

# ENERGIPRODUKTION OG -OMSÆTNING ELEVmateriale

MED TEKSTER OG ØVELSER



# INDHOLDSFORTEGNELSE

## KAPITEL 1: ENERGIFORSYNING FØR OG NU

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| Første halvdel af 1800-tallet: Lys og gas | s. 2 |
| Central forsyning med strøm og varme      | s. 3 |
| Energiforsyning i dag og i fremtiden      | s. 4 |

## KAPITEL 2: DE SYV FORMER FOR ENERGI

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Kinetisk energi (bevægelsesenergi)    | s. 6  |
| Kinetisk energi som rotation          | s. 6  |
| Potentiel energi (beliggenhedsenergi) | s. 7  |
| Vandkraft                             | s. 7  |
| Varme (termisk energi)                | s. 8  |
| Energikvalitet                        | s. 8  |
| Kemisk energi                         | s. 9  |
| Katalysatorer                         | s. 9  |
| Elektrisk energi                      | s. 10 |
| Jævnstrøm og vekselstrøm              | s. 10 |
| Kerneenergi                           | s. 11 |
| Fission                               | s. 12 |
| Fusion                                | s. 12 |
| Atomkraft? Nej tak!                   | s. 12 |
| Strålingsenergi                       | s. 13 |

## KAPITEL 3: PRODUKTION AF STRØM

### OG VARME I ET KRAFTVARMEVÆRK

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Energiproduktion på et kraftvarmeværk | s. 15 |
| Den danske elproduktion               | s. 16 |
| Den danske fjernvarmeproduktion       | s. 17 |
| Brændsel: Kul                         | s. 18 |
| Udvinding af kul                      | s. 19 |
| Brændsel: Biomasse                    | s. 20 |
| Hvad er vedvarende energi?            | s. 20 |
| Biomasse                              | s. 20 |

## ØVELSER

|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| Øvelse 1: Verdens energimagter før og nu | s. 22 |
| Øvelse 2: Energiomsætning                | s. 23 |
| Øvelse 3: Energikæder                    | s. 25 |
| Øvelse 4: Kraftvarmeværket               | s. 30 |
| Øvelse 5: Beregn brændsels brændværdi    | s. 31 |

# KÆRE ELEV

Du sidder nu med et undervisningsmateriale om energiproduktion og energiomsætning i hånden. Det lyder måske ikke som noget, der er særlig relevant for dig, men har du nogensinde overvejet, hvor afhængig du er af energi? Du ville hverken kunne oplade din mobiltelefon, spille PlayStation, chatte med dine venner på Messenger eller se fjernsyn, hvis ikke dit hus var tilsluttet energinettet. Og vores energiforsyning og de muligheder, der følger med, har ændret sig helt enormt de sidste 100 år. Derfor er det faktisk ret relevant for dig, at finde ud af hvor energien kommer fra, og hvordan den har udviklet sig over tid.

Men energi er meget mere og andet end strøm til dine elektroniske devices. Der er energi i solen, i vinden, i planterne og i din krop. Der er energi i ting, der ligger stille, og ting der bevæger sig. Der er energi under jordens overflade og langt ude i rummet. Energien er over det hele, hele tiden, og den forsvinder aldrig, men ændrer bare form igen og igen og igen.

Alt det vil du blive meget klogere på ved at læse dette materiale og løse de tilhørende opgaver.

Vi ønsker dig rigtig god fornøjelse!

# KAPITEL 1: ENERGIFORSYNINGEN FØR OG NU

## I DETTE KAPITEL LÆRER DU OM:

- Energiforsyningen i første halvdel af 1800-tallet
- Udbredelsen af gas og elektricitet
- Opførelsen af centrale energiværker
- Energiforsyning i dag

Igennem menneskehedens historie har vi fundet mange forskellige måder at omsætte energien i vores omgivelser. Der er sket meget siden mennesket for en million år siden for første gang lærte at tænde bål til at lave mad, få lys og holde sig varm igennem kolde vintre. Alligevel ændrede mange af principperne bag de måder, vi gjorde brug af energi sig meget lidt, før sidste del af 1800-tallet. Her fik de fleste danske hjem stadig deres lys og varme fra ildsteder i hjemmet. I løbet af det 19. århundrede ændrede den danske energiforsyning sig dog radikalt, da fossile brændsler som kul, gas og olie blev udbredt, og energiforsyningen blev taget ud af de enkelte hjem og samlet i centrale el-, gas- og varmegværker.

### OLE RØMER OG TRANLAMPERNE

Den kendte danske astronom Ole Rømer (1644–1710) var den første til at påvise, at lyset har en hastighed. Men det var faktisk også ham, der indførte gadebelysning i København i form af tranlamper.



Gammeldags gadelampe

### FØRSTE HALVDEL AF 1800-TALLET: LYS OG GAS

I starten af 1800-tallet skete al energiproduktion lokalt i hjemmet. Opvarmning foregik i ovne, der fyrede med trækul eller brænde, og madlavning skete typisk over et åbent ildsted. Belysningen kom fra vokslys og tranlamper – begge dele brændte på dyrefedt, hvilket formentlig har lugtet fælt. Gadebelysningen bestod også af tranlamper, og hver aften gik der derfor mænd rundt – de såkaldte vægttere – og tændte hver eneste gadelampe.

I England var man dog meget længere fremme. Allerede i slutningen af 1700-tallet var det lykkedes skotten William Murdoch at benytte den gas, der udvikles ved kulafbrænding til at oplyse sin villa. Det var altså trangen til bedre belysning, der udviklede den første gasværksindustri, og i 1814 oplystes flere gader i London med kulgass. Da gasbelysningen havde stået sin prøve i London, fulgte flere europæiske storbyer med, og i midten af 1800-tallet begyndte gasværker at skyde op i Danmark.

Gassens udbredelse blev dog forsinket noget af, at den første olie, i form af petroleum, kom til Danmark fra USA i midten af 1800-tallet. Petroleummen blev nemlig hurtigt populær som lampeolie.

### FIS I EN HORNLYGTE

Glas var en mangelvare i starten af 1800-tallet, og derfor blev der brugt horn i gadelamperne som erstatning, hvilket gav en meget sparsom belysning. Det er deraf udtrykket *Fis i en hornlygte* kommer. Tællelyset inde i lampen kaldte man for en fis, og udtrykket anvendes i dag som slang for noget, der er overvurderet eller skuffende.



Tranlampe



Brændeovn

### UDBREDELSEN AF KRAFTVARME I DANMARK

Kraftvarmeværker er meget udbredte i Danmark i modsætning til resten af verden, og det er der mange gode grunde til! I Danmark har vi et stort behov for varme i vores husstande, og så er befolkningstætheden så høj, at det kan lade sig gøre at etablere store, centrale værker. Det er desuden også besluttet politisk, at der er tilslutningspligt til kraftvarmeværkerne, og så har vi lagt en stor teknologisk indsats i at udvikle og effektivisere kraftvarmeværkerne. Som eksempel har Avedøreværket en samlet virkningsgrad på op til 94 % og er dermed et af verdens mest effektive energiværker.



Avedøreværket i Hvidovre

## CENTRAL FORSYNING MED STRØM OG VARME

Ca. 35 år efter gassens indtog, åbnede de første elværker i Danmark, nemlig i Køge og Odense i 1891. Større bygninger og virksomheder i København havde allerede fået elektricitet i 1880'erne, men den egentlige elforsyning tog først sin begyndelse i 1890'erne. Københavns første elværk åbnede i Gothersgade i 1892, og allerede samme år blev elektrisk gadebelysning tændt på Kongens Nytorv.

De næste 50 år udviklede elforsyningen sig gradvist, og i starten af 1940'erne havde 98 % af alle husstande i bykommunerne elektricitet.

I 1903 åbnede det første fjernvarmeanlæg på Frederiksberg. Her kunne oprettelsen af et fjernvarmeanlæg både bidrage til at brænde det affald, som var ved at fylde byens lossepladser op, og samtidig levere varme til bygningerne på Frederiksberg. De første anlæg var offentligt ejede og forsynede derfor kun offentlige bygninger, bl.a. Frederiksberg Hospital.

I 1920'erne åbnede de første kraftvarmeværker i henholdsvis København og Århus, der som noget helt nyt brugte den overskydende varme fra elproduktionen til opvarmning af bygninger. Ligesom med de første el- og varmeværker var den energi, der blev produceret på kraftvarmeværkerne, i første omgang kun til offentlige bygninger som hospitaler. Med det stigende befolkningstal steg efterspørgslen på energi dog, og værkerne begyndte derfor også at forsyne de danske hjem. I løbet af 50'erne og 60'erne blev der bygget flere centrale kraftvarmeværker i hele landet. Med udbredelsen af kraftvarmeværkerne overgik danskerne dermed for alvor til en central energiforsyning. Men hvordan ser fremtiden ud?

## ENERGIFORSYNING I DAG OG I FREMTIDEN

Langt de fleste danskere får stadig deres energi fra centrale kraftvarmeværker, men solvarmeanlæg og solceller på tagene er også blevet et almindeligt syn. Solcellerne forsyner husstandene med strøm, og solvarmeanlæggene varmer vand op, som kan bruges i husets forsyning af varmt vand. På den måde kan husstande nu være mere eller mindre selvforsynende med energi igen dog på en helt ny måde. Der kan være mange grunde til at etablere solceller og solvarmeanlæg, men nogle af grundene er, at de kan sikre en mere bæredygtig energiproduktion og på sigt spare på el- og varmeregningen. Det er i dag også muligt at få installeret et jordvarmeanlæg, der udvinder varmen direkte ud af jorden.

Spørgsmålet er, om vi for fremtiden bliver selvforsynende med energi igen, men med brug af nye energikilder? Eller om vores kraftvarmeværker finder en måde at forny energiproduktionen? Men hvad er det der energi overhovedet for noget, og hvor kommer det fra? Det kan du blive meget klogere på i de følgende kapitler!

**Find øvelsen** "Verdens energimagter før og nu" på side 22 og bliv klogere på, hvordan energiproduktionen har udviklet sig gennem tiden i et globalt perspektiv.

# KAPITEL 2: DE SYV FORMER FOR ENERGI

## I DETTE KAPITEL LÆRER DU OM:

- De syv former for energi
- Energikvalitet
- Katalysatorer
- Energiproduktion i en vindmølle og en solcelle
- Atombomben og atomkraft

I sidste kapitel blev du klogere på, hvordan vi har forsynet os med energi igennem tiden. I dette kapitel kunne vi godt tænke os at lære dig, hvad energi egentlig er. Du har måske allerede en ret god idé om det, men betegnelsen *energi* dækker faktisk over utrolig mange forskellige ting. Energi findes nemlig i hele syv forskellige former og omdannes hele tiden fra én form til en anden. Det er disse syv former for energi, og deres bevægelse fra en form til en anden, som du lærer mere om i dette afsnit.

Oprindeligt kommer størstedelen af den energi, som vi har tilgængelig på jorden, fra solen. Solens lys giver bl.a. energi til planter, der vokser og får frugter. Hvis du spiser en af disse frugter, får du energi til at bevæge dig, f.eks. med en rask omgang fodbold. Når du sparker til bolden, overføres noget af din energi til bolden, der bevæger sig. Samtidig får du varmen og begynder at svede. Energien kan altså hverken forsvinde eller opstå, den kan kun ændre form. Ved enhver omdannelse vil der dog være et energispild i form af varme.

### JOULE

Joule er det internationalt bestemte navn på måleenheden for energi, ligesom *meter* er navnet på måleenheden for længde, og *sekunder* er navnet på måleenheden for tid.

Al energi, vi kender til, kan inddeles i syv grundlæggende energiformer, som du vil blive præsenteret for i dette kapitel:

- Kinetisk energi (bevægelsesenergi)
- Potentiel energi (beliggenhedsenergi)
- Varmeenergi
- Kemisk energi
- Kerneenergi
- Elektrisk energi
- Strålingsenergi

## KINETISK ENERGI

Et legemes kinetiske energi,  $E_{kin}$ , er bestemt som en halv gange legemets masse,  $m$  (måles i kg), gange kvadratet på legemets fart,  $v$  (måles i m/s):

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

I praksis betyder det f.eks., at en person, der løber hurtigt, har mere kinetisk energi, end en person, der går langsomt. Samtidig har en tung person mere kinetisk energi, end en let person, der bevæger sig med samme fart.

## ENERGIPRODUKTIONEN I EN VINDMØLLE

En vindmølle udnytter den kinetiske energi i vinden til at generere elektrisk energi. Ved en vindstyrke på 4 m/s eller derover, vil vinden få vindmøllevingerne til at dreje rundt. Vindmøllen kan vende sig i den vinkel, der er allerbedst i forhold til vinden og dermed udnytter den kinetiske energi i vinden bedst muligt. Inden i vindmøllen vil en aksel dreje rundt, når vingerne drejer rundt. Denne aksel er forbundet til en el-generator, der genererer elektricitet, som sendes ud i forsyningsnettet.



I en vindmølle omdannes vindens kinetiske energi til elektrisk energi.

## KINETISK ENERGI (BEVÆGELSESENERGI)

Kinetisk energi er den energi, et legeme har, fordi det bevæger sig.

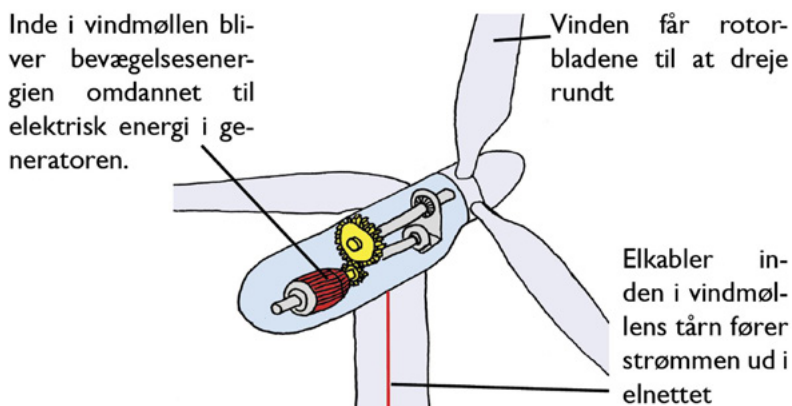
Hos et legeme, der bevæger sig med en konstant fart, er den kinetiske energi også konstant. Man siger også, at den kinetiske energi er bevaret. De fleste legemer vil dog på et tidspunkt ændre fart af den ene eller anden grund, hvorved den kinetiske energi ændres. Hvis eksempelvis en person kaster en bold, sættes boldens masse i bevægelse igennem den energi, som bruges på at kaste. Bolden vil dog møde modstand, hvilket får den til at miste sin kinetiske energi. Hvis bolden f.eks. gribes af en anden, overføres boldens kinetiske energi til personens hånd, som også vil blive sat i bevægelse og blive varmere. Dermed vil noget af den kinetiske energi blive omdannet til varme.

### Kinetisk energi som rotation

Rotation er en form for kinetisk energi. Jo hurtigere et legeme roterer, des mere kinetisk energi indeholder det.

I energiproduktion bruger man ofte den kinetiske energi i rotation til at danne elektrisk energi. Det sker for eksempel både i et kraftvarmeværk, i vandkraftværker og i en vindmølle.

*Energiproduktionen i et kraftvarmeværk kan du læse meget mere om på side 15.*



Principtegning af en vindmølle

### SUMMEØVELSE HVEM HAR MEST KINETISK ENERGI?

Maria og Anton løber om kap, og Maria vinder. Men hvem har egentlig mest kinetisk energi, når de løber? Maria vejer 55 kg og løber 13 km i timen. Anton vejer 80 kg og løber 11 km i timen.

**TIP:** Brug formelboksen om kinetisk energi til at regne det ud.

## POTENTIEL ENERGI

Potentiel energi,  $E_{pot}$ , er en form for oplagret eller deponeret energi, der kan sammenskrives i formelen:

$$E_{pot} = h \cdot g \cdot m$$

Et legemes potentielle energi udregnes som et legemes masse ( $m$ ) i kg ganget med legemets højde over underlaget ( $h$ ) i meter ganget med legemets tyngdeacceleration ( $g$ ). Tyngdeaccelerationen er den acceleration et legeme accelereres med pga. tyngdekraften – den er  $9,82 \text{ m/s}^2$  på de danske breddegrader.

## POTENTIEL ENERGI

Det kræver energi at flytte et legeme op ad. Den energi, det kræver, lagres i legemet i form af potentiel energi. Potentiel energi er altså den energi, et legeme har i kraft af dets position. Jo højere oppe et legeme befinder sig, og jo tungere det er, desto mere potentiel energi indeholder det.

Det kræver f.eks. en masse energi at løfte en tung sten opad – under løftet tilføres stenen altså potentiel energi. Når den slippes, og stenen styrter mod jorden, frigives den potentielle energi igen. Når stenen er landet, har omdannelsen fra potentiel til kinetisk energi fundet sted.

### Vandkraft

Vand, der dæmmes op højt oppe på et bjerg indeholder også en stor mængde potentiel energi. Når dæmningen åbnes, og vandet fosser ud, frigives den potentielle energi, der dermed omdannes til kinetisk energi. Den kinetiske energi fra vand, der falder, kan bruges til at danne elektricitet i et vandkraftværk.

I et vandkraftværk omdannes den potentielle energi i vandet til kinetisk energi, der igen omdannes til elektrisk energi.



Vandkraftværk

### HVOR MEGET POTENTIEL ENERGI?

En container på 20 tons hæves 25 m op i luften. Hvad er dens potentielle energi i denne position? Nu hæves containeren yderligere 25 m op i luften – hvad er dens potentielle energi nu?

**TIP:** Brug formelboksen om potentiel energi til at regne det ud.

## VARMEENERGI

Ændringer i et legemes termiske energi kan defineres som:

$$\Delta E_{\text{term}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Symbolet  $\Delta$  (udtales 'delta') står for 'ændringen i', og henviser i dette tilfælde til ændringen i termisk energi.  $m$  står for legemets masse,  $c$  står for den specifikke varmekapacitet og  $\Delta T$  står for ændringen i temperatur.

## VARME (TERMISK ENERGI)

Termisk energi, også kaldet *varme* eller *varmeenergi*, er en energiform, som ligger lagret i atomers og molekylers uordnede bevægelser. *Uordnede bevægelser* betyder, at atomerne og molekylerne ikke har nogen fælles retning, når de danner varme, men bevæger sig rundt hulter til bulter. Ved kinetisk og elektrisk energi i et legeme bevæger alle molekylerne sig i samme retning.

Lad os komme med et eksempel: I en kedel med varmt vand bevæger vandmolekylerne sig rundt i en stor pærevælling, og det er disse bevægelser på stedet, der skaber varme. I takt med at vandet bliver koldere, frigives varmen fra vandet til omgivelserne – kedlen, bordet og luften. Hvis du rører ved kedlen, og din hånd bliver varm, vil du også have aftaget noget af energien i det varme vand. Molekylernes uordnede bevægelser spreder sig således gradvist udad til et større og større område.

### SUMMEØVELSE

Gå på opdagelse i klassen to og to. Hvad kan I afgive energi til? Og hvad kan I modtage energi fra? Tænk på ting som kulde, varme og bevægelse.

## Energikvalitet

Energikvalitet er en betegnelse, der fortæller noget om, hvordan energi omdannes. Jo højere energikvalitet, desto mindre spild, når energiformen omdannes fra en form til en anden. Kinetisk og potentiel energi har en høj energikvalitet, da de effektivt kan omdannes til stort set alle andre former for energi – f.eks. i en vindmølle (kinetisk energi bliver til elektrisk energi) eller i et vandkraftværk (potentiel energi bliver til kinetisk energi, der igen bliver til elektrisk energi).

Elektrisk energi karakteriseres også som en energiform med en høj energikvalitet, selvom der er et stort varmespild ved elektrisk energi. Du har sikkert lagt mærke til, at opladeren til din mobiltelefon eller computer bliver meget varm, når den lader – denne varme er et spildprodukt. Energikvaliteten i elektrisk energi er høj, fordi elektrisk energi let kan omdannes til andre energiformer. I kraftvarmeværker udnyttes varmespildet ved elproduktion til fjernvarmeproduktion.

Varmeenergi karakteriseres som en energiform med en lav energikvalitet. Al energi kan omdannes til varme, men det er svært at omdanne varmeenergi til andre energiformer, og det er svært at udnytte varmeenergien 100 %. I kraftvarmeværkernes energiproduktion kan vi dog udnytte den spildvarme, der ikke omdannes til elektricitet, i fjernvarmenettet. Hvis vi blev bedre til at skabe isolerede miljøer, ville vi også kunne udnytte varmeenergien bedre.

## KEMISK ENERGI

Den kemiske energi i et stof afhænger af stofmængdens masse,  $m$ , og stoffets brændværdi,  $B$ :

$$\Delta E_{\text{kemisk}} = B \cdot m$$

Kemisk energi angives i joule (J) og brændværdien,  $B$ , er den mængde kemiske energi, der frigives ved forbrænding af 1 kg af stoffet (J/kg).

## SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS (SI-SYSTEMET)

Som vi allerede har nævnt, så måles energi i joule (J), men hvordan har man egentlig fundet ud af det? Når vi beskæftiger os med energi, har vi at gøre med naturens egenskaber, som vi forsøger at sætte tal på. I 1954 besluttede man at lave et internationalt standardiseret system, så alle måler i de samme enheder over hele jorden. Systemet kalder vi normalt for SI-systemet, og enhederne kalder vi SI-enheder. Nogle af de mest almindelige SI-enheder er f.eks. *joule*, der er SI-enhed for energi, *meter*, der er SI-enhed for længde, *kilogram*, der er SI-enhed for masse, og *sekunder*, der er SI-enhed for tid.



Uden katalysatorer ville udstødningsrøgen være langt mere miljøskadelig

## KEMISK ENERGI

Kemisk energi er energi, der er bundet i et stof, og som kan frigives ved kemiske processer, f.eks. den energi, der er i mad og benzin. Når benzin brændes af i en motor sker en kemisk proces, der skaber kinetisk energi i køretøjet (bilen bevæger sig). Det samme er tilfældet, når du indtager føde og får energi til at tænke, føle og bevæge dig.

Fotosyntese er et rigtig godt eksempel på dannelsen af kemisk energi. I planterne omdannes strålingsenergien fra solen til kemisk energi, der i planterne lagres som glukose.

Når dyr og mennesker spiser planterne, frigives den kemiske energi til kroppen. Ligesom i bilens motor sker der en forbrænding. Ved forbrændingen i bilen og kroppen ændres de kemiske bindinger mellem atomerne – bindinger som består af energi. Når bindingerne opløses under forbrændingen af maden eller benzinen, udløses den kemiske energi.



Planter lagrer kemisk energi, hvilket dyr og mennesker kan nyde godt af.

## Katalysatorer

En katalysator er et stof, der fungerer som medhjælper i en kemisk reaktion, men som ikke indgår i det endelige produkt. Katalysatoren får den kemiske reaktion til at ske hurtigere og ved et lavere energiniveau. Enzymer i vaskepulver, er et eksempel på en biologisk katalysator, der gør nedbrydningen af fedt, stivelse og proteiner mere effektiv. Og i en bils motor sørger partikler af ædle metaller for at formindske de forureningsstoffer, som bilen udsender, når motoren kører.

## ENERGIFORBRUG

Formlen for udregning af energiforbrug i elektriske apparater er simpel og ser sådan ud:

$$E = P \cdot t$$

Et apparats energiforbrug udregnes ved at gange effekten,  $P$  (målt i Watt), med tiden,  $t$  (målt i sekunder). Energiforbruget fremkommer i Joule.

## STATISK ELEKTRICITET

Elektrisk energi kan også opstå udenfor en elektrisk leder som statisk elektricitet. Statisk elektricitet kan opstå ved gnidning. Hvis du f.eks. gnider en ballon mod dit hår, vil både håret og ballonen blive elektrisk.

Statisk elektricitet er også det, der opstår, når du får stød af at røre ved f.eks. et håndtag. Der er mange faktorer, der kan skabe den statiske elektricitet, bl.a. fodtøj, gulvbelægning og luftfugtighed.



Højspændingsledninger.

## ELEKTRISK ENERGI

Elektrisk energi defineres som energi med høj kvalitet. Kvaliteten er høj, fordi elektrisk energi kan omdannes fuldstændig til en lang række andre energiformer.

Elektrisk strøm kan opstå, når elektroner bevæger sig i en leder. For at skabe elektrisk energi skal man bruge et materiale, der kan lede strømmen ved at frigøre elektroner. De bedste strømledere, er derfor dem, der er mest villige til at afgive elektroner. De fleste metaller er gode elektriske ledere, da de indeholder frie elektroner, der kan transportere elektrisk ladning. Kobber er en god strømleder til prisen (sølv ville f.eks. være langt dyrere), og det er derfor, at vi bruger kobber indeni bl.a. ledninger og kabler.

## SUMMEØVELSE

Udregn energiforbruget i en 60 watts glødepære, hvis den er tændt i 24 timer. Udregn nu energiforbruget i en 11 watts sparepære i samme tidsinterval. Hvor meget mindre energi udleder en sparepære på et døgn? Hvad med på et år?

## Jævnstrøm og vekselstrøm

Man kan tale om *jævnstrøm* og *vekselstrøm*. Ved jævnstrøm bevæger strømmen sig i den samme retning, hvor den ved vekselstrøm skifter retning hele tiden (i det danske forsyningsnet skifter strømmen retning 100 gange hvert sekund!). Siden midten af forrige århundrede har vi haft vekselstrøm i det danske forsyningsnet. Det er jævnstrøm, der findes i batterier.

Vekselstrøm kan transformeres op og ned, så de høje spændinger i overføringsnettene uden større energitab kan transformeres til lavspændingsvekselstrøm, der fordeles ud til husstandene. I en stikkontakt er den gennemsnitlige spænding 230 V, hvor højspænding er på minimum 1000 V.



## KAN VI UDNYTTE ENERGIEN I ET LYN?

Der er enorme mængder energi i et lyn – en strømstyrke på op til 200.000 ampere og en spænding, der kan være på flere hundrede millioner volt.

Desværre er det kun en meget lille del af energien, der når jordens overflade, da det meste bliver afsat i lynkanalen mellem sky og jord. Derfor kan det desværre ikke rigtig betale sig at forsøge at udnytte energien i lyn.

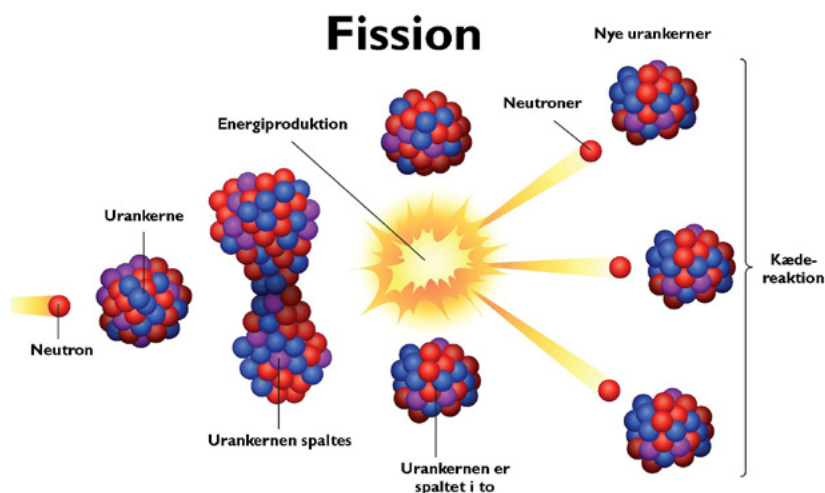


Der er fantastisk store mængder energi i lyn.

## KERNEENERGI

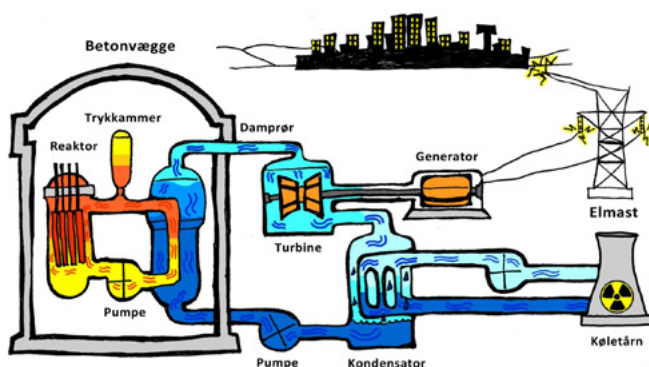
Kerneenergi er den energi, der frigøres ved kerneprocesser. Det særlige ved kerneenergi er altså, at energien frigives ved at spalte selve atomet, hvor f.eks. kemisk energi frigives, når atomerne i et molekyle deler sig. Kræfterne i atomkerner er nemlig meget stærkere end kræfterne mellem atomer og molekyler, og der kan derfor produceres meget større energimængder ved kerneenergi (*inden* atomkernerne) end ved kemisk energi (*mellem* atomerne).

Det er dog meget lidt energi i en enkelt urankerne, og der skal derfor millioner af urankerner til, hvis energiproduktionen skal foregå i en skala, hvor man kan bruge det til noget.



Billede på fissionsprocessen. Der skabes varme, som kan omdannes til strøm i fissionen.

## Energiproduktion i et atomkraftværk



Der er to muligheder for at producere energi ved kerneprocesser: *fission*, som er spaltning af meget tunge atomkerner, og *fusion*, som er sammensmeltning af lette atomkerner.

## ATOMBOMBERNE OVER HIROSHIMA OG NAGASAKI

Første gang, der anvendtes kerneenergi i større skala, var formålet ikke at skabe energi, men at gøre skade. Det var nemlig, da USA smed atombomber over de japanske byer Hiroshima og Nagasaki under 2. verdenskrig. Det er første og eneste gang, at atombomber er blevet anvendt i krigsførelse.

I 1950'erne kom det første egentlige kernekraftværk i Storbritannien, og sidenhen er adskillige kernekraftværker kommet til. Danmark er et af de få industrialiserede lande i verden, der ikke har etableret kernekraftværker. En lille del af vores energi kommer dog alligevel fra kernekraft, nemlig når vi køber energi fra vores naboer i Sverige og Tyskland.



Atombombe-kuplen i Hiroshima er den eneste bygning, der ikke blev totalt destrueret under bombningen i 1945.



Det verdenskendte logo og slogan

## Fission

Fission er den proces, der finder sted på et kernekraftværk – også kaldet et *atomkraftværk*, hvor urankerner spaltes. En neutron sendes ind i uranens atomkerne, der spaltes i to. Det er denne spaltning, der skaber energien. Men ved fissionen sker der ikke bare en stor energiproduktion, der udsendes også to-tre nye neutroner. Disse neutroner kan udløse fission i nye urankerner, og der dannes dermed kæder af fissionsprocesser, der udvikler sig automatisk. Det er denne kædereaktion, der danner grundlag for både energiproduktionen i et kernekraftværk og i kernevåben (atombomber). I kernekraftværket er processen dog kontrolleret, i modsætning til i atombomben, hvor frigørelsen sker uden kontrol.

## Fusion

Fusion er sammensmeltning af lette atomkerner, f.eks. forskellige former for brint. Man har i mange år arbejdet på at kunne udnytte fusionsprocesser til fredelige formål, såsom elproduktion, men det er endnu ikke lykkedes. Problemet er, at atomkernerne frastøder hinanden, da de begge er positivt ladede, og de derfor skal opvarmes til mange millioner grader for at kunne bevæge sig så hurtigt, at de kan overvinde frastødningen.

## Atomkraft? Nej tak!

Spørgsmålet om indførelse af kernekraftværker i Danmark har flere gange været på den politiske dagsorden, men er indtil videre ikke blevet realiseret. Det kendte logo med sloganet "Atomkraft? Nej tak" blev skabt af græsrodsorganisationen *Organisationen til Oplysning om Atomkraft* (OOA) i 1970'erne. OOA demonstrerede mod Sveriges indvielse af atomkraftværket Barsebäck, og regeringens plan om at bygge atomkraftværker, som modtræk til den daværende oliekrise. Den gule sol og sloganet er sidenhen blevet folkeeje.

Hvis man skal se helt nøgternt på kernekraft, er der både fordele og ulemper ved energiproduktion via kerneprocesser. Som udgangspunkt er produktionen CO<sub>2</sub>-neutral, hvilket er en positiv ting. Energiproduktionen på kernekraftværker skaber dog en stor mængde affaldsstoffer, der udsender ioniserende stråler, og derfor er skadelige for mennesker, planter og dyr. Der går mange tusind år, førend affaldsstofferne ikke er skadelige længere, og de skal derfor forsegles og opbevares sikkert, hvilket kan være problematisk.

Der er også altid faren for en kernekraftulykke, som vi så i Ukraine i 1986 og i Japan i 2011. I begge tilfælde, er man blevet nødt til at evakuere folk i en flere kilometer stor radius fra kraftværkerne, da den ioniserende stråling i det radioaktive affald er ekstremt skadelig. Området omkring Tjernobyl er stadig, efter mere end 30 år, erklæret for ubeboeligt og livsfarligt.

## STRÅLINGSENERGI

Næsten al den energi, vi omsætter på jorden, kommer oprindeligt fra solen, og det er solens lys, der skaber energien. Den eneste undtagelse er geotermisk energi, der udnytter varmen fra jordens indre.

Det særlige ved strålingsenergi er, at det kan bevæge sig uden masse. Strålingsenergi er dog andet og mere end bare lys.

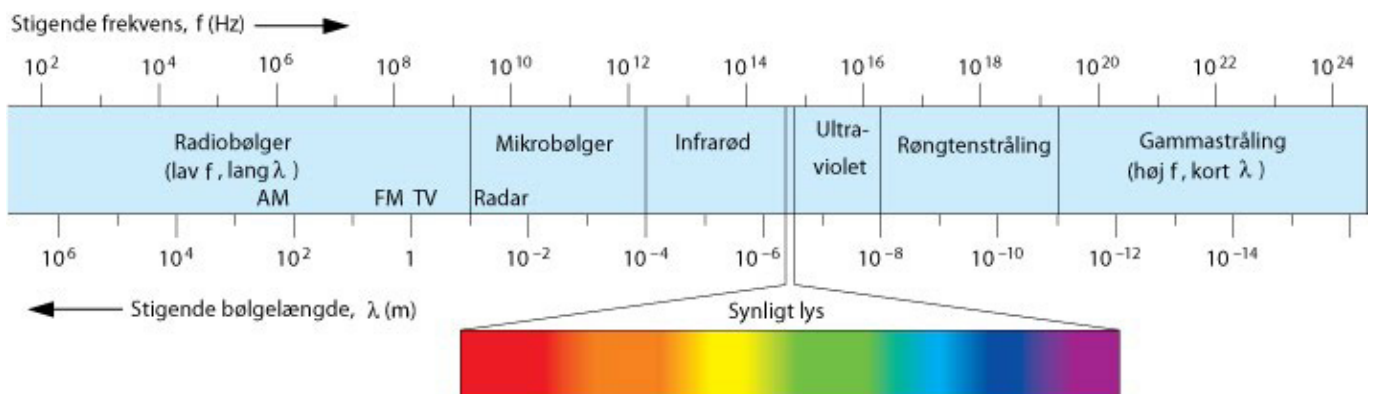
I det elektromagnetiske spektrum opdeles strålingsenergi i syv overordnede kategorier:

- Radiobølger
- Mikrobølger
- Infrarød stråling
- Synligt lys
- Ultraviolet lys
- Røntgenstråling
- Gammastråling

Forskellen på de forskellige strålingstyper er deres bølgelængde og frekvens. *Frekvens* henviser til bølgenes svingninger per sekund – altså hvor lange eller korte bølgerne er. Jo kortere bølgelængden er, desto højere er frekvensen og dermed energiniveauet i strålingen.

### SUMMEØVELSE

Få fat i en sparepære og en glødepære med samme lysstyrke. Placer først den ene og derefter den anden pære i en lukket papæske med et termometer indeni (fatning og ledning kan stikke ud i bunden af kassen). Lad f.eks. pærerne være tændt i tre minutter og mål temperaturen før og efter. Hvilken pære udsender mest energi som spildvarme? Hvad er forskellen på de to pærer?

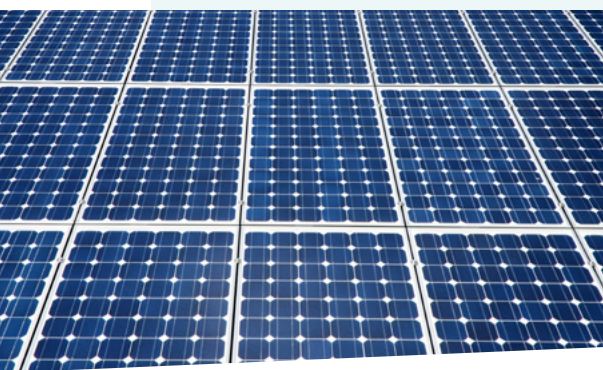


Kilde: 'Spektre' i Niels Bohr Institutets fysikleksikon,  
<http://fysikleksikon.nbi.ku.dk/s/spektre/>

## ENERGIPRODUKTION I EN SOLCELLE

Solceller udnytter det synlige lys fra solen, som de omdanner til elektrisk energi. Solcellerne består af grundstoffet silicium, som kan opfange solenergien og omdanne den til elektrisk energi.

Styrken af den strøm, som solcellen producerer, afhænger af solcellemodulets størrelse og den intensitet, som sollyset har. Både den direkte og den diffuse del af solens stråler kan aktivere solcellen, og lave elektricitet.



**Radiobølger** har den laveste frekvens og den længste bølgelængde og benyttes til radiotransmissioner. **Mikrobølger** bruges i bl.a. radarsystemer og mikrobølgeovne. **Infrarød stråling** kaldes også for varmestråling, og er den strålingsenergi, et opvarmet legeme udsender. Med infrarød teknik kan man derfor se legemer, der udsender varme, i mørke og usigtbart vejr. I solceller er det det synlige lys, der skaber elektrisk energi. Det er også det **synlige lys**, der omdannes til varme (varmt vand) i et solvarmeanlæg. Vi kan ikke se det **ultraviolette lys**, men det er det, der gør os solbrændte. **Røntgenstråling** bruges hovedsageligt i medicinske undersøgelser, hvor man via en røntgenundersøgelse af kroppen kan få vist bl. a. brækkede knogler og huller i tænderne. Endelig er **gammastråling** den mest energirige form for elektromagnetisk stråling, og den bruges blandt andet i kræftbehandling.



Med en termografisk undersøgelse er det muligt at se, hvor varmen slipper ud af din families hus, og hvor der derfor trænger til at blive isoleret bedre. Den termografiske undersøgelse foregår ved brug af et avanceret infrarødt kamera, der registrerer varme i forskellige farver, på en skala fra blå (koldest) til rød (varmest).

I næste kapitel skal vi se på, hvordan der produceres energi i et kraftvarmeværk. Energiproduktionen i et kraftvarmeværk er nemlig spækket med energiomsætninger, og mange energiformer er i spil, inden vi ender med at få varme og strøm ud til vores huse.

**Find øvelserne** "Energiomsætning" og "Energikæder" på side 23-29 og *bliv klogere på, hvordan energi hele tiden omsættes fra en form til en anden.*

# KAPITEL 3:

# PRODUKTION AF

# STRØM OG VARME

# I ET KRAFTVARMEVÆRK

## I DETTE KAPITEL LÆRER DU OM:

- Hvordan der produceres strøm og varme i et kraftvarmeværk
- Danmarks elproduktion fordelt på brændselstyper
- Hvordan kul bliver dannet og udvundet
- Forskellige former for biomasse

### ENERGIPRODUKTION PÅ ET KRAFTVARMEVÆRK

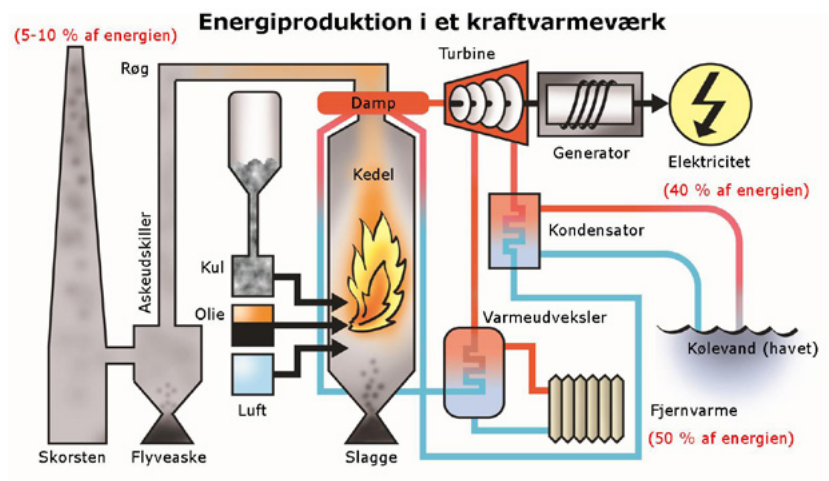
Et kraftvarmeværk omsætter den kemiske energi i brændstof (f.eks. kul eller biomasse) til elektricitet og varme. Kraftvarmeværkets vigtigste dele er kedlen, turbinen og generatoren.

**Kedlen** er et rum, hvis inderside er beklædt med rør af stål. I kedlen afbrænder man brændstoffet, som kan være kul, olie, naturgas, biomasse eller affald. Forbrændingen foregår ved, at brændstof og luft (ilt) blandes. Ved forbrændingen opstår en over 1000 grader varm røggas. I kedelrørene løber vand, som opsuger varmen fra røggassen. Herved fordamper vandet.

Vanddampen, som ud over at være varm (omkring 600°C), også er under højt tryk (omkring 200 atmosfærer), udvider sig igennem en **damp turbine**, der består af en aksel med propeller. Når dampen løber igennem damp turbinen, begynder den at rotere – ligesom en vindmølle. På akselen sidder også en **el-generator**. Den omsætter den kinetiske energi i rotationen til elektricitet. Efter at have været gennem damp turbinen er dampen blevet kølet ned. Dampen afleverer omkring 40 % af sin energi i form af elektricitet. Den indeholder stadig en del varme, men trykket er næsten "brugt op". Efter turen gennem damp turbinen køler man restvarmen af. Der er omkring 50 % af energien i dampen tilbage, i form af varme. Restvarmen bruger man til at varme bygningerne op i en by, ved at det varme vand sendes ud til bygningerne gennem fjernvarmerørene.

Den afkølede damp, hvis tryk nu er sænket, bliver herefter til vand igen og pumpes på ny ind i kedlen, hvorefter hele kredsløbet starter forfra.

Røggassen fra kedlen ledes – efter at den har afgivet det meste af sin varme (omkring 90 %) – ind gennem et røgrensningsanlæg. Her fjernes svovl, kvælstof, partikler og andre skadelige stoffer. Til sidst ledes den rensede røg ud gennem skorstenen sammen med de resterende 5-10 % af den oprindelige varmeenergi fra brændstoffet.



## SUMMEØVELSE

Sæt jer sammen to og to. Se på figuren "Danmarks elproduktion over tid fordelt på brændsler". Ifølge denne figur producerer vi cirka 50 PJ mindre el i Danmark i dag, sammenlignet med tidligere. Diskuter og undersøg, hvad årsagerne til det kan være.

## Den danske elproduktion

Den producerede elektricitet ledes ud til forbrugerne gennem elnettet. Elnettet består af et transmissions-net med store højspændingsledninger med en elektrisk spænding på mellem 132.000 og 400.000 volt. Herfra fordeles elektriciteten til byområder via fordelingsledninger med spænding på 50.000-60.000 volt og videre til de enkelte gader med spændinger på 10.000 volt. Elektriciteten i de enkelte huse har en spænding på 230 volt. For at komme fra én spænding til en anden bruges en transformator. Grunden til, at man bruger høj spænding på de store ledninger er, at man dermed kan transportere meget store energimængder med meget små tab.

Danmark producerer godt 100 PJ (peta-joule) el<sup>1)</sup> om året.

Sammensætningen af elproduktionen over tid ses i figuren nedenfor. Brændselsforbruget til elproduktion i 2015 ses i tabellen nedenfor.

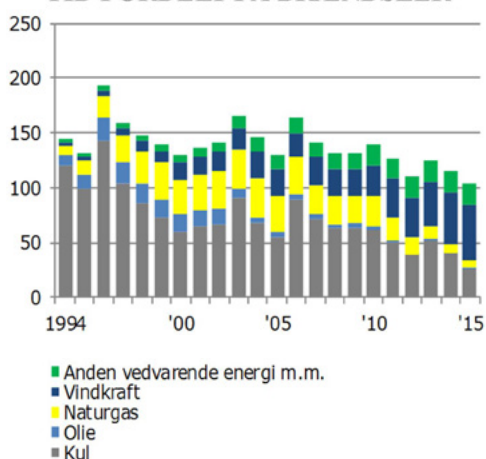


Transformatorstation i Birkerød



H.C. Ørstedsværket i København

## DANMARKS ELPRODUKTION OVER TID FORDELT PÅ BRÆNDSLER



Figur 1. Kilde: Energistyrelsen.

Figur 2. Kilde: Energistyrelsen.

## SAMMENSETNING AF BRÆNDSLSFORBRUG TIL ELPRODUKTION I 2015 (enhed = PJ)

|              |            |
|--------------|------------|
| Kul          | 58         |
| Olie         | 3          |
| Naturgas     | 14         |
| Biomasse     | 31         |
| Vindkraft    | 51         |
| Solceller    | 2          |
| Affald       | 21         |
| <b>I alt</b> | <b>181</b> |

<sup>1)</sup> peta-joule =  $10^{15}$  joule

## Den danske fjernvarmeproduktion

Selvom 50 % af energien i energiproduktionen på kraftvarmeværkerne har form af varme, så er varmen egentlig blot et restprodukt i elproduktionen. Et restprodukt, som vi har fundet gode anvendelsesmuligheder for i fjernvarmenettet.

64 % af alle danske husstande forsynes i dag med fjernvarme. Fjernvarmen kommer ikke kun fra kraftvarmeværkerne, men også fra affaldsforbrændingsanlæg, geotermi- og solvarmeanlæg.

Samlet set er der 60.000 km fjernvarmenet, der rummer omkring 1 milliard liter vand. Det varme vand løber i isolerede rør i varierende størrelser. Tættest ved forbrugeren er rørene omkring 12 mm i diameter, hvor de ved varmeproducenten kan være mere end en meter i diameter.

Når vandet sendes ud til forbrugerne er det brandvarmt. Forbrugeren bruger det varme vand i radiatoren og sender det retur til varmeproducenten ved en lavere temperatur. Mange steder vil forbrugeren få en bonus, hvis returvandets temperatur er lav nok og en merudgift, hvis temperaturen er for høj.

I næste afsnit skal vi se nærmere på de mest anvendte brændselstyper i energiproduktionen på kraftvarmeværker, nemlig kul og biomasse.

**Find øvelsen** "Kraftvarmeværkets energiomsætning" på side 30, og se om du kan svare på, hvad der sker, og hvilke energiomsætninger der finder sted inde i kraftvarmeværket.



Nye fjernvarmerør



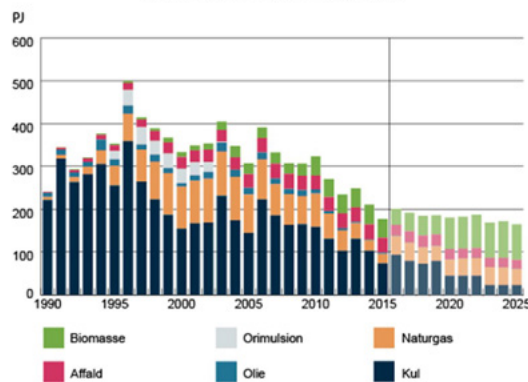
To ud af tre danske forbrugere er koblet på fjernvarmenettet.

## BRÆNDSEL: KUL

Kul er stadig den brændselstype, der bruges mest af i kraftvarmeværkernes energiproduktion, men forbruget daler i takt med at forbruget af biomasse og affald stiger. Prognosen siger, at kul kun vil udgøre 14 % af det samlede brændselsforbrug på kraftvarmeværkerne i 2025.

Kul er et såkaldt fossilt brændsel, en energireserve, der har ligget begravet i jorden i millioner af år. De fossile brændsler udgør en begrænset ressource, og vi bruger dem på nuværende tidspunkt meget hurtigere end de bliver dannet. Det er derfor, at man arbejder på at kunne erstatte forbruget af kul med mere bæredygtige brændselstyper, såsom biomasse.

### UDVIKLING I BRÆNDELSFORBRUG PÅ DANSKE EL- OG KRAFTVARME- VÆRKER 1990-2025

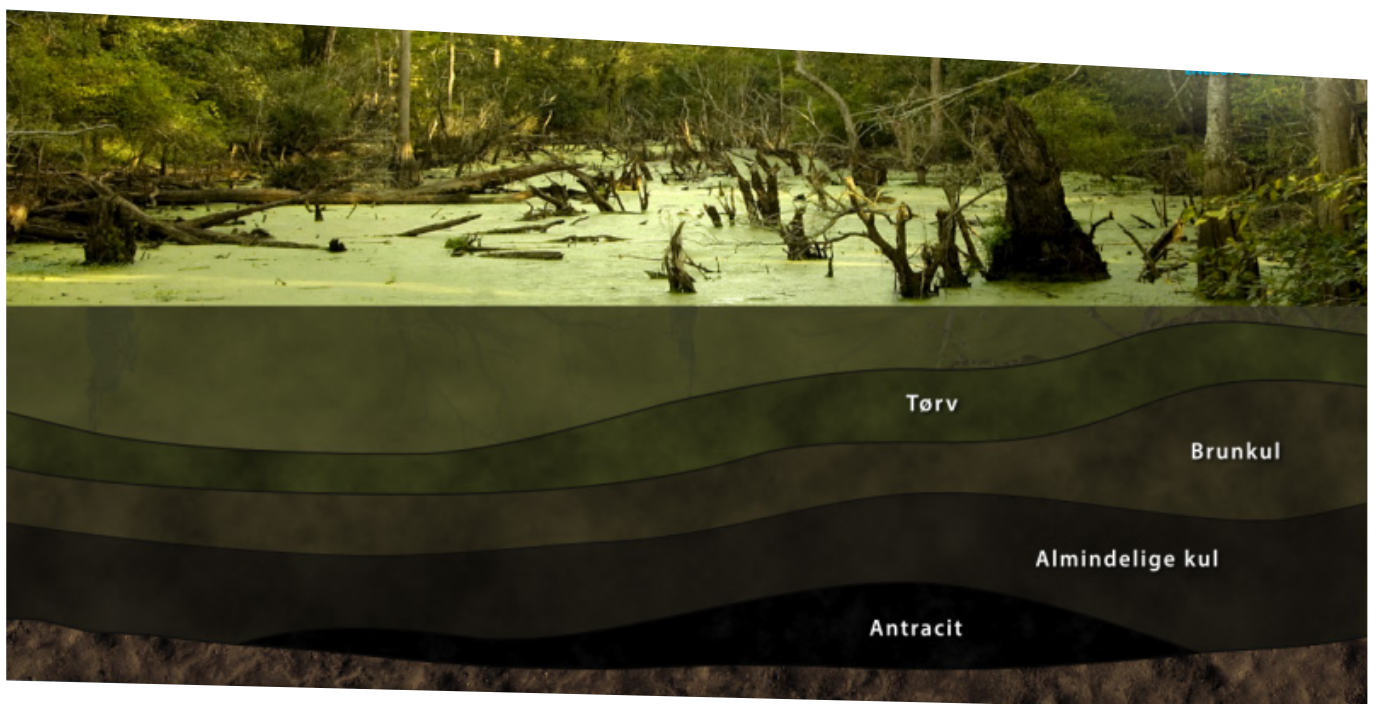


Figur 3. Kilde: Energinet.

Kul er det mest benyttede brændsel i kraftvarmeværkernes energiproduktion.



Kul er dannet af planterester, der ikke er gået i forrådnelse. Omdannelsen sker i takt med, at planteresterne begraves under et stadigt større og tungere lag af sand, sten og ler, hvilket lukker for ilttilførelsen og skaber et massivt tryk og en høj temperatur. Det er disse omstændigheder, der skal være til stede, for at planteresterne over millioner af år kan omdannes til kul.

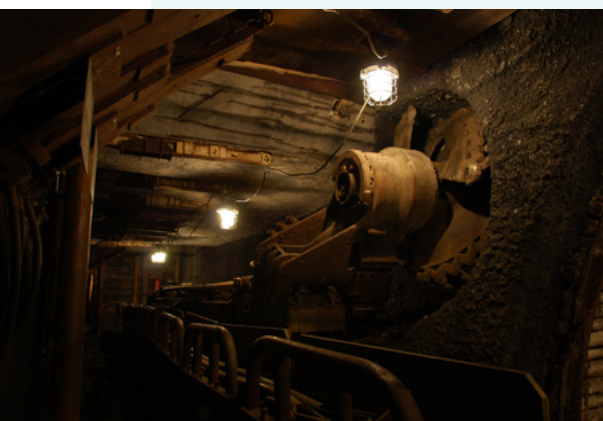


Dannelsen af kul.

Kilde: Økolariet/grafik af raybender.dk

## ET FARLIGT JOB

Arbejdet i kulminer er farligt, da ulykker nede i underjordiske kulminer kan have fatale konsekvenser. I Kina, der står for halvdelen af verdens kulminedrift, dør der f.eks. op mod 6000 mennesker årligt i minerne. Hovedårsagen til ulykker i kulminer er eksplosioner, da kulstøvet i kulminerne er meget let antændeligt. Der kan dog også opstå mange giftige gasser nede i minerne. Helt indtil 1980'erne brugte man derfor kanarifugle nede i minerne, til at advare om, hvorvidt det var farligt at opholde sig dernede. Kanarifugle er nemlig meget følsomme overfor forurenede luft. Hvis kanarifuglen holdt op med at synge eller faldt død om, handlede det altså om at komme hurtigt op af minen!



Nede i en kulmine.

## Udvinding af kul

Kul udvindes i miner, der enten er åbne eller underjordiske. De underjordiske miner er markeret med et højt tårn, hvori der er en elevator, der fører ned til de vandrette minegange i forskellige niveauer. I nogle miner er der bygget tunneller til lastbiler, der fragter kullet op til overfladen, i andre miner hejses det op med elevatoren. De åbne minebrud anvendes, når kullet ligger tæt på jordoverfladen. De åbne minebrud kan være flere kilometer i diameter og mange hundrede meter dybe. Man bruger kæmpestore maskiner til at grave kullet ud og ned på store transportbånd.

Danmark har kun få og dårlige kulressourcer og importerer derfor kul fra en række lande, herunder Colombia, Sydafrika og Rusland. Danmarks kulforbrug i 2015 var på mere end 2 millioner tons.

Kina er verden største kulproducent, efterfulgt af USA. Kina udvinder næsten halvdelen af verdens kul.



Åben mine i Sibirien.



Åbent minebrud.

## SUMMEØVELSE

Se Økolariets lille film 'Sådan er kul blevet dannet' **her**. Tal med din sidemand om, hvordan dannelsen af kul finder sted. Undersøg herefter hvor mange år, der går, førend hhv. tørv, brunkul, stenkul og antracit bliver dannet. Find billeder af de forskellige typer brændsel og lav evt. jeres egen illustration af processen.

## BRÆNDSEL: BIOMASSE

Selvom kraftvarmeværkerne i dag stadig bruger mest kul i energiproduktionen, bliver det mere og mere almindeligt at bruge biomasse. Frem mod 2025 forventes forbruget af biomasse at stige markant, og det er der rigtig mange gode grunde til. Biomasse er nemlig en såkaldt *vedvarende energikilde*.

### Hvad er vedvarende energi?

*Vedvarende energi* er en fællesbetegnelse for energikilder, der ikke udgør en begrænset ressource, som de fossile brændsler. Solenergi, vindenergi, bølgeenergi, vandkraft, jordvarme, biomasse og biogas er eksempler på vedvarende energikilder. Udfordringen med vedvarende energi er, at flere af energikilderne er utilregnelige, og det derfor er svært at bygge hele energisystemet op omkring vedvarende energi. Når vinden ikke blæser, kan dens bevægelser ikke omdannes til elektrisk energi i vindmøllerne, og når det er nat, og solen ikke skinner, bliver der hverken skabt strøm i solcellerne, eller varmt vand i solvarmeanlægget.

### Biomasse

En vedvarende energikilde som biomasse er smart, da den kan gemmes, til den skal bruges. Biomasse er da også den vedvarende energikilde, som der bruges allermest af i Danmark i dag – og som vi fremover skal bruge endnu mere af.

Biomasse er en fælles betegnelse for alt det organiske stof, der dannes ved planternes fotosyntese med solen. Når det handler om biomasse brugt i energiproduktion vil det typisk være forskellige former for træ, halm og affald, der er omfattet af betegnelsen.

Det smarte ved biomasse – i modsætning til fossile brændsler som kul – er, at det organiske stof ikke udleder mere  $\text{CO}_2$  til atmosfæren ved afbrændingen, end det har optaget i løbet af dets levetid. Derfor kan biomasse også betegnes som en  *$\text{CO}_2$ -neutral energikilde*, da det optager og afgiver samme mængde  $\text{CO}_2$ .

Ulempen ved biomasse er, at det fylder meget mere end kul, da det ikke har en lige så høj brændværdi. Kuls brændværdi er f.eks. tre gange så høj som affalds og halvanden gang højere end træpillers. Derfor skal man bruge rigtig meget plads på at opbevare biomasse.

Biomasse kan have flere forskellige former, og optræder f.eks. som træpiller, træflis, savsmuld, halm, biogas, biobrændstoffer og affald. Alle former for biomasse anvendes i dag i kraftvarmeværkernes energiproduktion.

**Træpiller** laves ved først at pulverisere og tørre træet og dernæst kitte det sammen i ca. 2 cm lange "piller". Disse er nemme at transportere, opbevare og afbrænde. Træpiller er den type biomasse, der bruges mest af på kraftvarmeværkerne.



*Biomasse er både en vedvarende og en  $\text{CO}_2$ -neutral energikilde.*

## ØRSTED A/S STOPPER BRUGEN AF KUL I 2023

For ti år siden var Ørsted A/S et af de mest kulintensive energiselskaber i Europa, men siden 2006 har de reduceret deres kulforbrug med 73 % ved i højere og højere grad at overgå til fyring med biomasse. De har desuden overført en stor del af deres produktion til vindmøller, og i 2023 skal det være helt slut med at fyre med kul.

Ørsted A/S er det første større europæiske energiselskab til at træffe beslutning om helt at udfase kul fra energiproduktionen. Med beslutningen ønsker Ørsted A/S at gå forrest i den grønne omstilling.



Foto: Ørsted A/S

**Træflis** laves ved at hakke træet i 3-6 cm store stykker. Træflis er en billigere løsning end træpiller, men træflis er lidt vanskeligere at opbevare og indfyre.

**Savsmuld** anvendes normalt kun til energiproduktion, hvis der er overskud fra et savværk lige i nærheden.

**Halm** er overskud fra kornproduktionen. Når kornet høstes kan halmen skæres af og pakkes i baller (typisk på omkring 500 kg). Disse kan let transporteres og stables. Når halmen skal brændes, snittes halmen, eller ballerne skæres i skiver lige inden indfyring.

**Biogas** baseres på staldgødning og gylle, evt. tilsat andre former for organisk affald. Biogassen dannes i en rådnetank, hvor bakterier omdanner affaldet til biogas. Biogas består af metan ( $\text{CH}_4$ ) og kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ). Biogassen transporteres i rør hen til anvendelsesstedet.

**Biobrændstoffer** (biodiesel, fiskeolie, rapsolie m.m.) udgør en lille del af biomassen og kan være enten dansk eller udenlandsk produceret. Biobrændstof opbevares og transporteres i tanke ligesom olie.

**Affald** er et vanskeligt brændsel i sammenligning med fossile brændstoffer, da det dækker over en stor mængde forskellige materialer. Affaldet skal være bionedbrydeligt, hvis det skal kunne kategoriseres som en vedvarende energikilde.

Biomasse i form af træ kommer mest fra udlandet, bl.a. Baltikum, og sejles til Danmark. I 2015 anvendte Danmark omkring 2 millioner tons biomasse. Henover de næste år forventes brugen af biomasse dog at stige markant. Flere centrale kraftvarmeværker er således ved at omstille hele deres energiproduktion til at bruge træpiller i stedet for kul.



**Find øvelsen** "Beregn brændslers brændværdi" på side 31, og undersøg Danmarks vedvarende energipotentiale nærmere.

# ØVELSE 1: VERDENS ENERGIMAGTER FØR OG NU

**Formål:** I denne øvelse lærer du om, hvordan adgangen til fossile energikilder har haft afgørende betydning for, hvem der har været verdens supermagt gennem tiden. Her skal I skrive jeres problemstilling, og gøre jer nogle tanker om, hvordan den passer ind i det fællesfaglige fokusområde, som I arbejder med i klassen.

**Sådan gør I:** Læs artiklen "Den fossile hersker" af Thorkild Kjærgaard [her](#). Gå herefter sammen i grupper på 3-4 personer. Tal om artiklen med hinanden og find svar på spørgsmålene nedenfor sammen.

**Hvad var hemmeligheden bag Hollands »gyldne århundrede« i 1600-tallet?  
Hvad brugte hollænderne deres position og midler til?**

---

---

---

---

**Hvad var årsagen til, at England blev den næste supermagt i 1700-tallet og frem til sidste halvdel af 1800-tallet? Hvad brugte England sine ressourcer på, og hvad opfandt de?**

---

---

---

---

**Hvilke energikilde er USA's vigtigste? Hvor får de energikilden fra, og hvad har de brugt den til gennem tiden?**

---

---

---

---

**Hvem tror du, bliver verdens næste energimagt? Hvilke energikilder skal denne energimagt bygge på, og hvorfor netop disse?**

---

---

---

---

# ØVELSE 2: ENERGIOMSÆTNING

**Formål:** I denne øvelse skal du undersøge de energiomsætninger, der sker hele tiden – både i samfundets energiproduktion og i din egen krop.

**Sådan gør I:** To og to går i på opdagelse – i klasseværelset, på skolen, i lokalområdet, på nettet og/eller i fagbøger. I observerer energi i alle dens former, tager billeder, henter billeder på nettet eller tegner og udfylder skemaet nedenfor sammen. I kan også lave videoer til SkoleTube. Find gerne på så mange situationer, I kan – både i de store og de små sammenhænge.

| ENERGI-OMSÆTNING:                                                                                                                                                                                                                                                                                         | FIND/TAG FOTO ELLER TEGN EN ELLER FLERE AF DE SITUATIONER, HVOR ENERGIOMSÆTNINGEN FINDER STED: | FORKLAR, HVAD DER SKER I ENERGIOMSÆTNINGEN:                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Potentiel energi</p>   <p>Kinetisk energi</p>      |              | <p>En bog der løftes op på et bord indeholder en mængde potentiel energi.</p> <p>Hvis bogen skubbes ned fra bordet frigives den potentielle energi, der omdannes til kinetisk energi.</p> |
|  <p>Kinetisk energi</p>   <p>Termisk energi</p>  |                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
|  <p>Elektrisk energi</p>   <p>Termisk energi</p> |                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
|  <p>Strålingsenergi</p>   <p>Kemisk energi</p>   |                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |

Fortsættes på næste side

| ENERGI-OMSÆTNING:                                                                                                                                                                                                                                                                               | FIND/TAG FOTO ELLER TEKN EN ELLER FLERE AF DE SITUATIONER, HVOR ENERGIOMSÆTNINGEN FINDER STED: | FORKLAR, HVAD DER SKER I ENERGIOMSÆTNINGEN: |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <br>Kemisk energi<br><br><br>Kinetisk energi |                                                                                                |                                             |
| <br>Kemisk energi<br><br><br>Termisk energi  |                                                                                                |                                             |
| Find selv på et eksempel                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                |                                             |
| Find selv på et eksempel                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                |                                             |
| Find selv på et eksempel                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                |                                             |

# ØVELSE 3: ENERGIKÆDER

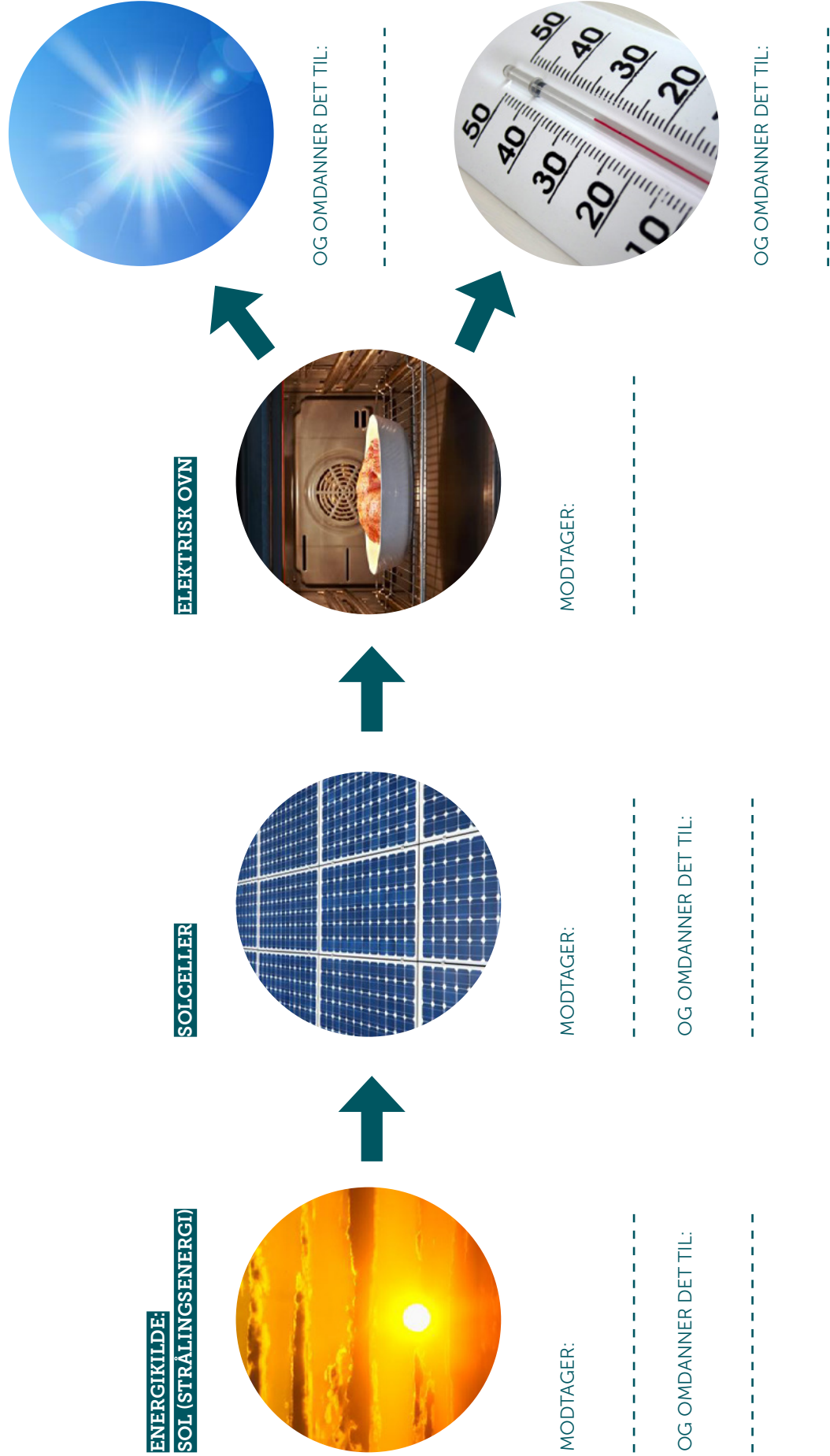
**Formål:** I denne øvelse bliver du klogere på lange energikæder i samfundet og i naturen, hvor energi omsættes flere gange.

**Oplæg:** Når energi omsættes fra en form til en anden, er der altid en energimodtager og en energikilde. I en energikæde skifter de forskellige led dog hele tiden status fra energikilde til energimodtager. F.eks. kan batteriet i din mobiltelefon betegnes som energikilde, når det er opladt, og mobiltelefonen er energimodtager. Hvis batteriet er dødt, er det dog strømmen i stikkontakten, der er energikilden og batteriet, der er energimodtageren.

**Sådan gør I:** På de næste sider skal I finde ud af, hvilke energiformer de forskellige energikilder og -modtagere omdannes til i de opstillede energikæder.

Du kan også selv gøre forsøget og tegne dine egne eksempler på energikilder.

# FRA SOL TIL FORBRUG



# FRA POTENTIEL ENERGI TIL FORBRUG

ENERGIKILDE:  
OPDÆMMET VAND  
(POTENTIEL ENERGI)



VAND, DER LØBER  
I ET VANDVÆRK



VANDVÆRKETS  
GENERATOR



DIN COMPUTER



OG OMDANNER DET TIL:



MODTAGER:

OG OMDANNER DET TIL:

MODTAGER:

OG OMDANNER DET TIL:

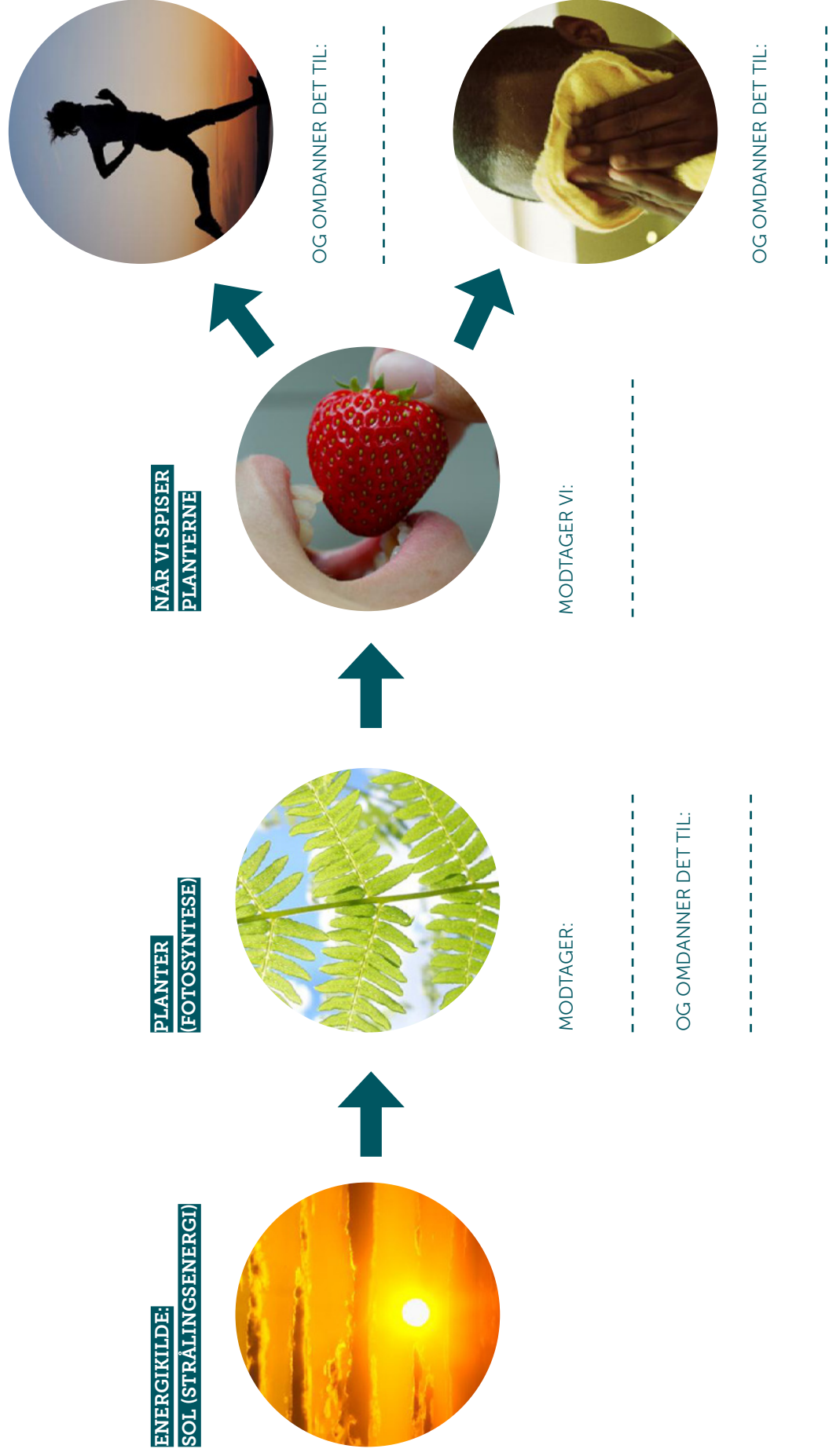
MODTAGER:

OG OMDANNER DET TIL:

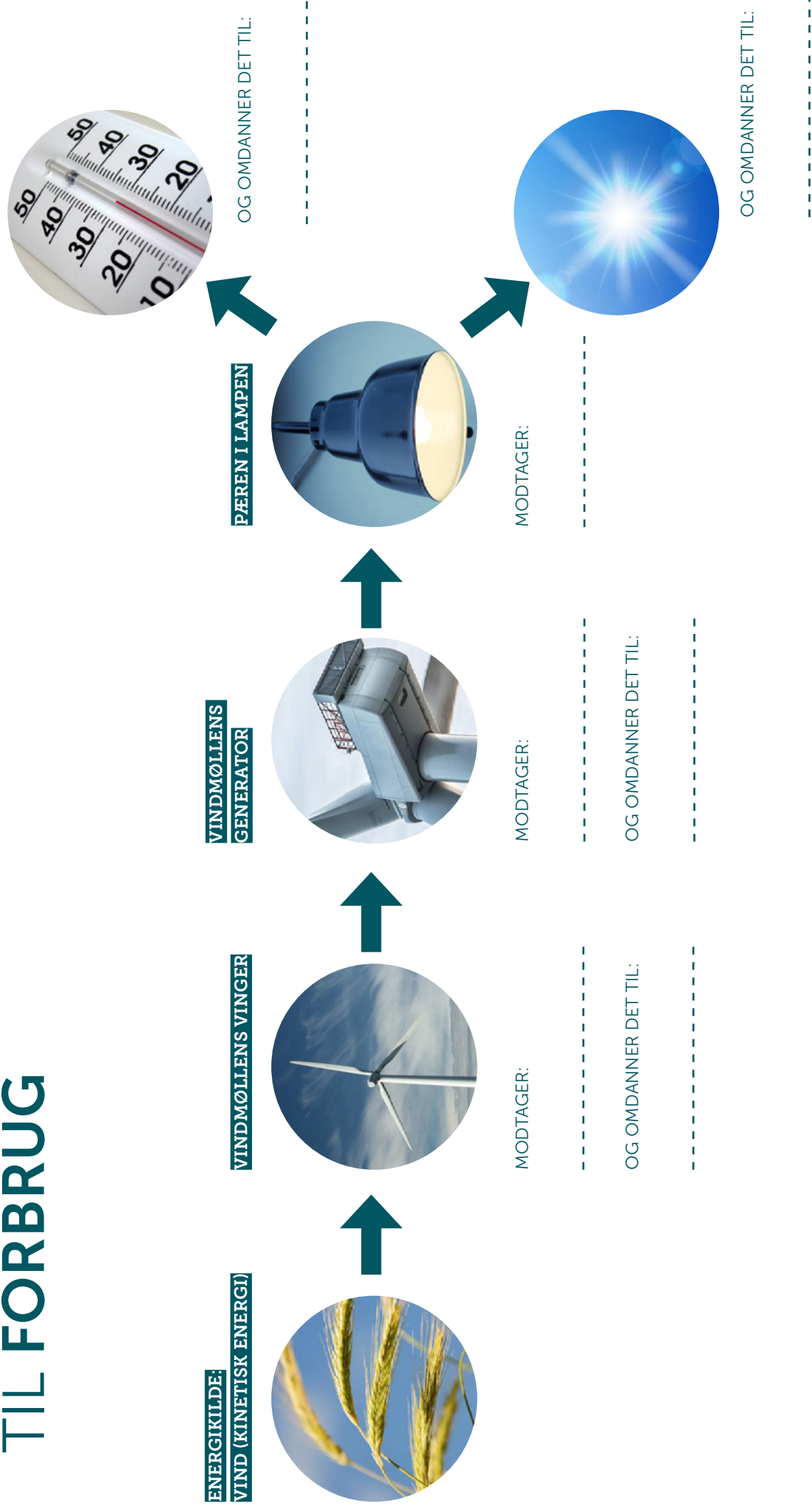


OG OMDANNER DET TIL:

# FRA SOL TIL FORBRÆNDING



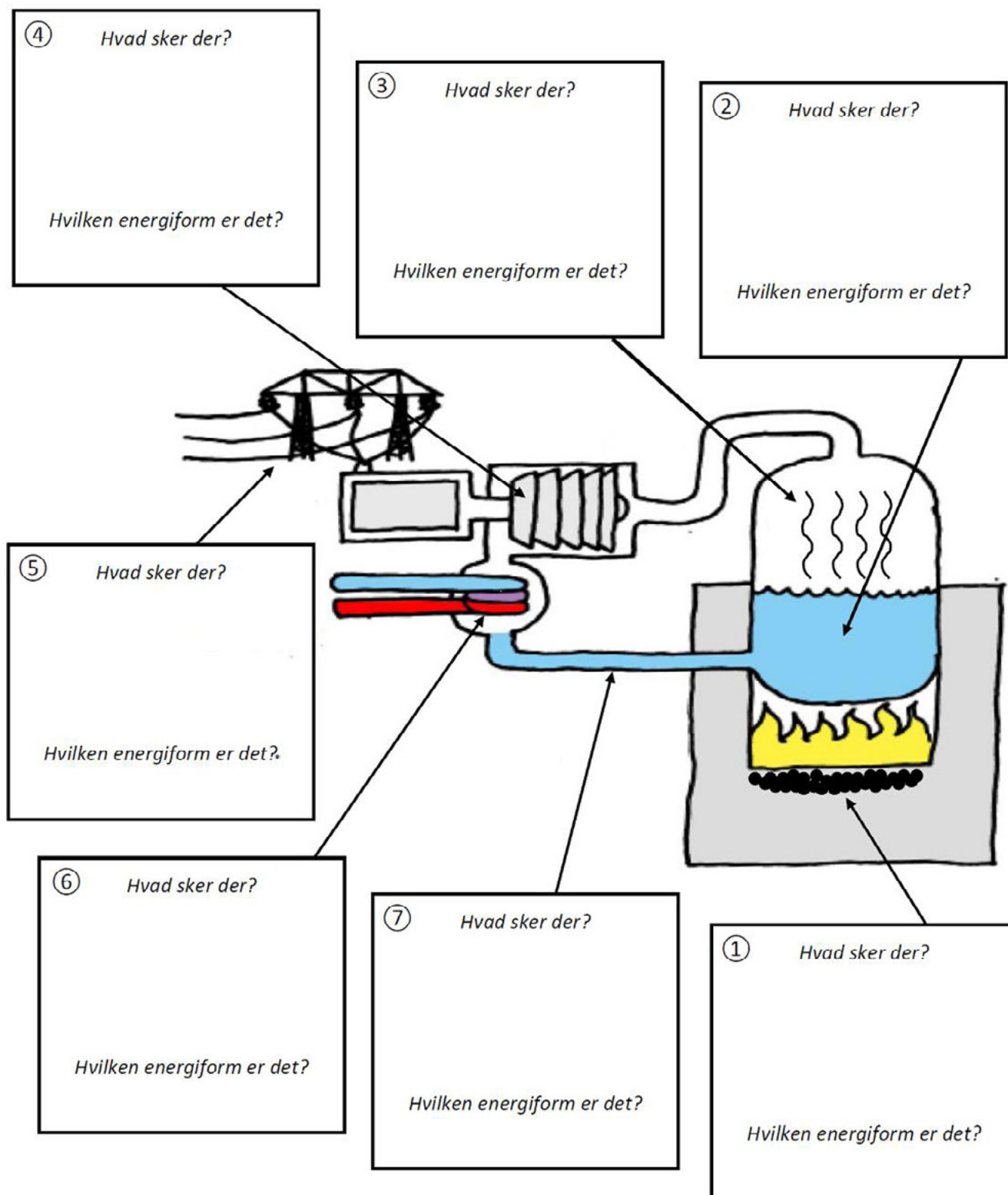
# FRA VIND TIL FORBRUG



# ØVELSE 4: KRAFTVARMEVÆRKET

**Formål:** I denne øvelse bliver du klogere på kraftvarmeværkets energiproduktion, og de energiomsætninger, der finder sted.

**Sådan gør I:** På et kraftvarmeværk produceres der både elektricitet til elnettet og varme til fjernvarmesystemet. Nedenfor skal I prøve at svare på, hvad der sker i hver enkelt trin af energiproduktionen, og hvilke energiformer der optræder hvor.



# ØVELSE 5, DEL 1: **BEREGN BRÆNDSLERS BRÆNDVÆRDI**

**Formål:** I denne øvelse bliver du klogere på forskellige brændslers brændværdi, bæredygtighed og påvirkning af naturgrundlaget.

**Oplæg:** Forskellige brændsler har forskellig brændværdi. Brændværdi er den varme, der frigøres, når brændslet afbrændes. Affald, træpiller og kul har forskellig brændværdi:



## **AFFALD**

Brændværdi: 2,5 kWh/kg



## **TRÆPILLER**

Brændværdi: 4,9 kWh/kg



## **KUL**

Brændværdi: 7,5 kWh/kg

**Regneopgave:** En gennemsnitlig dansk familie med to voksne og to børn bruger 4.450 kWh om året. Regn ud, hvor mange kg af de forskellige brændselstyper, der skal afbrændes for at opfylde en enkelt families energibehov.

**Kg affald:** \_\_\_\_\_

**Kg træpiller:** \_\_\_\_\_

**Kg kul:** \_\_\_\_\_

**Hvilket brændsel er umiddelbart mest energieffektivt?** \_\_\_\_\_

# ØVELSE 5, DEL 2: **UNDERSØG BRÆNDSELSTYPER**

**Sådan gør I:** Gå sammen i grupper. I grupperne vælger I hver især et af de tre brændsler, som I undersøger og præsenterer for klassen. I jeres præsentation skal I kunne svare på følgende spørgsmål:

- Hvor kommer brændslet fra?
- Er brændslet vedvarende eller fossilt?
- Hvad ville der ske med brændslet, hvis vi ikke brugte det i energiproduktion?
- Hvad sker der med brændslet ved afbrænding?
- Hvor meget afbrænder vi af brændslet nu? Og i fremtiden?
- Giver det mening at bruge brændslet ud fra det danske naturgrundlag?
- Hvor bæredygtigt er brændslet?

I jeres præsentation må I meget gerne inddrage film, statistikker, kortmateriale eller billeder. Tænk over, hvem der præsenterer hvad, hvordan I gør det interessant for resten af klassen, og hvordan I kommer omkring alle spørgsmålene og får dem bundet sammen i en samlet præsentation.

## **Energiproduktion og -omsætning. Elevmateriale**

### **Udviklet af:**

*Energistyrelsen og Afdelingen for Bæredygtig Udvikling  
i Københavns Kommune*

### **Illustrationer og layout:**

*Line Kjeldsen Jensen*

### **Korrektur:**

*Rasmus Fredgaard*

### **Tak til:**

*ENERGI & VAND for lån af tegninger*

*Materialet er udgivet af Energistyrelsen i samarbejde med Afdelingen  
for Bæredygtig Udvikling, Københavns Kommune, 2017*

*Elevmaterialer og lærervejledning kan frit downloades fra  
**[www.groen.kk.dk](http://www.groen.kk.dk), [www.astra.dk](http://www.astra.dk) og [www.emu.dk](http://www.emu.dk)***