks. være et godt redskab til at begrænse forbruget, men afgifter er aldrig populære. De politikere, som har magten, er i reglen tilbageholdende over for beslutninger, som gør det dyrere at bruge energi. De er bange for at blive så upopulære, at deres vælgere i protest stemmer på et andet parti næste gang.

Men de upopulære beslutninger er først og fremmest en byrde på kort sigt. Hvis vi ikke begrænser forbruget af fossile brændsler, skubber vi byrden foran os, som fremtidens borgere skal bære. De risikerer ikke at have adgang til en stabil energiforsyning og at komme til at lide under alvorlige globale klimaforandringer, hvis vi vælger at fortsætte med et CO₂-udslip som nu – eller større.

På samme måde er det som regel et spørgsmål om tidsperspektiv, når der er uenighed om, hvorvidt energiforsyning til erhvervslivet generelt er en skadelig byrde eller et gavnligt skub, som gør virksomhederne mere energieffektive og innovative og dermed forbedrer deres konkurrenceevne på langt sigt¹⁰.

En grøn omstilling af energiforsyningen har dog reelt både vindere og tabere undervejs. Hvis man på verdensplan satser massivt på energibesparelser og omstilling til vedvarende energi på bekostning af fossile brændsler, får det store konsekvenser for alle de virksomheder, som har investeret i den fossile energisektor. Det gælder også pensionsselskaberne, som bestyrer de midler, almindelige lønmodtagere skal leve af, når de bliver gamle.

10 Se bl.a. Energistyrelsens analyse: <http://www.ens.dk/info/nyheder/nyhedsarkiv/lavere-energiudgifter-giver-danske-industrivirksomheder-konkurrencefordel>



Unge til EU-konference i Strasbourg: Klimaudfordringerne kan ikke klares af de enkelte lande alene. EU har også en fælles energi- og klimapolitik for fremtiden.

Bliver velfærdsstaten energiforladt?

Det er ikke kun danskernes pensionsopsparinger, som kan være afhængige af investeringer i fossile energiselskaber. Det samme kan i en vis forstand siges om hele det danske velfærdssystem. Energiafgifterne finansierer en stor del af velfærdssamfundets udgifter til børnepasning, gratis skoler og uddannelse, hospitaler og sociale ydelser af enhver slags. I 2014 vil energiafgifterne indbringe over 52 mia. kr. til statskassen. Det er mere end halvdelen af de samlede indtægter på afgifter, som i alt er på ca. 98 mia. kr.

Når vi helt afskaffer kul, naturgas og olie og udelukkende bruger vedvarende energi, kommer der ikke flere penge i kassen fra CO₂-afgifter. Hver gang vi sætter en sparepære i, erstatter et utæt gammelt vindue med et nyt lavenergivindue eller lægger solceller på taget, betyder det færre kroner i statskassen fra energiafgifter til vores fælles velfærd. Når energipolitikken virker efter hensigten, og vi sparer på energien, giver det med andre ord panderynker på Christiansborg og i de økonomiske ministerier.

Staten vil miste 25 mia. kr. i provenu, når danskerne halverer energiforbruget. Det er en stor politisk udfordring ved energiomstillingen, fordi vi løbende bliver nødt til at justere afgifts- og tilskudssystemerne, så vi fortsat både har råd til velfærd og til omstilling af energisystemet. Derfor er det vigtigt med klare retningslinjer for energipolitikken, så omstillingen bliver velplanlagt og sker i tide, og så de upopulære beslutninger, som politikerne nødvendigvis må træffe undervejs, har et klart og forståeligt formål.

Tænk efter og diskuter

Forslag til opgaver

1. **Hvordan kan man regne ud**, at det på langt sigt er billigere for det danske samfund at omstille energisystemet via energibesparelser og vedvarende energi fremfor at fortsætte som hidtil med fossile brændsler?
2. **Hvad ville det betyde for det danske samfund**, hvis vi jævnligt oplevede, at der ikke var strøm i stikkontakten, varme i fjernvarmen, gas i naturgasfyret og benzin til bilerne?
3. **Hvilke steder i samfundet** spildes der stadig meget energi, selvom vi har masser af metoder og teknologi til at få de samme goder med brug af meget mindre energi? Hvilke løsninger kunne indføres?
4. **Hvorfor er Danmark bedre** end mange andre lande til at opnå politisk enighed om ambitiøse energi-planer og til at introducere energiergieffektive apparater og vedvarende energi?
5. **Hvilket forbrug kan gøres fleksibelt**, og hvor ligger de største muligheder for at flytte energiforbrug fra tidpunkter, hvor der kun er lidt energi til rådighed, til tidspunkter, hvor der er rigeligt?
6. **Hvorfor kan vi ikke altid regne med**, at vores nabolande vil stå til rådighed med energi til import eller eksport, når det danske energisystem har brug for det?
7. **Man taler meget om elektrificering** af det danske samfund. Hvilke energiområder, som i dag forsynes med olie og naturgas, kan elektrificeres – og med hvilken teknologi?

FORSLAG TIL OPGAVER

- A. **Ved du, hvor meget energi**, I bruger derhjemme til el, varme, varmt vand og transport? Undersøg det og vurder, om der er sparemuligheder.
- B. **Lav en kortlægning af skolens energiforbrug**. Hvor meget energi bruger skolen i form af el og varme målt i hhv. kroner og kWh/år?
- C. **Hvilke tiltag kan jeres skole lave** for at begrænse energiforbruget? Hvor meget kan I spare, hvis I får elever og lærere til at slukke for lys, computere osv.
- D. **Planlæg og gennemfør en adfærdskampagne**, som kan få elever og lærere til at ændre adfærd og spare energi. I skal identificere målgrupperne, udvikle kampagne-materiale og følge op på resultatet.

Læs mere

MERE OM DETTE HÆFTE

Det Økologiske Råd har produceret dette hæfte
www.ecocouncil.dk

**Det Økologiske Råds website om Den store energi-
omstilling**
www.energiomstilling.dk

**Undervisningsportal om klimaforandringer og
energiomstilling**
www.climateminds.dk

ENERGIPOLITIK

Klimakommissionens rapport fra 2010
Læs mere på www.ens.dk

Energiaftalen af 22.3.12
Læs mere på www.ens.dk

SR-regeringens klima- og energipolitik
Læs mere på www.ens.dk

Energipolitisk redegørelse 2013
Læs mere på www.ens.dk

BAGGRUNDSVIDEN

Baggrundsrapporter om grøn energi, 2010
Læs mere på www.ens.dk

**Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050.
Energistyrelsen, maj 2014**
Læs mere på www.ens.dk

Energibesparelser i Danmark, Energistyrelsen
www.ens.dk/forbrug-besparelser **Spar Energi, Energi-
styrelsen**
<http://sparenergi.dk> og
<http://application.sparel.dk/ElWebUI/El/index.aspx>

KLIMAFORANDRINGER

Seneste rapporter fra IPCC
www.ipcc.ch

Det danske IPCC-arbejde
<http://ipcc.vejrblog.dk/#home>

BIOBRÆNDSLER

EU's krav til biobrændstoffer, EU-oplysningen
www.eu-oplysningen.dk/emner/energiklima/bio/

Energistyrelsen om bæredygtige biobrændsler
Læs mere på www.ens.dk

Miljøstyrelsen om biobrændsler
Læs mere på www.mst.dk

Det Økologiske Råd om bæredygtige biobrændsler
[www.ecocouncil.dk/udgivelser/artikler/energi-og-
klima/2126-principppapir-arvend-biomasse-med-omtanke](http://www.ecocouncil.dk/udgivelser/artikler/energi-og-klima/2126-principppapir-arvend-biomasse-med-omtanke)

**Analyse af bioenergi i Danmark. Energistyrelsen,
maj 2014**
Læs mere på www.ens.dk

**Biogas i Danmark - status, barrierer og perspektiver.
Energistyrelsen, maj 2014**
Læs mere på www.ens.dk og
[www.landbrugsinfor.dk/energi/biogas/sider/startside.
aspx](http://www.landbrugsinfor.dk/energi/biogas/sider/startside.aspx)

Brancheforeningen for biogas
www.biogasbranchen.dk

Læs mere

ORGANISATIONER OG RÅDGIVNING

Det Økologiske Råd

www.ecocouncil.dk

Energitjenesten

www.energitjenesten.dk

Organisationen Vedvarende Energi

www.ve.dk

Brancheorganisationen Dansk Energi

www.danskenergi.dk

Dansk Industri om Grøn Omstilling

<http://energi.di.dk>





Klimaforandringer, hensynet til forsyningssikkerheden og behovet for bæredygtig vækst betyder, at Danmarks energiforsyning skal omlægges grundlæggende i de kommende år.

Vi er vant til, at der altid er strøm, når vi tænder for kontakten, varme i radiatoren og benzin til bilen, når vi har brug for det. Men sådan vil det ikke automatisk være i fremtiden, hvis vi ikke tænker i nye baner. Et næsten enigt Folketing har allerede besluttet, at den danske energiforsyning skal dækkes af vedvarende energi fra 2050. Der er almindelig enighed om, at det er muligt, men at det indebærer store udfordringer for samfundet.

Den Store Energiomstilling er et undervisningsmateriale produceret af Det Økologiske Råd til gymnasiet om energiomstillingen og de tekniske, økonomiske og politisk udfordringer, den indebærer.

Den Store Energiomstilling suppleres af en inspirationsfilm og et undervisningssite. Materialerne kan bruges i samfundsfag, fysik, naturgeografi, innovation og teknologi samt indgå i tværfaglige forløb.

Den Store Energiomstilling skal inspirere fremtidens forskere, teknikere, håndværkere og samfundsborgere til at engagere sig i omstillingen og gøre den til en succes.

Læs mere på www.energiomstilling.dk

Det Økologiske Råd , marts 2015

