

Fra sort til



gul energi



Forskerne gemmer sol til natten ved hjælp af katten.

Fremtidens energiforsyning byder på store udfordringer. Fossile brændstoffer forurener, mens vedvarende energi er svær at gemme og svær at forbrænde i vores transportmidler. Derfor leder forskerne efter metoder til at omdanne og gemme solenergi.

Indhold – Kapitel 1

Introduktion: Den store energiudfordring	10
Energi	11
Energikilder	12
Fossile brændstoffer	13
Forskerne dyrker Solen	14
Kemiske katte	15
Mød forskerne i CASE	16
Kan du arbejde som forsker?	17
Resume: Den manglende brik	18
Det ved du nu	19
Test dig selv	19



Hvad sker der i dette kapitel?

- ☛ Olie, kul og gas indeholder kemisk energi.
- ☛ Kemisk energi bliver til varme, strøm og brændstoffer.
- ☛ Fossile brændstoffer er billige og kan nemt bruges i vores transportmidler.
- ☛ Fossile brændstoffer forurener og slipper en dag op.
- ☛ Sol, vind og vandkraft bliver aldrig brugt op.
- ☛ Vi kan ikke få energi fra sol og vind, når det er mørkt eller vindstille.
- ☛ Forskerne bruger katalysatorer til at omdanne solenergi til kemisk energi.
- ☛ Forskerne leder efter billigere og bedre katalysatorer.

Grundstoffer i dette kapitel:

Au (dansk: guld)

er et blødt metal, som sjældent reagerer med andre stoffer. For eksempel reagerer guld ikke med luftens oxygen, og metallet skal derfor aldrig pudses. Der findes kun begrænsede mængder guld i naturen.

C Carbon (dansk: kulstof)

er livets byggesten. For eksempel er der carbonatomer i hver eneste celle i din krop.

H Hydrogen (dansk: brint)

er det simpleste grundstof på Jorden, og alligevel er det svært at få fat på. Hydrogen findes nemlig ikke frit, men er bundet i mange kemiske forbindelser, for eksempel vand (H_2O). Ved hydrogen forstås normalt gassen H_2 .

N Nitrogen (dansk: kvælstof)

indgår i alle levende organismer. I atmosfæren optræder nitrogen som gassen N_2 . Bindingen mellem de to nitrogenmolekyler er en af de stærkeste kemiske bindinger, der findes.

O Oxygen (dansk: ilt)

er livsnødvendigt for langt de fleste organismer på Jorden. Din krop skal bruge oxygen for at forbrænde mad og få energi. Uden oxygen i atmosfæren var mennesket aldrig blevet til. Ved oxygen forstås normalt gassen O_2 .

Pt Platin

er et sjældent metal, som er dyrere end guld. Det er utroligt holdbart og kan tåle høje temperaturer. Platin bruges både i industrien og i smykker.

Kemiske forbindelser i dette kapitel:

CH_3CH_2OH Ethanol

tilhører gruppen af alkoholer. Du kan kende dem på OH-gruppen i deres kemiske formler. Ethanol findes i øl og vin, og stoffet bruges også som brændstof til biler.

NH_3 Ammoniak

er en giftig gas med en ubehagelig lugt. Det er det næstmest producerede kemikalie i verden. Ammoniak bliver primært brugt til at lave kunstgødning, men det er også et rigtigt godt brændstof.

Olie, kul og naturgas

Olie, kul og naturgas er fossile brændstoffer dannet fra døde dyr og planter. Brændstofferne indeholder kemisk energi, der frigives, når de forbrændes. Olie, kul og naturgas består primært af carbon og hydrogen, der under forbrændingen omdannes til CO_2 og H_2O .



Når du møder dette symbol, skifter energi form.

Ordliste

Ord i *kursiv* er forklaret i ordlisten bagerst i bogen.



Scan koden med din mobil, og besøg www.energipaalager.dk.



Se også filmen
'Hvad er problemet?'



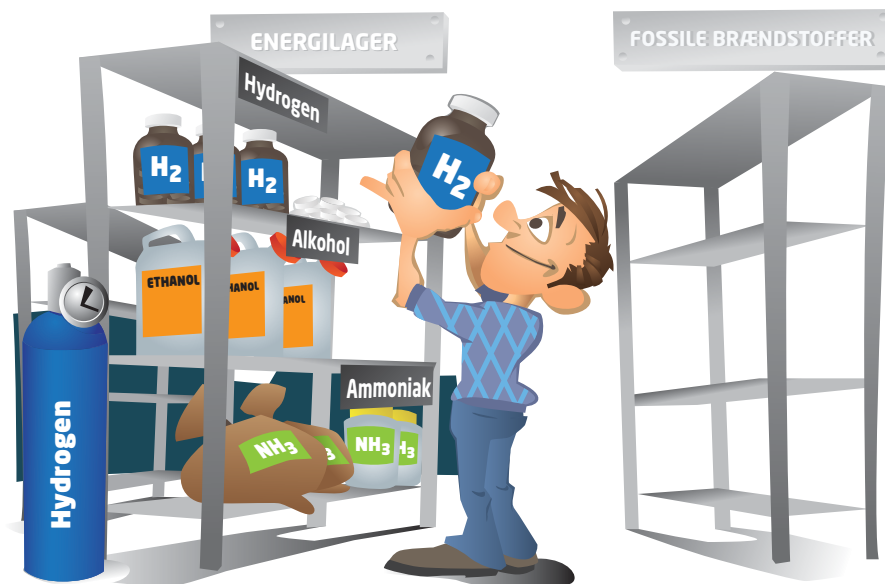
Den store energiudfordring

En af de største udfordringer, som verden står over for lige nu, er, hvordan vi skaffer rigelig, ren og *vedvarende energi* i fremtiden. Uden energi går verden i stå. Energi er grundlaget for vores rige, moderne samfund og helt uundværlig, hvis vi vil bekæmpe fattigdom og sygdomme. Desuden bliver vi flere og flere mennesker, der alle har brug for energi. Uheldigvis kommer det meste af vores energi i dag fra *fossile brændstoffer* som olie, kul og naturgas, der forurener og på et tidspunkt slipper op.

I fremtidens miljøvenlige energiforsyning spiller Solen hovedrollen. Solen er nemlig den største energikilde, vi

har til rådighed. Samtidig skaber den de fleste andre *vedvarende energikilder*. Selvom vi kalder dem vedvarende, afhænger mængden af energi dog af vejret og tiden på døgnet og året. En stabil energiforsyning kræver derfor, at vi lærer at gemme overskydende energi, så vi har energi på lager til mørke nætter og vindstille dage. I modsætning til olie kan vi heller ikke bruge vedvarende energi direkte til vores transportmidler. I stedet skal vi blive bedre til at omdanne energien til brændstoffer, som vi kan forbruge i vores biler, skibe og fly. I denne bog kan du læse om forskernes jagt på ren energi og fremtidens brændstoffer.

Befolkningsvækst. I 2050 forventes Jordens befolkning at være steget til 9 milliarder mennesker, der alle har brug for energi.



Energi på lager. De fossile brændstoffer forurener, og en dag slipper de op. Derfor har vi brug for den rene, vedvarende energi. Og når det er mørkt eller vindstille, har vi brug for brændstoffer som hydrogen, ethanol og ammoniak fra energilageret.

Energi

Energi E måles i joule (J). Energi er et udtryk for evnen til at udføre et arbejde eller varme noget op. En bilmotor bruger energi til at drive bilen fremad, og en elkedel bruger energi til at varme vand op.

Den mængde energi, som for eksempel elkedlen omsætter per sekund, kaldes for elkedlens effekt. Effekt måles i joule per sekund (J/s) og skrives med symbolet P . En joule per sekund defineres også som en watt (W). I 2008 var verdens gennemsnitlige effektforbrug på $16 \cdot 10^{12}$ watt. Det betyder, at Jordens befolkning hvert sekund året rundt forbruger 16.000.000.000.000 joule.

Ekspertene forudsiger, at verdens samlede effektforbrug stiger til $30 \cdot 10^{12}$ watt i 2050 og $45 \cdot 10^{12}$ watt i 2100. Om blot 90 år skal vi altså skaffe helt op til tre gange så meget energi, som vi forbruger i dag.

Energien skal forsyne os med både varme, strøm og ikke mindst kemisk energi i form af brændstoffer til vores transportmidler.



Der findes mange forskellige former for energi. Uanset formen gælder det dog, at energi hverken kan fremstilles eller forsvinde, den kan kun skifte form. Solceller og vindmøller laver for eksempel sol- og vindenergi om til elektrisk energi, og i elkedlen bliver elektrisk energi lavet om til varme 🔁.

Se også filmen 'Energi skifter form'.

FAKTA

Energi E måles i joule (J).

FAKTA

Effekten P er energiforbruget per sekund (J/s). P måles i watt (W).

En 15 W sparepære forbruger 15 J/s.



Elkedlen omdanner elektrisk energi til varme.



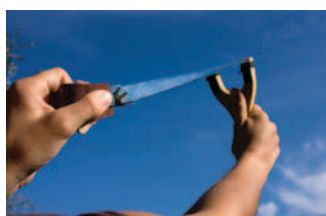
Skriv navnene på de forskellige former for energi, som vises på billedet herunder.

Afhold en fotokonkurrence. Alle i klassen tager billeder af eksempler på energi, der omdannes fra en type til en anden. Den, der finder flest eksempler, har vundet.



Energikilder

Generelt kan de forskellige energiformer inddeles i to kategorier: Bevægelsesenergi, der også kaldes kinetisk energi, og oplagret energi også kaldet potentiel energi.



Energi. Forskellige energiformer kan inddeles i to kategorier: Kinetisk (bevægelse) energi og potentiel (oplagret) energi.











- **Kinetisk energi (bevægelse)** er for eksempel vind- og bølgeenergi.
- **Potentiel energi (oplagret)** kan være energien i en strakt elastik i en slangebøsse. Det er også den energi, der er bundet i de *kemiske bindinger* mellem atomerne i et stof. Når stoffet forbrændes, frigøres noget af den *kemiske energi*, der så kan bruges til at udføre et arbejde. Mad og planter indeholder kemisk energi. Det gør fossile brændstoffer også.

Energi kan også inddeles efter, om den kommer fra en vedvarende eller en midlertidig energikilde. De fossile brændstoffer slipper en dag op, fordi vi forbruger dem langt hurtigere, end

naturen kan nå at gendanne dem. Ekspertter vurderer, at vi kun har olie og naturgas 40-60 år endnu og kul i cirka 200 år.

Ud over de lettilgængelige reserver findes der dog også store reserver af olie og naturgas i blandt andet Canada, Sibirien og Arktis. Disse reserver kan formentlig forsyne os med energi i mange århundreder, men da de er svære at udvinde, afhænger det af, om forskerne kan udvikle teknologien til at udvinde brændstofferne. Desuden vil priserne på fossile brændstoffer stige voldsomt, efterhånden som de bliver sværere og dyrere at skaffe.

Et godt vedvarende alternativ er Solen, som skinner milliarder af år endnu. Desuden skaber Solen hele tiden både vind, bølger, regn, smeltevand og planter. Derfor kalder vi også disse energikilder for vedvarende.

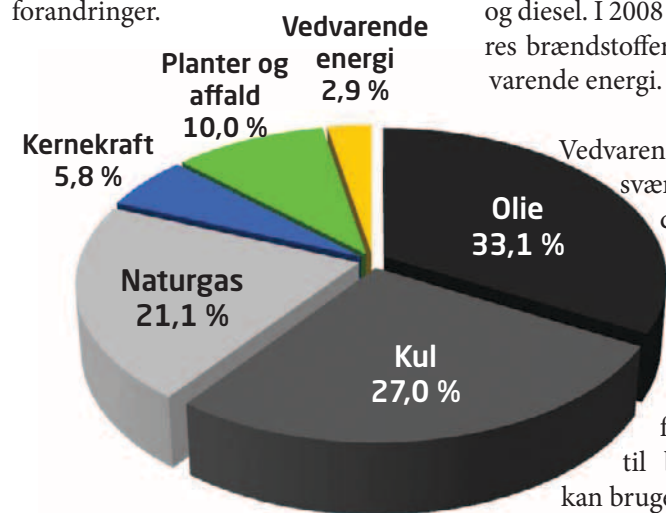
Vedvarende energikilder		Midlertidige energikilder	
	Solenergi		Olie
	Vindenergi		Kul
	Bølgeenergi		Naturgas
	Vandkraft		Uran-baseret kernekraft
	Biomasse		
	Jordvarme		

Læs mere om biomasse i kapitel 4.

Fossile brændstoffer

I 2008 kom over 81 % af verdens energi fra olie, kul og naturgas og 5,8 % kom fra *kernekraft*. 10 % kom fra forbrænding af planter og affald, hvoraf en stor del ikke var vedvarende energi. Blot 2,9 % af energien kom fra vedvarende energikilder som sol, vind, vand og jordvarme.

Desværre forurener afbrændingen af fossile brændstoffer. Olie, kul og gas består primært af carbon og hydrogen. Når stofferne forbrændes, reagerer carbonatomerne med oxygen i atmosfæren og danner CO₂. I dag er CO₂-koncentrationen i *atmosfæren* 30 % højere, end den var før den *industrielle revolution* i slutningen af 1700-tallet. Samtidig med CO₂-stigningen har FN's Klimapanel dokumenteret stigende havniveauer, smeltende iskapper og stigende temperaturer ved jordoverfladen. Da CO₂ absorberer varme, tyder det på, at for meget CO₂ i atmosfæren fører til global opvarmning og derigennem til alvorlige klimaforandringer.



Energiforbrug. Verdens forbrug af energi i 2008 fordelt på energikilder.

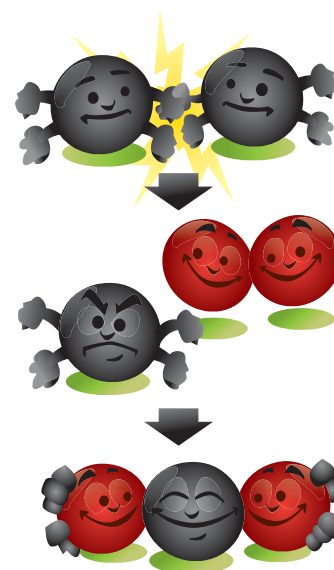
Et andet problem ved fossile brændstoffer er, at en stor del af verdens olie-, kul- og naturgasreserver findes i politisk ustabile lande. Derfor ønsker mange lande at blive uafhængige af fossile brændstoffer og i stedet skabe deres egen vedvarende energiforsyning.

Når vi alligevel bliver ved med at forbruge fossile brændstoffer, skyldes det især to forhold. For det første er de billige, fordi de er relativt nemme at hente op fra undergrunden, og fordi de indeholder meget energi per kilo og per liter. For det andet er fossile brændstoffer, som navnet siger, brændstoffer. Det betyder, at de indeholder kemisk energi, som netop er den energiform, vi bruger i vores biler, busser, skibe og fly.

I Danmark får vi hele 17 % af vores energi fra vedvarende energikilder. Alligevel er vi som alle andre lande stærkt afhængige af kemisk energi fra fossile brændstoffer i form af benzin og diesel. I 2008 kom blot 0,01 % af vores brændstoffer til transport fra vedvarende energi.

Vedvarende energikilder er sværere at udnytte, fordi de ofte indeholder mindre energi per volumen end de fossile brændstoffer. Desuden skal energien laves om flere gange for at blive til brændstoffer, som vi kan bruge i supertankere og fly.

Læs mere om CO₂ i kapitel 2.



Carbon elsker Oxygen. Når carbonholdige molekyler (sort) forbrændes, danner carbonatomerne lynhurtigt par med luftens oxygen (rød), så der dannes CO₂.

Se også filmen
'Lagring af energi'.



CASE

Catalysis for Sustainable Energy

På dansk betyder CASE 'Katalyse til vedvarende energi'.



Ved at spalte vand med solenergi, omdannes energien til kemisk energi.



Læs mere om Solen
i kapitel 3.

Læs mere om ammoniak
i kapitel 5.

Forskerne dyrker Solen

Dette kapitel hedder 'Fra sort til gul energi', fordi det er Solen, der skaber alle vedvarende energikilder. Den eneste undtagelse er jordvarme, der kommer fra Jordens indre. Solens energi omdannes til bevægelsesenergi i vind og bølger og gennem *fotosyntesen* til kemisk energi i planterne. Solens varme skaber også regn og smeltevand, der kan bruges til vandkraft.

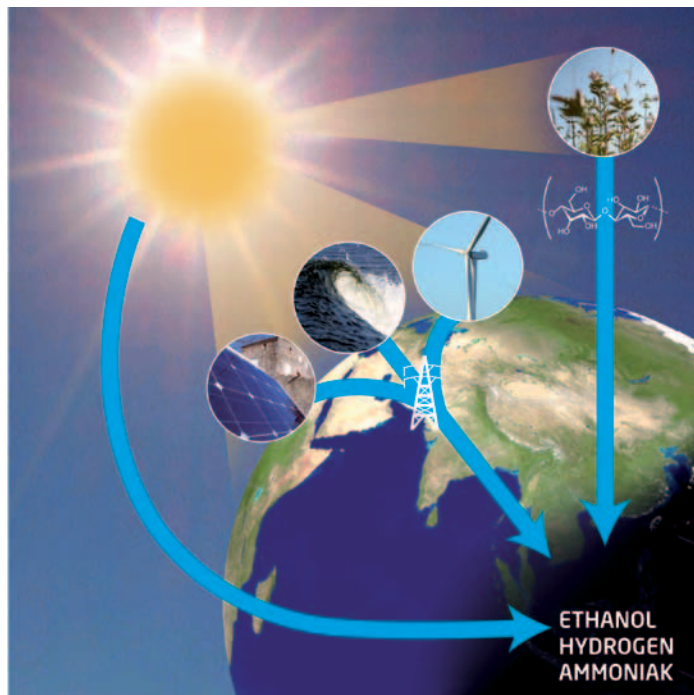
I forskningsprojektet CASE (Catalysis for Sustainable Energy) på DTU arbejder en gruppe forskere, der er vilde med Solen. De har en plan. Forskerne vil lave *solenergi* om til kemisk energi, som kan gemmes og bruges som brændstoffer. For eksempel vil forskerne lave kemisk energi ved at bruge solenergi til at spalte vand til hydrogen (H_2) og oxygen (O_2). Solenergien ligger nu gemt som kemisk energi i bindingerne mellem de to hydrogen-

atomer og de to oxygenatomer. Når hydrogen forbrænder, frigives energien igen, samtidig med at vand gendannes.

Solenergi kan også omdannes til kemisk energi via energi i planter, vind og bølger. Når vindmøllerne for eksempel laver mere strøm, end vi kan nå at bruge, kan strømmen laves om til kemisk energi i ammoniak eller ethanol. I princippet kan man også gemme strøm ved hjælp af batterier. De er dog bedst til at gemme små mængder energi, blandt andet fordi de er længe om at lade op. Hvis man skal gemme meget store mængder energi, fylder batterier desuden alt for meget. I stedet satser forskerne derfor på at omdanne solenergi til kemisk energi. (Ex. 1.1)

Du kan læse mere om CASE-projekter i bogens næste fire kapitler.

Ex



Fra sol til kemi. I CASE vil forskerne omdanne solenergi til kemisk energi i for eksempel hydrogen, ethanol og ammoniak. Omdannelsen kan ske direkte eller indirekte via vind, vandkraft og planter.

Kemiske katte



Se også filmen 'Katalysatorer'.



De kemiske reaktioner, der skal til for at lave solenergi om til kemisk energi, sker ikke af sig selv. Ligesom du er nødt til først at knokle op ad bakke, før cyklen af sig selv triller nedad igen, kræver det energi at skubbe reaktionerne i gang. Det skyldes, at bindingerne mellem atomerne i de gamle molekyler skal brydes, før atomerne kan finde sammen til nye molekyler.

Størrelsen af den bakke, som den kemiske reaktion skal over, før den fortsætter af sig selv, kalder man *aktiveringsenergi*. Energien til at overvinde bakken kan for eksempel komme fra varme. Men for at sænke aktiveringsenergien og dermed energiforbruget tager forskerne kemiske katte til hjælp. 'Katte' er forskerslang for *katalysatorer*, og forskerne i CASE er eksperter i at udvikle katalysatorer.

En katalysator er et materiale, der sætter fart på kemiske reaktioner uden selv at blive forbrugt. 'Katten' virker ved at binde de molekyler, som skal reagere, til sin overflade. Derved svækkes de kemiske bin-

dinge i molekylerne, så de lettere kan danne nye forbindelser. På den måde sænker 'katten' aktiveringsenergien, så reaktionen kræver mindre energi og forløber hurtigere. (Ex. 1.2 og Ex 1.3)

Både naturen og industrien bruger katalysatorer. Naturens katalysatorer er *enzymerne*, mens man i industrien ofte bruger katalysatorer lavet af grundstoffer som platin, kobber og jern. (Ex. 1.4)

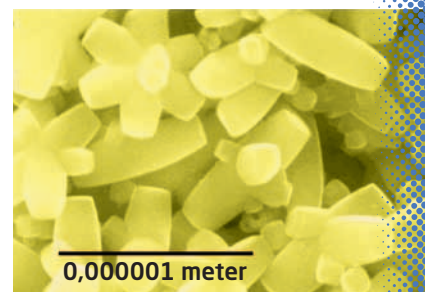
Katalysatorer kan ikke undværes, når solenergi skal omdannes til brændstoffer, fordi de kemiske reaktioner ikke sker af sig selv. Derfor spiller katalysatorer en meget central rolle, hvis vi i fremtiden skal erstatte fossile brændstoffer med vedvarende energi. Desværre er mange af de 'katte', der findes i dag, ikke gode nok. Ofte er de også alt for dyre. For eksempel er platin en rigtig god katalysator, men desværre koster den endnu mere end guld. I resten af bogen kan du læse om CASE-forskernes søgen efter effektive katalysatorer lavet af billige materialer. Målet er at skaffe ren, kemisk energi, som alle har råd til.

Ex

Ex



Katalysatorpiller er fulde af bitte-små katalysatorpartikler. Pillerne bliver brugt i industrien for eksempel til at fremstille plastik.



Katalysatorer er ofte kun få millionte dele af en meter eller endnu mindre. De kan for eksempel være runde, sekskantede eller lignende små blomster.



Aktiveringsenergi. Katalysatorer sænker reaktioners aktiveringsenergi, så de lettere forløber. Det svarer til, at bakken bliver mindre, så det kræver mindre energi at komme over.

Mød forskerne i CASE

Den store opgave, som CASE-forskerne har kastet sig over, kan de naturligvis ikke løse alene. Heldigvis arbejder forskere over hele verden

sammen om at skabe fremtidens rene energiforsyning. I CASE arbejder der forskere fra 13 forskellige lande. Her kan du møde nogle af dem.

Alan fra Mexico, 32 år

Jeg kom til Danmark for at arbejde i CASE. Min kone Wei er fra Kina og arbejder også som forsker i CASE.

Christos fra Grækenland, 31 år

Jeg er forsker i CASE, fordi jeg synes, det er vigtigt at skaffe ren og billig energi i fremtiden.



Fabio fra Italien, 27 år

Selvom jeg er rejst fra solrige Italien, arbejder jeg stadig med solstråler. Jeg afprøver nemlig materialers evne til at spalte vand ved hjælp af solenergi.

Jun fra Kina, 27 år

Jeg undersøger, hvor gode forskellige materialer er til at optage Solens lys. Mit mål er at finde et materiale, som kan optage op til 70 % af Solens lys.

Pia fra Danmark, 27 år

Min forskning går ud på at lave overskydende strøm fra solceller og vindmøller om til kemisk energi. Det kan du høre mere om i filmen om CO₂.

Irek fra Rusland, 26 år

Jeg er på jagt efter katalysatorer, der kan omdanne CO₂, CO og H₂ til brændstoffet methanol (CH₃OH).

**Isabela fra Rumænien, 30 år**

Efter CASE kan jeg vælge at forske videre i Spanien eller hjemme i Rumænien. Jeg tror, jeg fortsætter i Rumænien, så jeg kan se min familie og mine venner.



- Opstil en hypotese om en oplevelse fra din hverdag (hvorfor er din cykel flad, hvorfor faldt kagen sammen?).
- Overvej, hvordan du kan afprøve hypotesen.
- Fremlæg dit forslag for klassen.

Kan du arbejde som forsker?

Videnskaber som fysik og kemi består af en række regler og love, men hvordan er de blevet til, og hvordan ved vi, de er rigtige? Svaret findes i det gamle, græske ord 'hypotese'. En hypotese er et udsagn, som man tror er rigtigt, indtil det bliver modbevist gennem eksperimenter.

Forestil dig, din mobil pludselig går ud. Du opstiller hypotesen: 'Mobilen kan ikke tænde, fordi den er løbet tør

for strøm'. Du oplader mobilen, men den tænder stadig ikke, så din hypotese er forkert. Du opstiller en ny hypotese: 'Mobilen er i stykker, fordi den blev våd i et regnvejr i går'. Du skiller mobilen ad og ser, at den er fuld af fugt. Din anden hypotese giver altså en sandsynlig forklaring på fænomenet. Så længe hypotesen ikke kan modbevises, eller du finder en anden hypotese, som også kan forklare fænomenet, kan du anse din forklaring som troværdig.

Jun fra CASE leder efter materialer til et apparat, som kan omdanne solenergi til kemisk energi. Juns hypotese er, at der findes et materiale, som kan optage hele 70 % af Solens lys. For at afprøve hypotesen undersøger hun en række forskellige materialer. I eksperiment 1.5 skal I selv opstille og afprøve hypoteser om, hvad der sker i en kemisk reaktion i cola. Udfør eksperimentet, og se, om jeres hypoteser er sandsynlige. (Ex 1.5)



Den manglende brik

Fem udfordringer

Fremtidens energikilder skal:

1. Være billige
2. Være rene
3. Være vedvarende
4. Kunne gemmes
5. Kunne omdannes til brændstoffer.



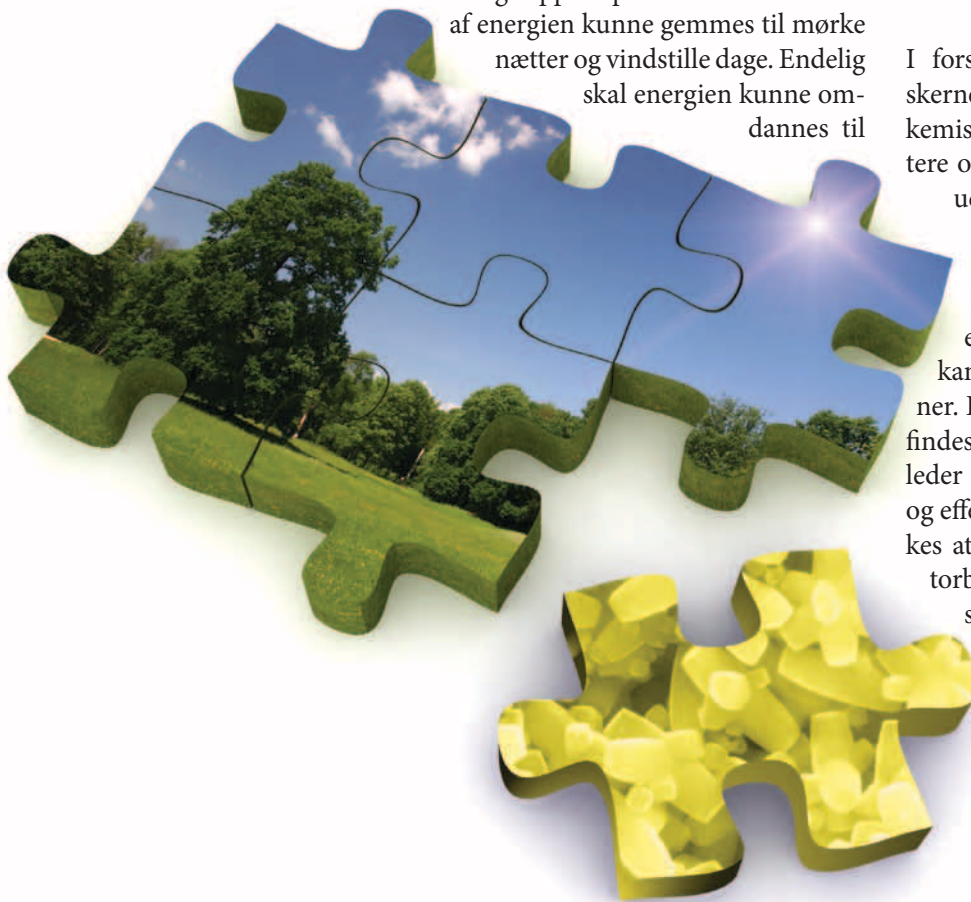
I over 200 år har verden nydt godt af billig og rigelig kemisk energi fra olie, kul og naturgas. I fremtiden har vi brug for endnu mere energi. Ikke mindst i verdens fattige lande, hvor befolkningerne vokser, og hvor de ønsker sig den samme velstand og udvikling som i resten af verden. Derfor er det vigtigt, at fremtidens energikilder er så billige, at alle har råd til dem.

Nye energikilder skal også være både rene og vedvarende i modsætning til de fossile brændstoffer, der forurener og en dag slipper op. Desuden skal en del af energien kunne gemmes til mørke nætter og vindstille dage. Endelig skal energien kunne omdannes til

brændstoffer, som vi kan forbrænde i vores transportmidler.

Kravene til fremtidens energikilder er store. Derfor bliver vores energiforsyning sandsynligvis et puslespil af mange forskellige løsninger afhængigt af, hvilke naturressourcer der er til rådighed. For eksempel har vi meget vind i Danmark, Norge har mange floder med smeltevand, og landene i Afrika har meget sol. Fælles for disse typer energi er dog, at de skal omdannes til andre energiformer, før vi kan udnytte dem effektivt.

I forskningsprojektet CASE vil forskerne omdanne vedvarende energi til kemisk. Kemisk energi er nemlig lettere og mere praktisk at gemme. Desuden kan den bruges som brændstof til vores transportmidler. Men energipuslespillet mangler en brik. Omdannelsen af energi kræver katalysatorer, der kan sætte gang i de kemiske reaktioner. Desværre er de katalysatorer, der findes i dag, ikke effektive nok. Derfor leder forskerne målrettet efter billige og effektive katalysatorer. Hvis det lykkes at finde den manglende katalysatorbrik, kan fremtidens energiforsyning blive ren og vedvarende. Lyse hoveder og gode ideer er velkomne!



Det ved du nu

- Mængden af vedvarende energi afhænger af vejret og tiden på døgnet og året.
- Energi forsvinder aldrig, den skifter bare form.
- Over 81 % af verdens energi kommer fra olie, kul og naturgas.
- Fossile brændstoffer udleder CO_2 .
- Global opvarmning medfører stigende havniveauer, smeltede iskapper og stigende temperaturer.
- Solenergi bliver til vind, vandkraft og planteenergi.
- Kemisk energi kan gemmes og bruges som brændstof.
- Det kræver energi at starte en kemisk reaktion, fordi bindingerne i de reagerende molekyler først skal brydes.
- Katalysatorer sætter fart på de kemiske reaktioner.
- Enzymer er naturens katalysatorer.



Test dig selv

- * Hvilken enhed måles energi i?
- * Hvilken enhed måles effekt i?
- * Hvilke grundstoffer består olie, kul og naturgas primært af?
- * Hvorfor er fossile brændstoffer populære?
- * Giv eksempler på vedvarende energikilder, som forskellige lande har meget af.
- ** Forklar, hvad energi er.
- ** Hvilke tre energiformer har vi brug for i samfundet?
- ** Forklar, hvad kemisk energi er.
- ** Hvilket grundstof danner carbon gerne forbindelser med i atmosfæren?
- ** Hvad kaldes den energi, der skal til for at sætte en kemisk reaktion i gang?
- *** Hvorfor er det svært at udnytte vedvarende energi?
- *** Hvad bruger vi kemisk energi til i samfundet?
- *** Hvordan virker en katalysator?
- *** Hvorfor har forskerne brug for at udvikle nye katalysatorer?
- *** Forklar, hvad en hypotese er.

