



VEDVARENDE ENERGI

SOLENERGI

Side 12

VINDENERGI

Side 24

BIOENERGI

Side 34

VANDENERGI

Side 42

BRÆNDELS- CELLER

Side 50



Frederiksen
SCIENTIFIC

04

VERDENS ENERGIFORSYNING

Hvad er energi?

Syv typer af energiformer

Verdens energiforsyning

Tre energigrupper

12

SOLENERGI

Fordele og ulemper

Varmeoverførsel

Solfangere

Solceller

24

VINDENERGI

Fordele og ulemper

Vindmøller

Vindmålere

Vejrstationer

Nye produktionsmuligheder

34

BIOENERGI

Fordele og ulemper

Tre former

Ecozone

42

VANDENERGI

Fordele og ulemper

Vandkraftværk

Strømhastighed

Eksperimenter

50

BRÆNDELCELLER

Power-to-X

Elektrolyse

Brint

Fordele og ulemper

HVORFOR VEDVARENDE ENERGI?

FN's klimapanel har netop (aug. 2021) udgivet en 3000-siders klimarapport – AR6. 234 forskere har de seneste tre år arbejdet på rapporten. Til forskel fra tidligere rapporter konkluderer man nu på, hvad tidligere rapporter har antaget.

 <p>CO₂-koncentrationen er den højeste i 2 mio. år</p>	 <p>Vi vil nå en 1,5°C temperaturstigning allerede i 2030</p>	 <p>Havet stiger, og udviklingen vil tage århundreder at rulle tilbage</p>	 <p>Arealet af is i Arktis er det mindste i 1.000 år</p>	 <p>Vejret bliver mere ekstremt</p>
--	--	---	---	--

Konsekvenserne

Ekstreme vejrfænomener skyldes klimaforandringer og vi vil se den hyppigere – og mere voldsomme. Massiv nedbør, som fører til oversvømmelse i Tyskland og Belgien, ekstreme hedebølger i Canada, Australien og senest her i sommer i Grækenland og Tyrkiet med temperaturer i nærheden af 50°C. Der er ikke længere tvivl om at vi lever i klimaforandringernes tid.

/ videnskab.dk

Stigningen i CO₂-mængden i atmosfæren skyldes mennesker ligesom den globale opvarmning skyldes menneskers aktiviteter.

Hvad kan vi gøre?

Det er afgørende, at Danmark og hele verden i højere grad prioriterer vedvarende energi og teknologier, der er CO₂-neutrale, så vi mindsker udledningen af drivhusgasser.

Derfor vil vi i denne brochure præsentere en række forskellige vedvarende energikilder, eksperimenter og produkter, som kan give et teoretisk læringsgrundlag samt tilhørende inspiration til undervisningen.



HVAD ER ENERGI?

Vi kan ikke se energien direkte, men vi kan se, hvad den kan. Den kan skabe varme i hjemmet, lys i pæren og varme dit ansigt på en sommerdag. Fælles for dem alle er, at de aldrig kan forsvinde, men de kan ændre form og omdannes til andre energiformer.

Vi kan ikke udnytte alle energiformer lige let, og derfor siger vi, at der kan gå energi tabt, selvom den bare ændrer form.



JOULE ER MÅLEENHEDEN FOR ENERGI

Alle de ting vi omgiver os med, indeholder energi i en eller anden form. Hvor meget energi det indeholder, måles i Joule (J).

WATT ER MÅLEENHEDEN FOR EFFEKT

Watt er et udtryk for den energimængde i joule som fx en pære bruger pr. sekund (W).

Når en pære har en effekt på fx 7 watt betyder det, at den omdanner 7 joule elektrisk energi pr. sekund til lys og varme.

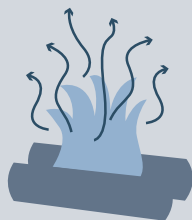


DER FINDES SYV TYPER AF ENERGIFORMER



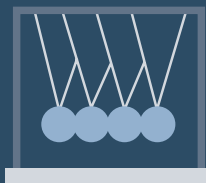
Beliggenhedsenergi (potentiel energi)

Når vand ligger stille i en opdæmmed sø, besidder det beliggenhedsenergi. Der er tale om beliggenhedsenergi, hvis vandet har mulighed for at bevæge sig fx nedad. Det er tyngdekraften, der er årsagen til beliggenhedsenergien.



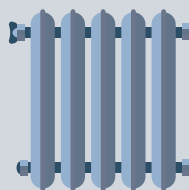
Strålingsenergi

Strålingsenergi er elektromagnetiske bølger. Fra solen kommer strålingsenergi, som planterne på jorden udnytter i fotosyntesen.



Bevægelsesenergi (kinetisk energi)

Når vand bevæger sig nedad i en å eller flod, er der tale om bevægelsesenergi.



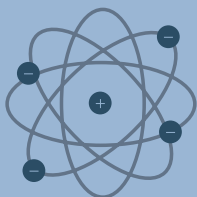
Termisk energi

Termisk energi er den energi, en genstand har oplagret i form af varme.



Kemisk energi

Kemisk energi er den energi der er oplagret i fast stof, som fx benzin, olie eller mad. Kemisk energi kan fx omdannes ved forbrænding.



Kerneenergi

Kerneenergi frigives ved kerneprocesser i fx uran og thorium. Det kaldes også kernekraft eller atomkraft.

Der findes to måder at udvinde energi fra atomkerner: fusion og fission.



Elektrisk energi

Er energi, som bliver skubbet fra elektron til elektron i et ledende materiale. Når elektrisk energi skal anvendes, er der altid energitab i form af varmeenergi.

VERDENS ENERGI FORSYNING



"Verdens
energi-
forbrug
er ca.
tredoblet
siden
1970'erne"

/ DD Energistatistik

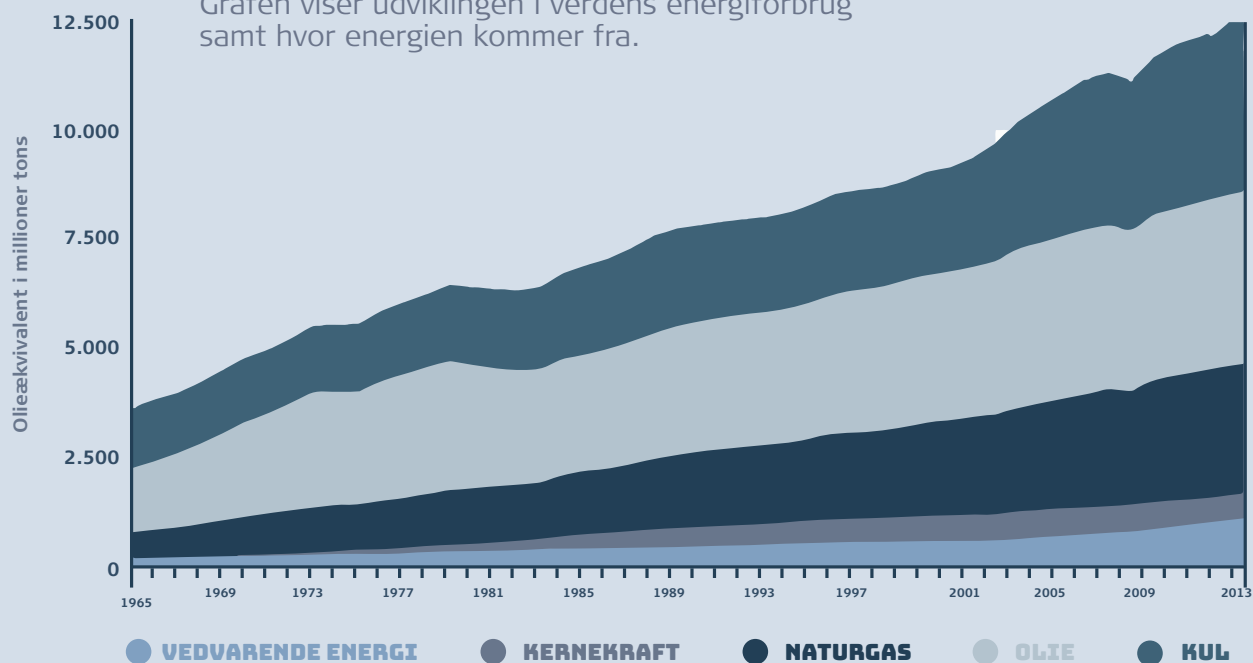
Verdens stigende energiforbrug

For ca. 200 år siden lærte vi for alvor at udnytte den energi, der ligger gemt i de fossile brændsler som kul, olie og gas. Derudover fandt man ud af at det var en billig og stabil energikilde. I 1950'erne og 1960'erne oplevede hele vesteuropa et økonomisk boom. Konsekvensen blev, at der i perioden fra 1960 til 1972 skete næsten en fordobling af energiforbruget i Danmark, og da "Oliekrisen" indtrådte i 1973 var 90% af vores energiforbrug dækket af olie.

I dag er ca. 80% af verdens energibehov dækket af fossile brændsler, som vi får fra forbrænding. Det er primært forbrænding af olie, naturgas, og kul, men også affald og træpiller. De fossile energikilder kommer fra underjordiske lagre, som er blevet dannet over millioner af år. Med vores voldsomt stigende energiforbrug, bruger vi i dag disse energikilder hurtigere end de kan gendanne sig selv, hvilket også betyder, at vi i fremtiden kan løbe tør. Men det er ikke det største problem. Energien fra forbrændingen af fossile brændsler udleder CO₂ og det påvirker vores klima og jord.

VERDENS ENERGIFORBRUG

Grafen viser udviklingen i verdens energiforbrug samt hvor energien kommer fra.



/ Alinea



"Ca. 80% af verdens energibehov dækkes i dag af fossile brændsler"

Klima, Energi og Forsyningsministeriet /

DER FINDES TRE GRUPPER AF ENERGIKILDER SOM ANVENDES IDAG:

LAGERENERGI

Det er de energikilder, vi kalder de fossile brændsler oftest i form af kul, olie og gas. Fossile brændstoffer har været lageret i jorden i mange millioner af år, men findes kun i begrænsede mængder og vil derfor en dag være sluppet op. Fossile brændstoffer er organisk materiale, som døde planter og dyr.

Der er rigtig mange kulstofforbindelser i kul, olie og gas, og derfor får man meget energi ud af deres forbrænding. Kulstoffet danner forbindelse med oxygen og dermed udleder CO₂.

CO₂-NEUTRAL ENERGI

Det er de energikilder som bygger på det princip, at de ikke udsender mere CO₂ end de optager. Dette omfatter eksempelvis atomkraft og power-to-X. CO₂-balancen er kommet i fokus fordi hele verdenen har fået øjerne op for hvad udledningen af drivhusgasser gør ved vores klima. Der er mange i verden der derfor er begyndt at stræbe efter en CO₂-neutralitet og dette kan opnås ved at reducere energiforbruget fra transport, benytte vedvarende energikilder eller kompensering af CO₂-forbrug fx træplantning.

VEDVARENDE ENERGI

Det er de naturlige energikilder, som kan udnyttes samtidig med at de vedligeholder sig selv og som i løbet af mange år ikke vil være sluppet op. De vigtigste er: Vandkraft, vindenergi, solenergi, geotermisk energi og energi fra biomasse. Det er en energiforsyning, som fremtidige generationer også har adgang til og som ikke skader vores omverden.



I Danmark har vi en ambition om i 2050 at være CO₂-neutrale og producere nok vedvarende energi til at dække det samlede danske energiforbrug. I dag kommer 36,7% af vores energi fra vedvarende energikilder.

Vedvarende energi sæt

Komplet energisæt til undersøgelse af forskellige vedvarende energikilder. Sættet består af både udstyr til fremstilling af energi, til lagring af energi samt udstyr til at vise energiomsætningen. Ved hjælp af de grønne energikilder, kan der demonstreres energiomsætning til lysdioder og motor

Sættet består af:

1. Fremstilling af elektricitet:

En vindmølle med mulighed for at indstille pitch, og udskifte vinger (antal og form - 3 typer at vælge imellem), og en solcelle.

2. Fremstilling af brint:

Et elektrolyseapparat til fremstilling af brint, som kan bruges af brændselscellen til fremstilling af elektricitet.

3. Demonstrere energiomsætningen:

Ved hjælp af de medfølgende grønne energikilder, lysdioder og den lille motor med rotor.

452940



"Danmark er et af verdens førende lande indenfor vedvarende energi og effektivisering af energiforbrug"

/ Energiministeret

UDLEDES DER CO₂ NÅR VI BRÆNDER TING AF?

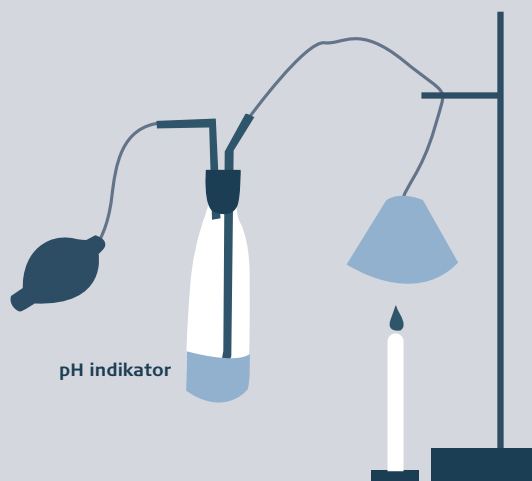
Påvis at der udledes CO₂, når forskellige ting afbrændes

Materialer

001100 Forsøgsstativ
017030 Glastragt
890300-6 Demineraliseret vand
868610-4 NaOH, 1M
037510 2 gummislanger
008010 Konisk kolbe
045030 Prop til kolben med 2 huller i
839750-05 pH-indikator
068515 Sugebold
281000 Stearinlys
019540 Glasrør
019550 Glasrør

Fremgangsmåde

1. Sæt glastragten fast på forsøgsstativet.
2. Bland pH-indikatoren med demineraliseret vand i kolben.
3. Tilsæt et par dråber NaOH, så den bliver mildt basisk.
3. Forbind tragten til en slange, som du stikker gennem proppen og ned i væsken.
4. Forbind pumpen til en slange, som du stikker gennem det andet hul i proppen, men så det ikke stikker ned i vandet.
5. Sæt proppen fast i glasset.
6. Placer stearinlyset forsvarligt under tragten.
7. Tænd og pump luften fra lyset gennem indikatorvæsken.



Diskusion

Hvad sker der? Prøv forsøget med flere forskellige brændsler.

Prøv også biomasse (halm eller træ). Slår indikatoren lige hurtigt om?

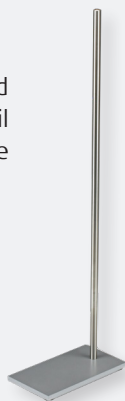
Disse produkter kan bruges til at påvise, at der udledes CO₂ når vi brænder ting af.

Se eksperimentet på side 10.

Forsøgsstativ med pladefod

Pladefod 10 x 18 cm i lakeret stål med gummifødder og 10 mm drejet hul til den medfølgende 60 cm forniklede stålstang (Ø10 mm).

001100



Vand, demineraliseret

Ionbyttet vand.

890300-6



Natriumhydroxid, 1 M

868610-4

Tragt, glas

Diameter: 100 mm. Udløb Ø: 8 mm.
Vinkel: 60°C.

017030



Gummislange, rød, Ø6/9 mm

Længde: 5 m.

037510



Bromthymolblåt i pipetteflaske, 0,04%

pH-indikator.

839750-05



Konisk kolbe, 250 mL, DURAN

Hals diameter: 30 mm.

008010



Suge-/blæsebold

Rød gummisugebold - udblæsning via ventilen i bolden og indsugning via slangen.

068515



Gummiprop til konisk kolbe

2 huller.

045030



SOLEN ER VERDENS BEDSTE ENERGIKILDE

"Den daglige mængde solenergi, som rammer Jorden, svarer til den mængde energi, som Jordens 6,8 milliarder mennesker forbruger i løbet af 27 år"

/ Experimentarium

Størstedelen af vores vedvarende energi kommer direkte eller indirekte fra solen. Solens energi kan nemlig udnyttes på mange måder. Vindenergi kommer fx fra luftens bevægelse, som forekommer, fordi solen varmer luft op og sætter den i bevægelse. Solens energi lagres også i biomasse igennem fotosyntese, som så senere hen kan udnyttes i energiproduktion. Hvis man vil udnytte energien i solens stråler direkte som en energikilde, må den først omformes til anden energi – eksempelvis ved hjælp af solfangere eller solceller.

I Danmark anvender man solenergi på to måder:

Solfangere bruger solens strålingsenergi til at skabe varme, som vi kan bruge til at tage bad eller varme husets radiatorer. Solceller omdanner solens strålingsenergi til elektricitet i vores huse eller sælges til kraftværker.

Solvarme har størst potentiale i lande med større solindstråling og højere temperaturer end Danmark. Solvarme kan dog benyttes i mindre skala i Danmark, og mange husstande har små solvarmeanlæg på tagene, som de bruger til at få varmt vand fra.



FORDELE VED SOLEN SOM ENERGIKILDE:

Solenergi giver ingen lugt- og støjgener



Solenergi sikrer en fast energipris



Solenergi bidrager til en højere grad af selvforsyning



Solenergi er en ubegrænset ressource



Solenergi er en CO₂-neutral energiform og bidrager aktivt til at reducere udledningen af drivhusgasser



Solenergi kan konkurrere med fossile energikilder



ULEMPER VED SOLEN SOM ENERGIKILDE:

Anlæggene kræver stadig store overflader for at producere nok varme/strøm til en husstand og mange synes ikke, at solceller pynter i naturbilledet.



Vejret har også en betydning, da der ikke kommer helt så meget solenergi på en overskyet dag.

Dog vil det stadig give en effekt på omkring 300 Watt pr. m², altså omtrent en tredjedel af hvad det vil give på en skyfri dag.



Solceller er dyre at sætte op, og udnytter kun 15% af energien fra solens stråler



Ingen produktion om natten

Derfor ikke bruges som baseloadpower i elnettet.



VARMEOVERFØRSEL

Varmeoverførsel er overførsel af varme (energi) gennem et medie eller materiale. Varmeoverførsel forekommer på tre måder fordelt, som direkte og indirekte varmeoverførsel.

Termisk energi, også kaldet varmeenergi, måles i enheden Joules.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ WATT} \times 1 \text{ SEKUND} \text{ (1WS)}$$

VARMEOVERFØRSEL KAN SKE PÅ TRE MÅDER

DIREKTE VARMEOVERFØRSEL

Varmedledning (conduction) hvor varmen ledes fra et emne til et andet gennem direkte kontakt. Det er dette du mærker, når du holder en varm genstand i din hånd, eller lægger din hånd på en kogeplade.

INDIREKTE VARMEOVERFØRSEL

Konvektion er en overførsel af varme gennem strømning af varm luft eller væske. Kan fx mærkes ved at sætte sin hånd ind i luftstrømmen i en varmluftsovn.

INDIREKTE VARMEOVERFØRSEL

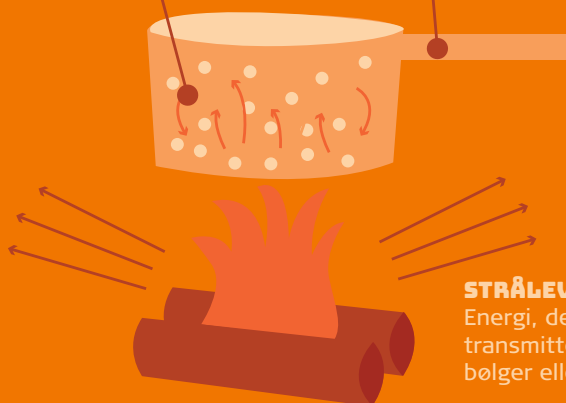
Strålevarme fra et varmt emne, som er elektromagnetisk stråling udsendt i det mikrobølge spektrum og/eller det infrarøde spektrum. Dette kan mærkes som varmen i panden når man sidder tæt på et bål. Strålingsvarme kan måles med termisk kamera (260835).

KONVEKTION

Overførsel af varme gennem en væske forårsaget af molekylær bevægelse

VARMELEDNING

Overførsel af varme eller elektrisk strøm fra et stof til et andet ved direkte kontakt



STRÅLEVARME

Energi, der udstråles eller transmitteres i form af bølger eller partikler



Varme er i virkeligheden udtryk for, hvor hurtigt stoffets molekyler bevæger sig. Jo hurtigere molekylebevægelser, desto højere varmegrader.

Du kan med vores apparat til lysenergi (320700) måle varmeoverførslen fra en elektrisk glødepære til vand og derved se hvor meget spildvarme der produceres i en almindelig glødepære.

Diskuter resultaterne med eleverne, og forstå hvorfor glødepærer er blevet forbudt som lyskilde i EU.

Termisk kamera med pistolgreb

Termisk kamera til visualisering af varmestråling. Kameraet kombinerer overfladetemperaturmåling og real-time termisk billeddannelse, hvilket gør det til et rigtig godt instrument når temperaturen undersøges på varme eller kolde flader / rum.

260835



Termometer med pistolgreb, infrarødt

Et infrarødt termometer kan bruges til at måle overfladetemperaturen ved at rette termometret mod en genstand eller en overflade.

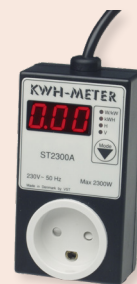
260805



Energimåler, ST2300

Med energimåleren kan energiforbruget på de enkelte forbrugsapparater. Målinger vises med tre cifre. Mindste måling er med to decimaler.

407545



Apparat til lysenergi

Med dette apparat kan der måles, hvor stor en del af den effekt, der leveres til en glødelampe, der omsættes til lys og varme.

320700



Halogenlampe, 120 W

Halogenlampe der er velegnet til brug sammen med solceller. 230 V netspænding med en 120 W Halogen pære.

280130



SOLFANGERE

Den mest almindelige energiomdannelselse findes oftest som indirekte omdannelse af energi. Omdannelsen sker fx ved at indfange solens varme ved hjælp af en parabol eller solovn, som bruges til at koncentrere solens varme i et punkt (fokuspunktet). Denne varmekoncentration skaber en så høj tempe-

ratur at varmen kan omdanne vand til damp. Denne temperaturstigning kan måles med et infrarødt termometer (260805). Solfangere placeres oftest på husets tag og kobles via en varmeveksler til husets radiatorer og varmtvandsforsyning. På denne måde kan man spare på andre varmekilder.

Solovn, parabol, Ø1,5 m

Formålet med en solovn er at omdanne sollys til varmeenergi. Der er tre hovedtyper af solovne: boks, panel og parabolisk. Boks ovne minder om en alm. ovn og energiomsætningen virker således indirekte ved, at opvarmningen foregår i en lukket boks. For paneler og paraboler foregår energiomdannelselse direkte, idet det reflekterede lys ledes direkte på en overflade. En parabolisk reflektor er en effektiv måde til at udnytte sollyset, idet dens tallerkenformede udformning koncentrerer det indstrålede sollys mod det samme område - brændpunktet.

503820



Varmepumpe

Består af kompressor og køle- og varmespiraler. Er på såvel overtrykssiden som undertrykssiden forsynet med manometer. Forsynet med sikkerhedsventil og overtryksbeskyttelse.

490001

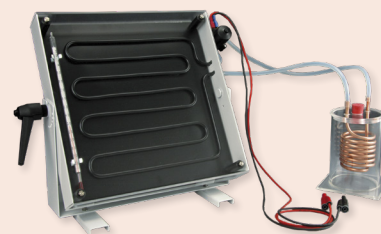


En varmepumpe hæver temperaturen på et medium, der tager varme fra omgivelserne, og overfører varmeenergi til fx rum- eller vandopvarmning.

Solfanger, komplet

Demonstrere hvordan solens strålingsenergi kan omsættes til varme vha. af vores solfanger. Solfangeren leveres med varmepumpe og lagertank med varmeveksler. Lagertanken kan anvendes til at illustrere funktionen af en varmtvandsbeholder i et hus.

503720



Solfanger, elevmodel

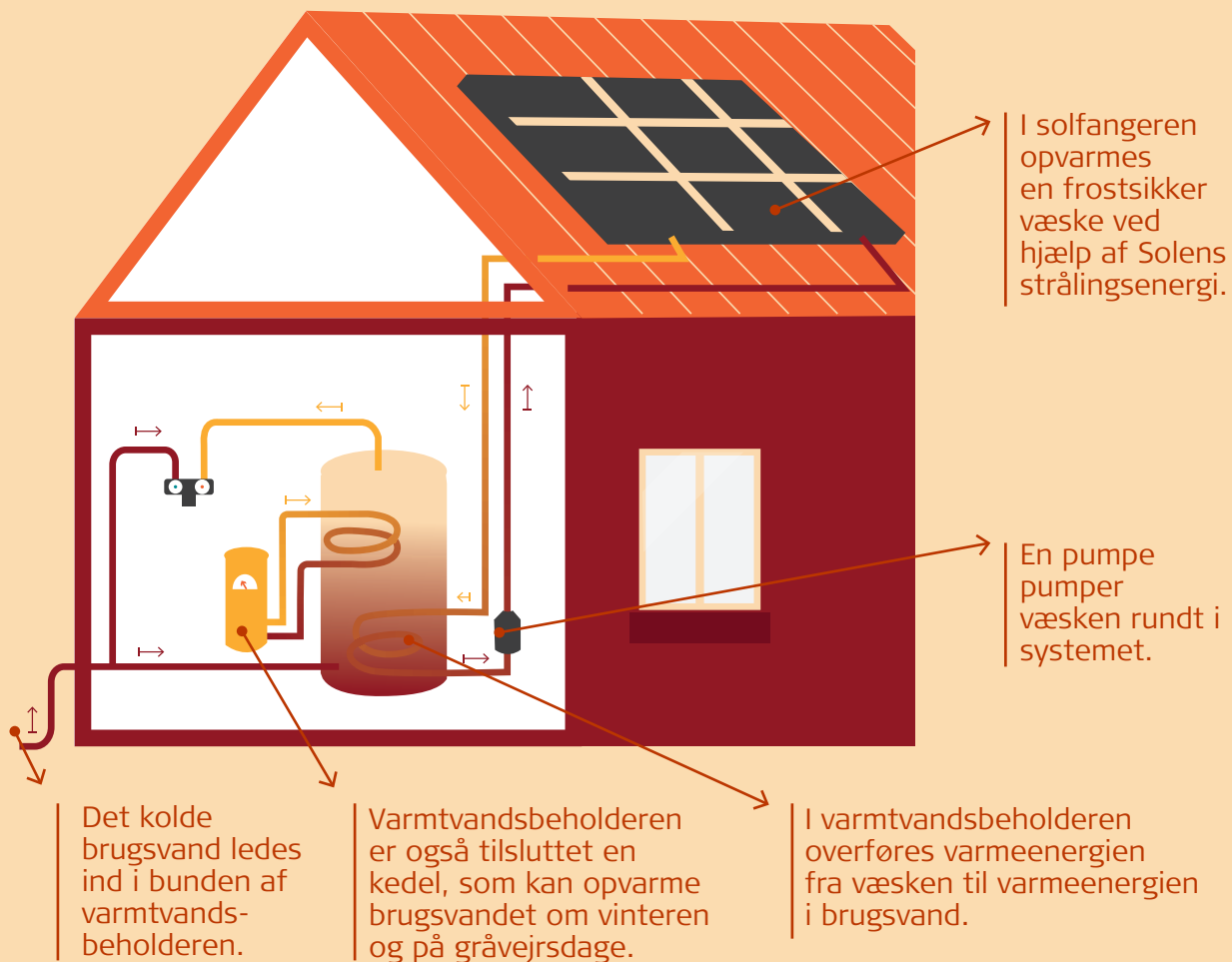
Denne lille solfanger er en simpel og overskuelig model, som introducerer de grundlæggende begreber. Solfangeren opererer med en stationær mængde vand, som opvarmes, når solens stråler rammer en sort aluminiumsabsorber.

503760



PROCESSEN FOR HVORDAN SOLFANGERE KAN PRODUCERER VARME I HUSET

Solfangeren skal placeres, så solen kan skinne så uhindret som muligt på den. I solfangeren opvarmes væsken vha. solens stråler. Når vandet er ved at være varmt vil det blive cirkuleret rundt til varmtvandsbeholderen vha. en pumpe. I varmtvandsbeholderen overføres varmeenergien fra væsken til varmeenergi i brugsvandet.



I Danmark er der installeret 1,2 mio m² solfangere fordelt på 85 store anlæg. De står for 1,6% af fjernvarme-produktionen i Danmark.

SOLCELLER

Den fotovoltaiske effekt blev opdaget af den franske fysiker A.C. Becquerel allerede i 1839, men blev praktiske anvendelser ikke udviklet før ca. 1954. I 1958 blev satellitten Vanguard 1 opsendt med siliciumsolceller som effektforsyning, og siden har solceller været næsten enerådende som effektforsyningskilde i satellitter.

Ved hjælp af solceller produceres strøm til huset

En solcelle er en halvlederkomponent som omdanner energien i sollys til elektrisk energi.

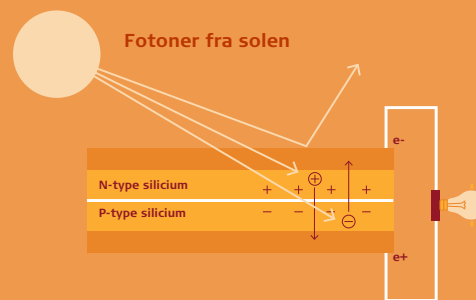
Almindelige solceller kan omdanne 9-15% af sollysets energi til el, mens de nyeste og bedste typer kan udnytte op til 20% af den indstrålede energi.

Samlet set er der 106.461 solcelleanlæg i Danmark (2019). Der er tale om alle typer af solceller og for både private, offentlige og erhversbygninger.

En silicium-solcelle består af tre lag:

1. Et n-lag (negativt lag)
2. Et absorptionslag
3. Et p-lag (positivt lag)

Når cellen bliver ramt af lyset fra solen, vil nogle af elektronerne i absorptionslaget løsrive sig og bevæge sig til n-laget. De positivt ladede atomer, der er tilbage, vil vandre mod p-laget. Hvis man forbinder de to lag i et kredsløb, vil de fungere som henholdsvis positiv og negativ pol, og dermed danne jævnstrøm.



Den tilførte energi på en solcelles overflade kan måles med et pyranometer

Håndpyranometer med display

Dette instrument benyttes til måling af den globale indstråling. Instrumentet er forsynet med display til aflæsning og data kan overføres til en data-logger.



489025

Belastningsboks

Belastningsboks til brug sammen med mindre solcellepaneler, brændselsceller og lignende små strømproducerende apparater.



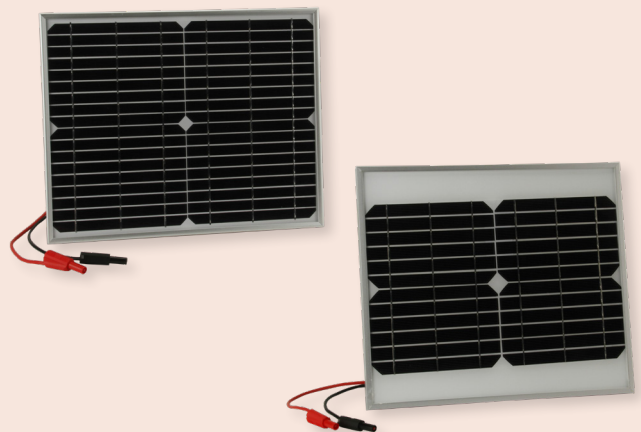
422310

Solcellepanel

Disse solcellepaneler er opbygget med serieforbundne monokrystallinske enkeltceller i en aluminiumsramme med frontglas.

488540 24 celler, 12 W, 18 V

488538 36 celler, 10 W, 12 V



Solcellepanel

Dette solcellepanel består af fire enkeltceller, som kan anvendes enkeltvis eller i forskellige serie- og parallelforbindelser.

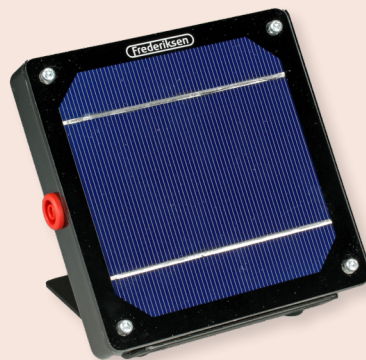
488505



Solcelle, 3 A, på fod

Stor enkeltcelle monteret i kraftig kabinet med klar akrylforplade. Mål: 100 x 100 mm.

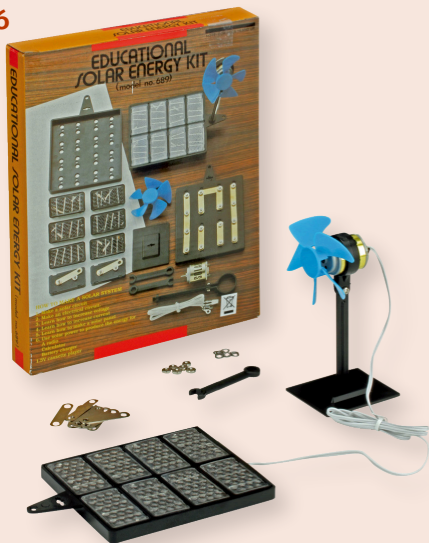
488500



Solenergisæt, 8 solceller

Med 8 solceller som kan serie- eller parallelkobles. Motor, propel og en smart kasse til solcellerne medfølger.

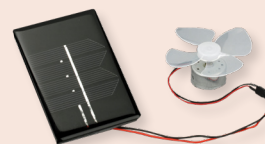
670076



Solcellesæt med motor og propel

Et populært lille sæt til demonstration af solstrålingens energi.

488531



Mobiloplader med solceller og batteri

Denne powerbank kan benyttes til at demonstrere at solenergi kan oplagres som strøm i en lageringsenhed, og herefter anvendes som en strømkilde (batteri).

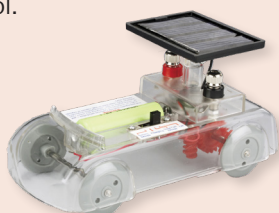
488570



Solcellebil

Fantastisk "model-bil" - lad batterierne op, når solen skinner eller under en kraftig lampe, hvorefter bilen kan køre uden sol.

488534



Solcellesæt

Et enkelt lille solcellesæt, der inkluderer solcellerpaneler, motor, lyd giver, lyskilde, samleledninger mm.

488580



SOLCELLENS EFFEKT

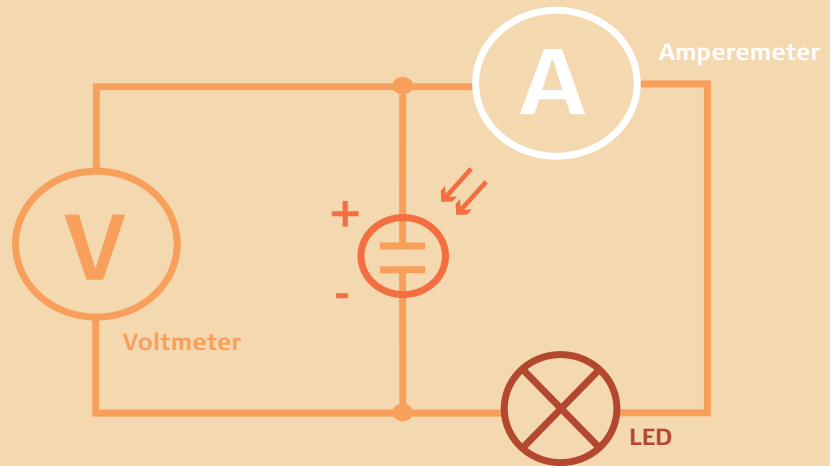
Undersøg hvor meget elektricitet en solcelle kan producere

Materialer

488500 Solceller
381560 Voltmeter
381570 Amperemeter
425005 Dværgpærer
(1,3 – 6V) - E10
429000 Lampefatning

Fremgangsmåde

1. Forbind solcellen til et voltmeter (381560)
2. Mål spændingsforskellen
3. Forbind en solcelle til et amperemeter (381570)
4. Mål kortslutningstrømmen
5. Beregn (kortslutnings-)effekten i W og omregn til Joule
6. Forbind nu solcellerne med en pære. Se diagrammet nedenunder.
7. Mål nu spænding og strøm (A måles i serie med pæren, V måles parallelt med pæren)
8. Prøv at variere forsøget med forskellige solceller og forskellige pærer



Diskusion

Har lysets styrke betydning for solcellens effekt?



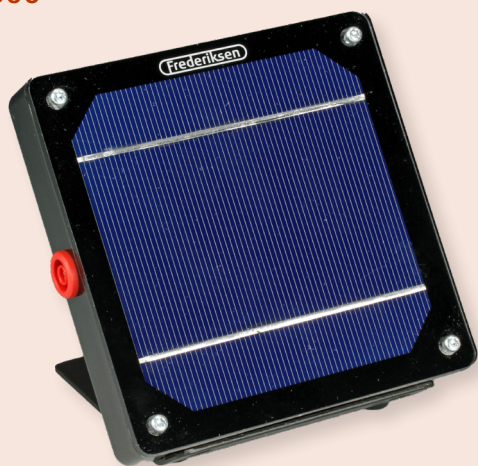
Disse produkter kan bruges til at undersøge solcellens effekt.

Se eksperimentet på side 20.

Solcelle, 3 A, på fod

Stor enkeltcelle monteret i kraftig kabinet med klar akrylforplade. Mål: 100 x 100 mm.

488500



Amperemeter

Robust og betjeningsvenligt instrument, der er let at aflæse for eleverne. Måler såvel jævnstrøm som vekselstrøm.

381570



Voltmeter

Robust og betjeningsvenligt instrument, der er let at aflæse for eleverne. Måler både jævnspænding som vekselspænding.

381560



Lampefatning E10

E10 fatning (til lommelygtepærer) monteret på en solid bundplade med 2 sikkerhedsbøsninger.

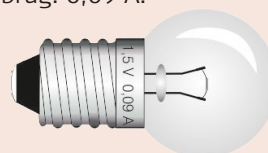
429000



Glødepære

Traditionel glødepære med E10 fatning. Spænding: 1,5 V. Strømforbrug: 0,09 A.

425005



EKSPERIMENT / 888480-1

LAV DIN EGEN SOLCELLE

Undersøg hvor effektiv en brombærsolcelle er

Materialer

888480-1 Brombærsolcelle
488705 Elektrisk ledende glas
067010 Varmeskab
841600-05 Iod-kaliumdidopløsning

Fremgangsmåde

1. Skær to plader af elektrisk ledende glas med tinoxidcoating i 10 cm x 6 cm
2. Knus 3-4 spatelfulde TiO_2 i en porcelænsmorter og bland det i 10 mL vand
3. Smør en dråbe af det opløste TiO_2 jævnt ud over den ene tilskårede glasplade med en vatpind.
4. Pladen med det påsmurte TiO_2 lufttørres ca. 15 min eller til det er fuldstændigt tørt. Når TiO_2 'en er fuldstændig tør, bages pladen ved 450°C i 30 min i en ovn. (evt. grill i en almindelig ovn)
5. Friske brombær (ikke syltetøj) knuses i en morter og smøres på det hvide TiO_2 -lag og tørre i 15 min.
6. Herefter skylles brombærerne af med vand, og pladerne lægges til tørre.
7. På det andet stykke ledende glas dækkes med grafit fra en blyant. Glaspladerne lægges med grafit- og brombærsiderne mod hinanden.
8. Mens pladerne holdes sammen, tilsættes en iod/iodid-opløsning der trænger ind i cellen ved hjælp af kapillærkraften.
9. Nu er cellen klar

Diskusion

Hvordan kan lys omdannes til elektricitet?

Hvor effektiv er en brombærsolcelle?

Disse produkter kan bruges til at undersøge solcellens effekt.

Se eksperimentet på side 22.

Titandioxid 2M til brombærsolcellen

Titandioxid er tungt opløseligt i vand, så det må forventes at titandioxid lægger sig i bunden af flasken.

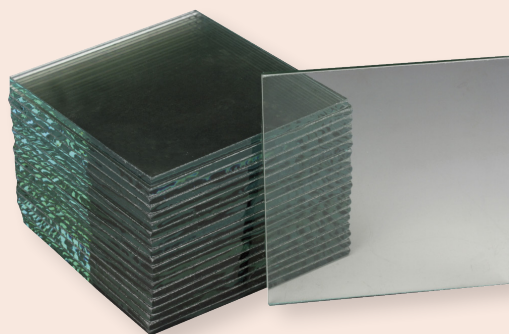
888480-1



Elektrisk ledende glas

Glassene har størrelsen 5 x 5 cm, og kassen indeholder 20 glas.

488705



Varmeskab, Nuve

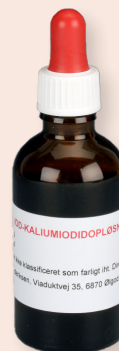
Brugervenligt varmeskab i god kvalitet med stor temperaturpræcision og naturlig konvektion. Stort kontrolpanel med digitale displays til angivelse af hhv. tid og temperatur.

067010



Iod-kaliumiodidopløsning

841600-05



VINDEN HAR MANGE KRÆFTER

Vinden har mange kræfter. Vind er luft, der bevæger sig. Derfor er vindenergi en form for bevægelsesenergi, også kaldet kinetisk energi. Vinden har fungeret som energikilde i mange år. Først til at få et sejlskib til at sejle og frem til 1900-tallet blev vinden omdannet til mekanisk energi, som blev brugt til at pumpe vand eller male korn til mel. I dag bruger vi mest vindens energi til at lave strøm ved hjælp af vindmøller.

Danmarks energiforbrug

I 2019 dækkede vindmøller 47% af det danske elforbrug. Vindenergi er således en af de mest udbredte former for vedvarende energi i Danmark og samtidig også den energiform, der er kommet længst i forhold til at være konkurrencedygtig med andre energiformer. For eksempel er opstilling af vindmøller på land en af de billigste måder at udvide elproduktionen på.

Større og bedre vindmøller i dag

Det er en nødvendighed at det blæser for at en vindmølle kan bruges og derfor er Danmark et perfekt sted at have vindmøller. Vindmøller bliver bygget meget større i dag end dem man lavede i 1970'erne. En fordobling af vingernes længde gør nemlig at vindmøllen kan producere fire gange så meget energi.

Nogle af de største vindmøller står ved Esbjerg

Vindmøllerne er 200 meter høje, har et vingefang på 164 meter og kan tilsammen producere strøm til 18.000 danske husstande.

Tag ud og oplev de store vindmøller på Mådevej, 6705 Esbjerg Ø.



/ visitribeesbjerg.dk

FORDELE VED VINDENERGI:

En god investering
(tjener sig selv hjem
80 gange cirka)



En fremtidssikret
energikilde



Positiv
indvirkning på
folkesundheden



Fremmer
beskæftigelsen



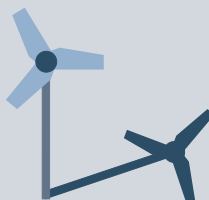
/ Energistyrelsen

ULEMPER VED VINDENERGI:

Udskældes for
et højt støjniveau



Kendt for at
skabe skygger
i landskabet



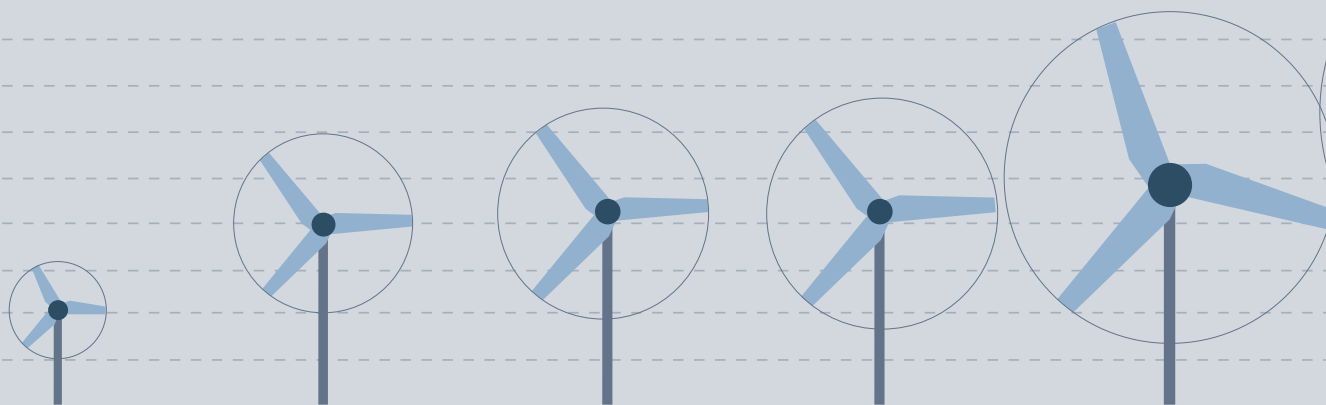
Kan have en
negativ indvirkning
på boligværdien



/ Energistyrelsen



HAVMØLLERS UDVIKLING Gennem ÅRENE



1991

Diameter: 35 m
Tårnhøjde: 35 m
Kapacitet: 0,45MW

2001

Diameter: 76 m
Tårnhøjde: 64 m
Kapacitet: 2,00MW

2003

Diameter: 82 m
Tårnhøjde: 69 m
Kapacitet: 2,30MW

2010

Diameter: 93 m
Tårnhøjde: 68 m
Kapacitet: 2,30MW

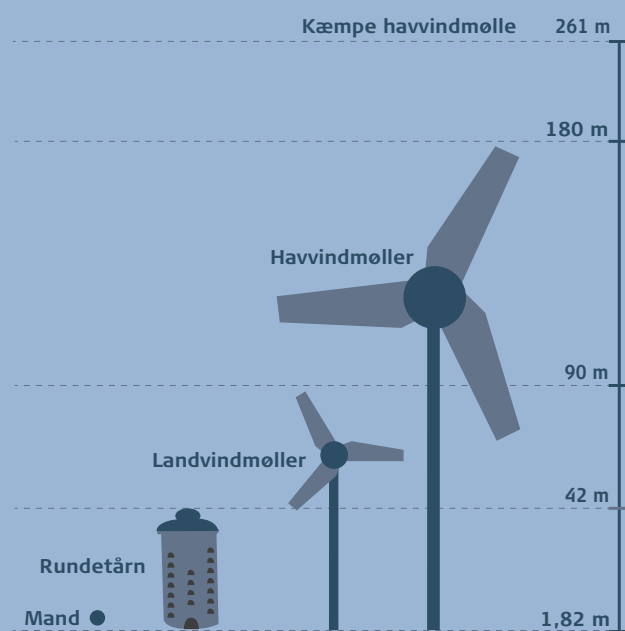
2013

Diameter: 120 m
Tårnhøjde: 82 m
Kapacitet: 3,60MW

LANDMØLLER

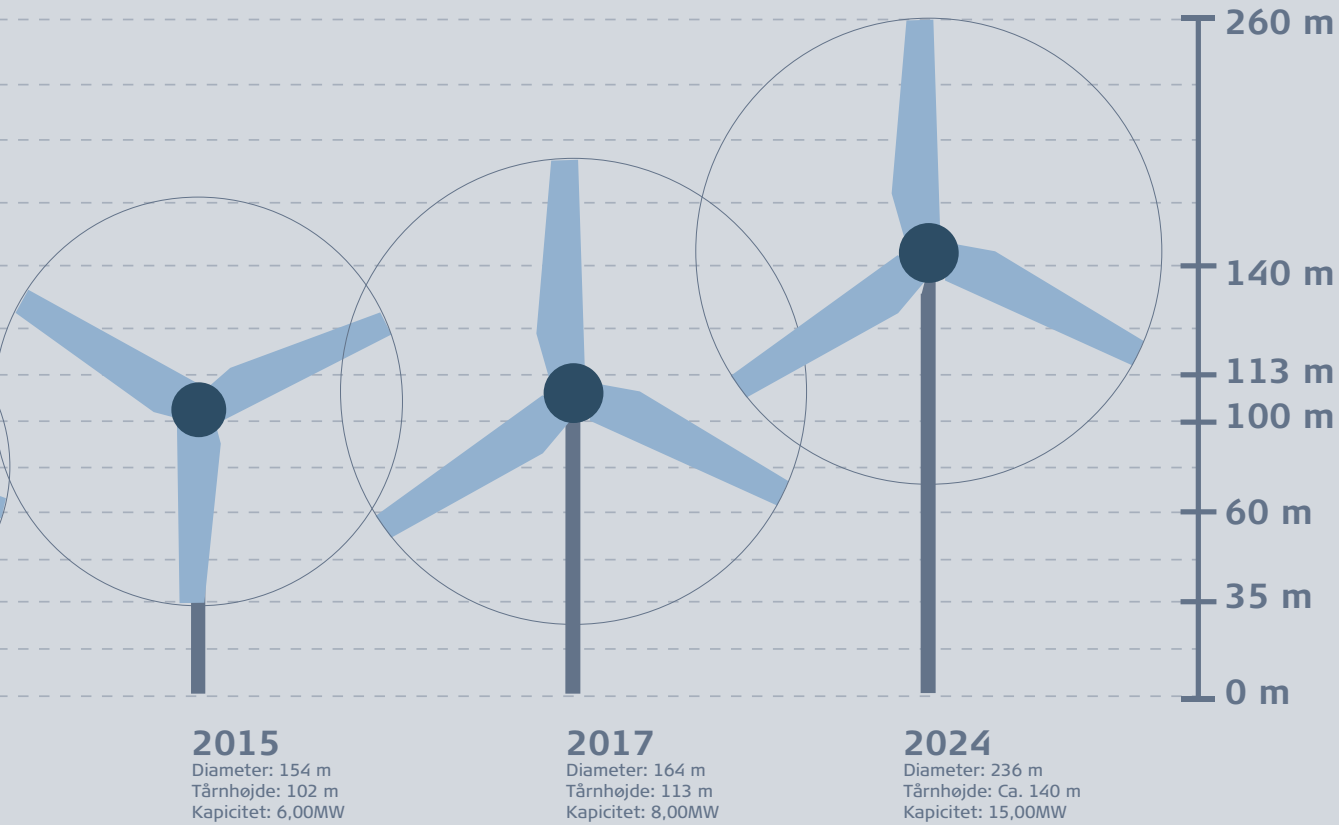
"Danmark er blandt de førende i verden når det gælder udvikling, produktion og opstilling af vindmøller. Eksporten af vindmøller og teknologi til vindenergi udgør et væsentligt bidrag til den danske økonomi."

/ Energistyrelsen



Simens har lanceret deres nye havvindmøller som rammer markeder i 2024 og vil være 261 m høje.

De største møller placeres i havvindmølleparker hvor de pt. kan nå en totalhøjde på 180 m.



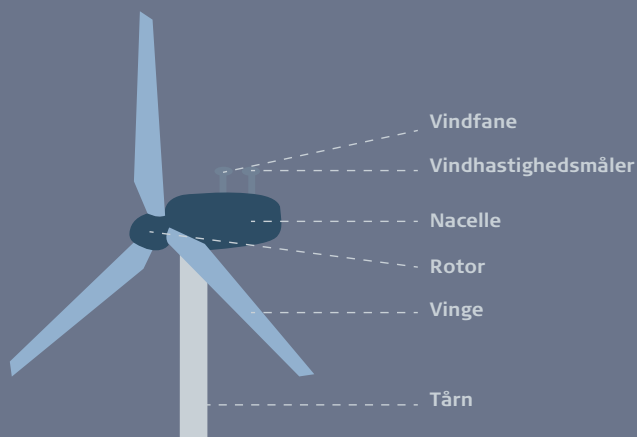
HAVMØLLER

"Danmark etablerer verdens første power-to-X energio i Nordsøen. Øen bliver en kunstig anlagt ø, der på sigt skal forsyne 10 mio. husstande. Øen skal ikke kun producere grøn strøm, men også omdanne og lagre denne til brændstof til skibe, fly og lastbiler."

/ Energistyrelsen

VINDMØLLERS OPBYGNING

En vindmølle består af nogle lange vinger, som vinden kan dreje rundt om en akse. Midt i akse sidder en dynamo, som danner elektricitet, når den bliver drejet rundt.



VIDSTE DU?

"Vingespidsen på en Vestas V164-8.0 med 164 m vingefang roterer med 374 km/t når den roterer ved max belastning."

Disse produkter kan bruges til at undersøge om der er en sammenhæng mellem vindhastigheden og elproduktionen.

Vindmølle med vinger og dioder

Denne møllemodel kan benyttes til at undersøge om der er en sammenhæng mellem de forskellige typer af vingeprofiler, og hvor meget effekt vindmøllen kan producere.

500545



Vindmølle med gearing

Den er designet til brug i skoler, gymnasier og universiteter. Det er en hands-on model, som på en god og overskuelig måde viser, hvordan vindkraft kan udnyttes til at generere elektricitet.

500560



Energimåler og datalogger

Med denne datalogger har eleverne mulighed for at udføre en række målinger af spænding, strøm, effekt, energi og modstandsværdier, samt rotationshastigheder på vores Horizons energisæt (500545).

500550

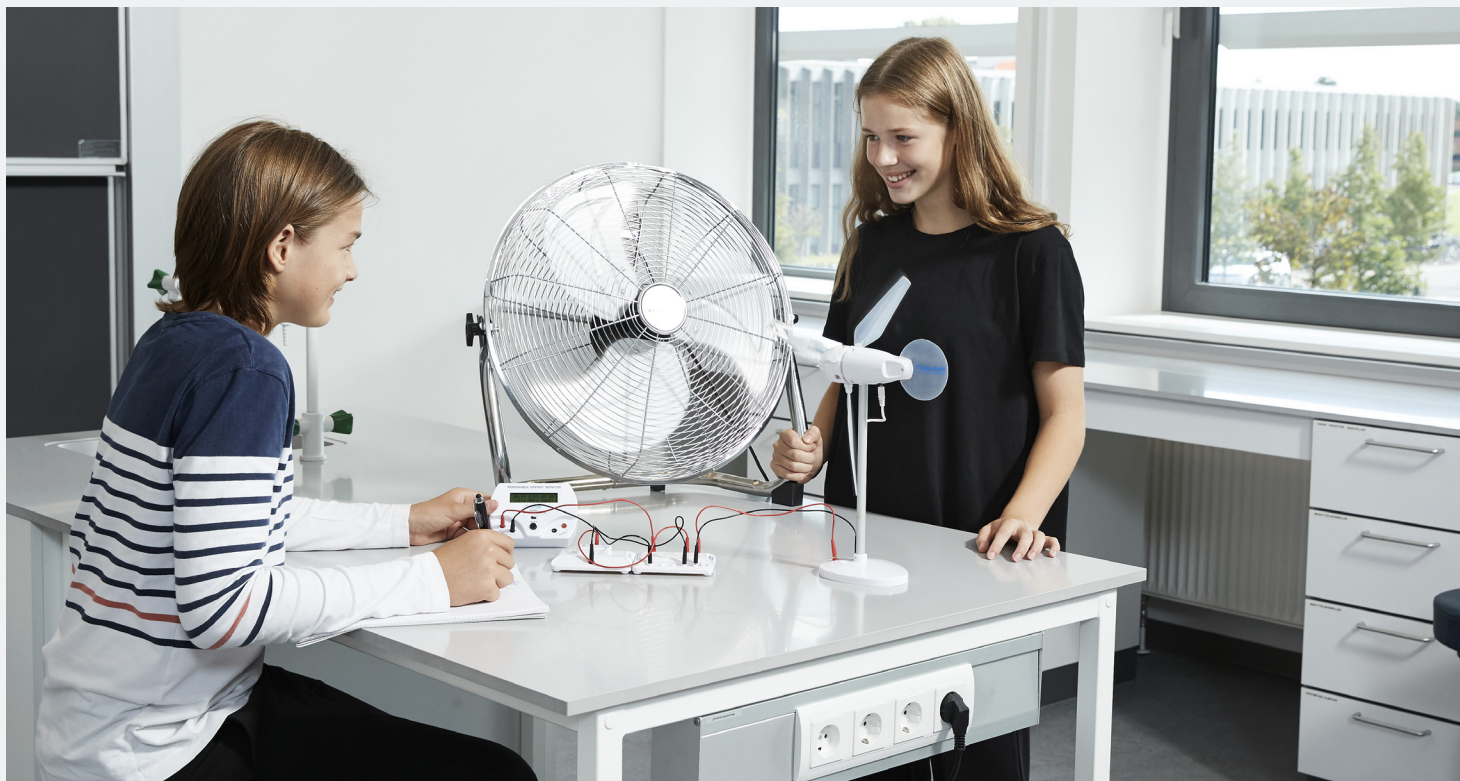


Vindmølle, mini

Verdens mindste vindgenerator! En lille vinddrevet generator på stang, med tre lysdioder til at indikere, hvor meget effekt der genereres.

500520





Gulventilator

Denne store 100 W blæser er glimrende til indendørs forsøg med vindmøllemodeller.

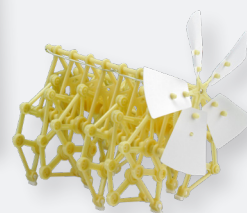
500600



Vindenergibæst

Lav dit eget mini vindenergibæst, der går ved hjælp fra vinden eller ved hjælp af håndkraft. Samlingstid er ca. 90 minutter og foreslås til børn i alderen 8 år og op efter.

500525



Vindmåler, digital

Elektronisk vindmåler med letlæseligt digitaldisplay, der direkte viser vindhastigheden i km/t, m/s, knob eller fod/minut.

187605



Vindmåler, elektronisk

Smart håndholdt vindmåler med temperatursensor og bærestrop.

187525



MÅL VINDMØLLENS EFFEKTIVITET

Undersøg hvor meget energi din vindmølle kan producere ved forskellige vindhastigheder

Materialer

500560 Vindmølle
429600 Amperemeter
429700 Wattmeter
386135 Multimeter
381560 Voltmeter
381570 Dværgpærer (6W)
med fatning

Fremgangsmåde

1. Forbind din vindmølle med et wattmeter, eller amperemeter, voltmeter og pære.
2. Drej vindmøllens vinge jævnt rundt og notér hvor mange watt instrumentet viser.
3. Drej vindmøllens vinge hurtigt rundt og notér hvor mange watt instrumentet viser.
4. Diskuter hvad resultaterne viser.
5. Skift wattmetret ud med en 6W pære i fatning.
6. Drej først vindmøllens vinge jævnt rundt og derefter hurtigt rundt. læg tag forskellen i lysstyrken fra pæren.
7. Diskuter hvad dette resultat viser.

Notér jeres resultater	1. TEST: WATT	2. TEST: LYSSTYRKE I PÆREN
Drej vingen jævnt		
Drej vingen hurtigt		

Diskusion

Hvor meget energi (joule) kan din vindmølle producere ved forskellige vindhastigheder?

Hvordan producerer din vindmølle (dynamo) elektricitet?

Disse produkter kan bruges til at måle en vindmølles effektivitet.

Se eksperimentet på side 30.

Vindmølle med gearing

Det er en hands-on model, som på en god og overskuelig måde viser, hvordan vindkraft kan udnyttes til at generere elektricitet.

500560



Amperemeter

Et eleventligt digitalt DC amperemeter med et 3½ ciffer LCD-display. Forbindes med én rød og én sort sikkerhedsbøsning (rød er plus).

429600



Wattmeter, digital, 90 W

Digitalt DC måleinstrument, som måler spænding, strøm, effekt og energi.

429700



Multimeter, DMM-135

Et handy multimeter til mindre krævende måleøvelser.

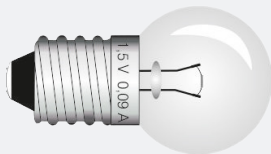
386135



Glødepære

Traditionel glødepære med E10 fatning. Spænding: 1,5 V. Strømforbrug: 0,09 A.

425005



Voltmeter

Robust og betjeningsvenligt instrument, der er let at aflæse for eleverne. Måler både jævnspænding som vekselspænding.

381560



Vind og vejr, CVK-kuffert

Denne kuffert indeholder en mobil vejrstation med alt det, der er nødvendigt til systematiske målinger og iagttagelser af vind og vejr.

598300



Lærervejledning til Vind og Vejr

Ekstra lærervejledning til emnekufferten "Vind og Vejr".

598301

Elevhæfte til Vind & Vejr

Ekstra arbejdshæfte til emnekufferten "Vind og Vejr".

598302



Vejrsensor med GPS, trådløs

Sensoren har indbygget GPS, så man kan kortlægge sine målinger og den har indbygget lyssensor, så man kan måle omgivende lys. Derudover måler sensoren naturligvis tryk, temperatur og luftfugtighed og angiver en række beregnede værdier baseret på de målte.

PS-3209



Vejrstation, Davis Vantage Pro2

Trådløs vejrstation med rækkevidde op til 300 meter i lige linie uden forhindringer og 60-120 m gennem mure og vægge.

185740



Vejrstation, Wifi W830

Ventus W830 trådløs Wi-fi vejrstation med temperatur, vind- og regnmåler.

185708



Mini-vejrstation, Kestrel 5000

En robust vejrstation, som let og enkelt kan måle højde, tryk, relativ luftfugtighed, temperatur og vindhastighed. Med disse målinger kan følgende funktioner afledes: Nedkøling (wind chill), varmeindeks, dugpunkt og lufttætheden i form af en højde.

792095



KAN VINDMØLLER HAVE NEGATIV INDFLYDELSE PÅ NATURFAUNAEN?

Diskuter disse spørgsmål med eleverne

Kan havvindmøller forstyrre trækfugle og fuglelivet generelt?

Hvilken betydning har det?

Findes der andre vindmølle udformninger, der kan løse dette problem? Fx. vindmøller uden vinger?

Hvad ville du sige til at blive nabo til en stor vindmøllepark?

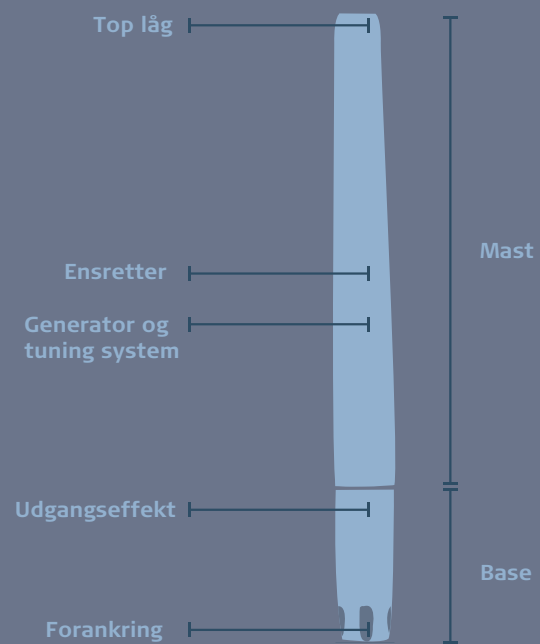
Nye produktionsmuligheder?

Vindmøller fylder i landskabet og kan irritere naboerne og dræbe fuglelivet. Men måske ikke længere.

Det spanske firma Vortex Bladeless er nemlig kommet på et nyt design, som skærer de besværlige og larmende vinger væk. I stedet består deres vindturbine af en 3 meter høj stang af glasfiber, som laver strøm ved at vibrere i vinden. På internettet har kvikke hoveder allerede lagt mærke til den nye mølles særprægede udseende - og spøgende givet den tilnavnet "skybrator."

Vind skaber hvirvler, som får stangen til at svinge. Bunden af Vortex Bladeless er monteret på jorden, mens den øverste del sidder løs, så den kan vippe. Inde i stangen sidder en generator, som bruger stangens bevægelser til at lave elektricitet.

VORTEX BLADELESS



BIOENERGI ER EN VIGTIG BRIK I DEN GRØNNE OMSTILLING

"Biomasse udgør ca. 70 % af Danmarks samlede forbrug af vedvarende energi."

/ Gyldendal

Hvad er bioenergi?

Bioenergi er den energikilde, der er lagret i organisk stof eller biomasse. Det kan være halm fra landbrug, brænde, træflis, planter eller bionedbrydeligt affald. Biomasse er altså materiale, som engang har været levende eller kommer fra noget levende og da de var det, udnyttede de solenergi til at vokse. De lavede via fotosyntese energi til sig selv, og dele af den energi har planten, træet, dyret eller gødningen. Der er altså tale om lagret energi, som man kan udvinde til biomasse i stedet for at den går i forrådnelse. Man kan så omdanne biomassen til brændstof til biler, skibe, fly eller opvarmning.

Bioenergi er den form for vedvarende energi, vi bruger mest af i Danmark. Mange kraftvarmeværker er gået fra at have brugt fossile brændsler til at bruge biomasse.

Det gode ved bioenergi

Bioenergi kan lagres og kan derfor blive en afgørende faktor i forhold til at sikre et vedvarende energisystem. Bioenergi findes i flere former, men fælles er at energien er lagret i organisk stof eller biomasse. Biomassen kan brændes direkte eller forarbejdes til forskellige former for brændsel.



FORDELE VED BIOENERGI:

Man kan udnytte den lagrede energi i restaffald og restprodukter (fx træflis), så det ikke går til spilde.



Det er en CO₂-neutral energikilde - men KUN, hvis man sørger for at plante et nyt træ, hver gang et andet fældes.



/ Energistyrelsen



ULEMPER VED BIOENERGI:

Det tager tid inden det nyplantede træ er vokset nok, så det kan optage lige så meget CO₂ som det træ, der er fældet.

Indtil da vil der frigives mere CO₂ i atmosfæren, end der optages.



Det er ikke CO₂-neutralt at bruge maskiner til at fælde træer og omdanne det til træflis eller træpiller.



Går ud over biodiversiteten.



Hvis man fælder skove uden at plante lige så mange nye træer igen, vil der komme en større mængde CO₂ i atmosfæren.



Transporten til og fra fabrikker udleder også CO₂.



Det skyldes, at træer optager CO₂ - og er der færre træer, så udledes CO₂ i stedet direkte ud i atmosfæren.

/ Energistyrelsen

DER FINDES TRE FORMER FOR BIOENERGI:

- 1. FAST BIOBRÆNDELSE:** Træ, træflis eller halm
- 2. FLYDENDE BRÆNDELSE:** Olie, raps eller solsikkefrø
- 3. BIOGAS:** Husdyrgødning og fedt fra dyr

1. FAST BIOBRÆNDELSE

Biobrændstof er energi, der bliver skabt ved at forbrænde biologisk dannet organisk materiale. Det organiske materiale er en samlet betegnelse for træ, halm, biologisk nedbrydelige produkter (korn, skaller, kerner og frø) samt biogas og affald. Biobrændstof bruges som brændstof til el-produktion, fjernvarme, til biler og andre køretøjer. Det er også lykkedes at lave flybrændstof.

Forgasning

Som alternativ til simpel forbrænding anvendes biomasse i højere grad i forgasningsreaktioner, hvor det er muligt at udnytte en større andel af energien. Ved forgasning sker en omdannelse af biomassen (kulstof) i reaktion med vanddamp og kuldioxid ved høj temperatur til syn-gas bestående af hydrogen H₂ og carbonmonoxid CO. Denne gas kan afbrændes og derved bruges direkte til produktion af el og varme, eller den kan opgraderes i en katalytisk reaktor til syntetisk naturgas (SNG). SNG kan indgå i naturgasnettet, og har derfor bred anvendelsesflade direkte eller ved kemisk fremstilling af flydende brændstoffer. SNG betragtes som værende CO₂-neutral naturgas.

"I dag er der flere end en milliard motorkøretøjer på verdens veje. Heraf benytter kun 70 millioner alternative ikke-fossile brændstoffer"

/ Faktalink



2. FLYDENDE BIOBRÆNDSTOFFER

Bioethanol er dannet ud fra biomasse, typisk i form af sukeroer, majs og kartofler. For at producere bioethanol anvender man en gæringsprocess hvori råvarerne hakkes i mindre stykker. Der findes også andre biobrændstoffer som fx biodiesel.

Bioethanol fremstilles ved gæring i forskellige generationer:

- 1. generation:** Fremstilles af afgrøder med højt indhold af sukker og stivelse. Fx majs, sukkerroer eller byg.
- 2. generation:** Fremstilles af restprodukter fra landbruget. Fx halm.
- 3. generation:** Fremstilles af biomasse som ikke kræver dyrkbar jord. Fx alger.

3. BIOGAS

Danske biogasanlæg bruger primært husdyrgødning, spildevand og organiske rest- og affaldsprodukter til at producere biogas. Biogas består af en blanding af gasserne metan (CH_4) og kuldioxid (CO_2). Det fremstilles ved, at

husdyrgødning og andet organisk materiale tilføres et biogasanlæg. Når vi sender madaffald og gylle gennem et biogasanlæg får vi grøn biogas.

Den grønne biogas bruges til at producere elektricitet og fjernvarme. Elektriciteten sendes ud på el-

nettet og varmen forbruges lokalt. Derudover kan biogas opgraderes til naturgas og tilføres naturgasnettet eller bruges som transportbrændstof.

VEJEN TIL BÆREDYGTIG BIOGAS



PRODUKTION AF BIOGAS

Undersøg hvordan biogas produceres ved at lave din egen

Materialer

043730 Prop med 2 huller
 039510 Klemhane
 039110 Slangesamler
 038520 Plastslange
 043720 Prop med hul
 000100 Stativfod
 019540 3x glasrør
 053840 2x plastflaske
 002300 Stativmuffe
 007450 Bægerglas, 1000 mL

Diskusion

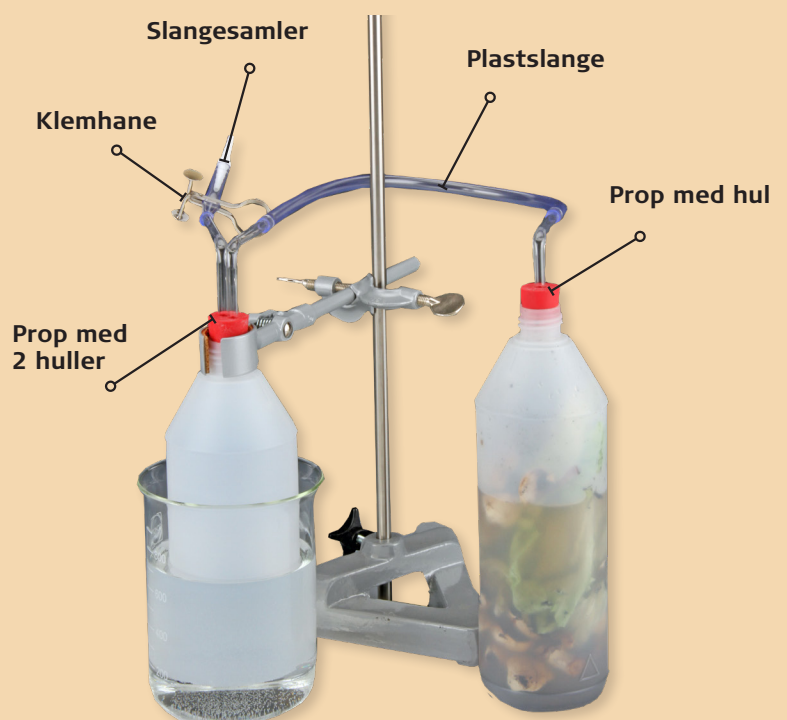
Hvad består den genererede biogas af?

Forklar processen?

Diskuter fordele og ulemper ved teknologien.

Fremgangsmåde

1. Tag et par store håndfulde organisk affald fx kartofler og grøntsager og skær det i små stykker. Tilsæt en teskefuld jord og bland det sammen.
2. Læg blandingen i den ene plastflaske og fyld ca. $\frac{3}{4}$ op med vand.
3. Den anden plastflaske skal du skære bunden af.
4. Plastflasken uden bund sættes op i det store bægerglas, som fyldes med vand op til 800 mL mærket. Hold flasken nede i vandet med stativet.
5. Sæt et vinkelbøjet glasrør i proppen med et hul og sæt den i flasken med affald.
6. Sæt to vinkelbøjede glasrør i proppen med to huller og sæt den i flasken uden bund. Forbind de to flasker med plastslange som vist på billedet. Det andet rør påsættes studs lavet af et stykke slange, en klemhane og en slangesamler som studs.
7. Stil biogas-anlægget varmt gerne på en radiator. Lad det stå i en uge. Nu skulle der gerne være kommet biogas over i flasken uden bund. Du kan brænde den af ved at presse flasken uden bund langsomt ned i vandet i bægerglasset, mens du åbner klemhanen og holder en tændt tændstik hen til studsen.
8. Prøv at lægge en dråbe af vandet i affaldsflasken op på et objektglas, læg et dækglas over og undersøg det i mikroskop. Måske skal du prøve mere end en gang for at se noget.



Disse produkter kan bruges til at undersøge hvordan biogas bliver produceret.

Se eksperimentet på side 38.

Klemhane, Mohr

Klemhane i forniklet stål.
Længde: 60 mm.

039510



Slangesamler, Ø4, 5-7 mm

Dobbeltkonisk slangesamler.
Udført i slagfast syrebestandig plast.

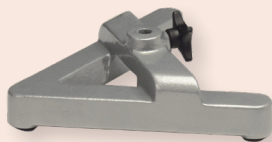
039110



Stativfod, A-fod, 2,0 kg

A-fod forsynet med 10 mm hul og spændeskruer.
Lakeret støbejern med gummifødder.

000100



Plastslange, Ø6/9 mm

Plastslange i klar PVC. Længde: 5 m. Indre/ydre diameter: 6/9 mm.

038520



Plastflaske, 1 L, godkendt

Rund plastflaske i HDPE (Engangsflaske) til kemikalieopbevaring.

053840



Gummiprop med 1 hul

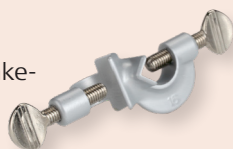
Koniske gummiprop med 1 hul udført i rød naturgummi. Kan anvendes ved temperaturer fra -30 til 60°C. Diameter: 20/25 mm.

043720

Stativmuffe

Dobbelt stativmuffe udført i lakeret trykstøbt zink.

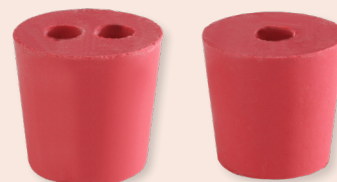
002300



Gummiprop med 2 huller

Koniske gummiprop med 2 huller udført i rød naturgummi. Kan anvendes ved temperaturer fra -30 til 60°C. Diameter: 20/25 mm.

043730



Bægerglas, lav form, 1000 mL, Borosil

007450



ECOZONE SYSTEMET KAN BRUGES TIL EKSPERIMENTER MED BIOLOGISK NEDBRYDNING



EcoZone System, 3 kamre

Tre kamre, som kan forbindes, så det er muligt at måle forskellige faktorer i tre forskellige økosystemer på samme tid. Nyttigt til studier af fotosyntese, respiration, regnskovsklima, ørkenklima, vandigt økosystem mv.

ME-6668



Der er masser af forsøg og spørgsmål, som man kan undersøge med dette Ecozone system såsom:

Mål CO₂ udviklingen under nedbrydningsprocessen.

Byg et kompostering anlæg.

Tilsæt organisk materiale og følg nedbrydningsprocessen.

Følg udviklingen af varme, kompostering, CO₂, vand og næringssalte.

Udtag prøver af det organiske materiale under nedbrydningen og undersøg under mikroskop. I kan også udtage en prøve og dyrke mikroorganismer på en agarplade og undersøg hvilke organismer I finder.

NB! Husk at tape agarpladerne til, der kan forekomme sygdomsfremkaldende bakterier.

Disse sensorer kan bruges sammen med Ecozone system.

Ittsensor, gas, trådløs

Måler oxygenkoncentrationen i procent – samt temperatur og luftfugtighed. Velegnet i en lang række biologiske, fysiologiske og miljømæssige sammenhænge.

PS-3217



Fugtighedssensor, jord

Denne sensor måler vandindholdet i % i jordprøver. Den 2-benede probe trykkes eller graves mindst 3 cm ned i jorden og målingerne kan begynde.

PS-2163



Temperatursensor, trådløs

Temperatursensor med rustfri stålføler. Tæt konstruktion, som modstår støv, smuds og sand. Sensoren kan anvendes i alle situationer, hvor man ellers ville bruge et digitaltermometer – blot med langt flere muligheder. Måleområde: -40 °C til 125 °C)

PS-3201



CO₂ - sensor, trådløs

Kan anvendes interaktivt i laboratoriet, og har desuden loggerfunktion, så den selv kan indsamle data i en længere periode.

PS-3208



UDEN VAND HAVDE DER IKKE VÆRE LIV PÅ JORDEN

Vandkraft er den kraft eller energi, som strømmende og/eller faldende vand udøver. Vand i bevægelse kan have rigtig mange kræfter. Det ses fx, når en tsunami rammer land. Vandkraft har været benyttet langt tilbage i historien, fx brugte romerne vandhjul til at male korn. I dag bruges vandkraft til at lave elektricitet i moderne vandkraftanlæg.

Første vandkraftværk

Det første egentlig vandkraftværk blev bygget i 1879 ved Niagara Falls i USA, og da vandkraft var på sit højeste i starten af 1940'erne dækkede det cirka 33% af landets samlede energiforbrug. På verdensplan bidrager vandkraften med ca. 7% af al energiproduktion. I Kina har man bygget verdens største vandkraftværk, som kan lave lige så meget strøm som 2250 store vindmøller. For at værket

kunne blive en realitet måtte 1000 byer oversvømmes, 1,3 mio mennesker flytte og der er nu anlagt en kunstig sø på 600 km. Efterfølgende blev vandkraft især udkonkurreret af de billige kraftværker drevet af fossile brændstoffer – en af grundene til, at vi står over for en klimakrise den dag i dag.

Vandkraftværk i Danmark

På verdensplan er vandkraft en mere udbredt energikilde, men i Danmark spiller den kun en lille rolle. I 2015 bidrog vandkraft med 0,1 procent af den samlede danske elproduktion. Det største vandkraft i Danmark blev Tangeværket, der stod færdigt januar 1921. Gudenåen blev dæmmet op, og Tange Sø blev et vandreservoir til værket. Vandet driver tre turbiner, som trækker hver sin generator. Produktionen på værket kunne i

de første år forsyne 22% af Jylland med elektricitet. Årsproduktionen er stadig 11 millioner kWh. I dag rækker det dog kun til ca. 3.000 husstandes elforbrug.

Nordiske lande

Derimod er vandkraft langt mere udbredt i de øvrige nordiske lande – ikke mindst i Norge og Sverige, hvor der er store højdeforskelle i landskabet og dermed gode geografiske betingelser for vandkraft. De norske og svenske vandkraftanlæg spiller dog en vigtig rolle for Danmark i form af "ellagre", som vi kan trække på, når vi ikke får tilstrækkeligt el fra blandt andet vindmøller eller solceller til at dække vores behov. Det kan vi, fordi vi i Norden udveksler energi med hinanden.



FORDELE VED VAND SOM ENERGIKILDE:

Lang "levetid"



"Gratis"



Vandet kan oplagres i vandmagasiner



Minimal arbejdskraft



ULEMPER VED VAND SOM ENERGIKILDE:

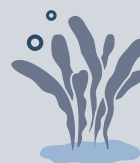
Kræver store investeringer



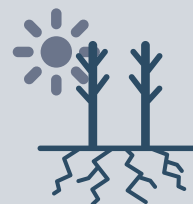
Ved oprettelse af reservoirer påvirkes floder og åers oprindelige forløb, hvilket kan forstyrre marinelivet.



Vandreservoirer kan risikere at få ophobet dødt plantemateriale - udlede CO₂



Tørkeperioder



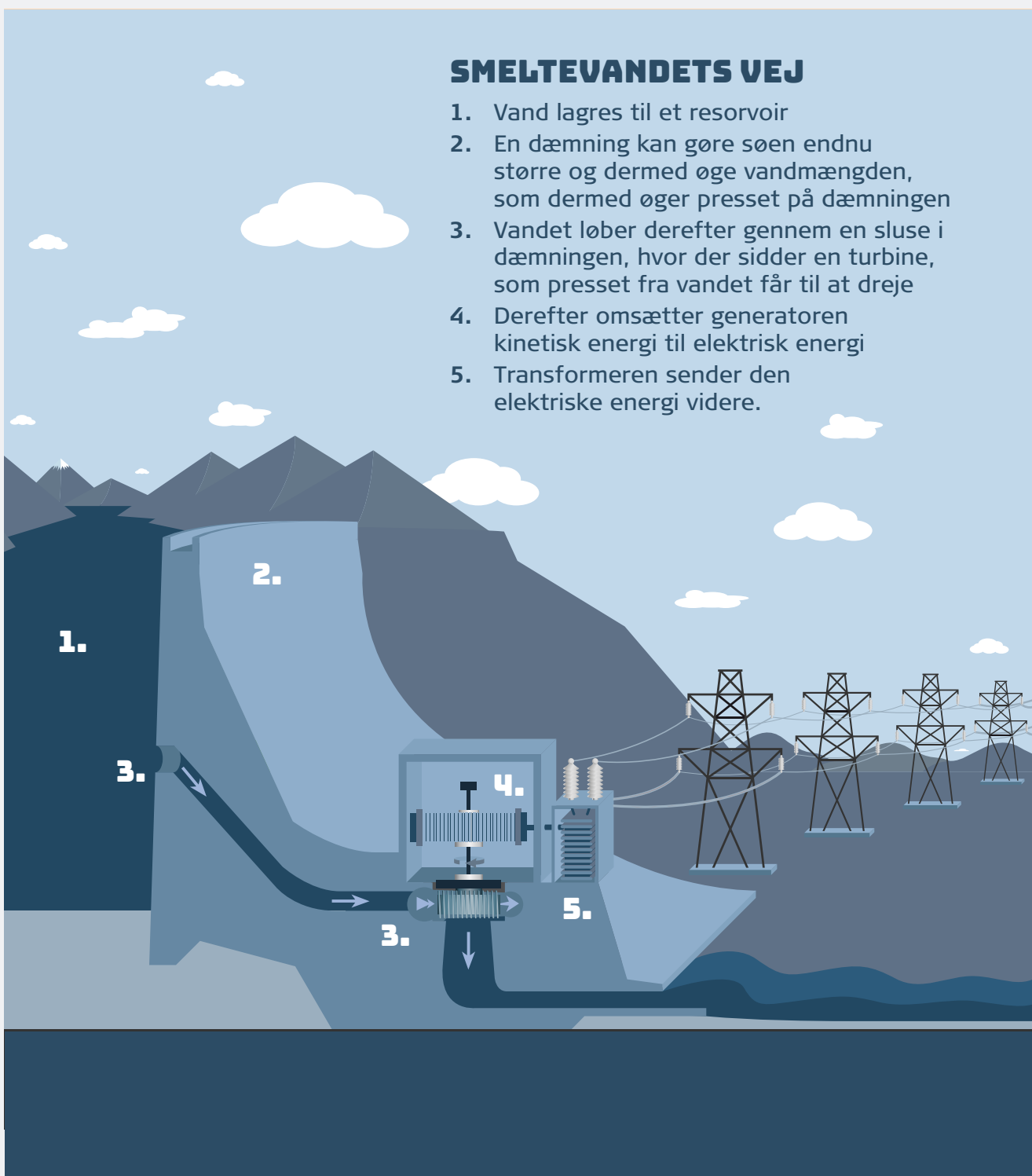
VANDKRAFTANLÆG

Vandkraftværk er et anlæg til produktion af elektricitet. Man udnytter faldhøjden af en vandmasse til at drive en vandturbine. En turbine er en maskine, der kan udvinde energi fra enten væske eller gas. Bevægelsesenergien fra turbinen bliver omsat til elektrisk energi ved hjælp af en generator.

Store kabler transporterer derefter strømmen videre ud til forbrugerne.

SMELTEVANDETS VEJ

1. Vand lagres til et reservoir
2. En dæmning kan gøre søen endnu større og dermed øge vandmængden, som dermed øger presset på dæmningen
3. Vandet løber derefter gennem en sluse i dæmningen, hvor der sidder en turbine, som presset fra vandet får til at dreje
4. Derefter omsætter generatoren kinetisk energi til elektrisk energi
5. Transformeren sender den elektriske energi videre.



Peltonturbine med sikkerhedsbøsninger

Denne Peltonturbine viser, hvorledes løbende vand kan anvendes til at producere elektricitet til at få en ledlampe eller lysdiode til at lyse. For at opnå den højeste strømproduktion bør trykket fra en vandhane benyttes, hvorved "turbinen" kan levere op til 2,4 V AC og 0,6 A. Lad vandstrålen løbe på fuld kraft igennem indgangs-hullet, for at ramme enden af skærne.

170510



TAG UD I NATUREN OG MÅL STRØMHASTIGHED I ET VANDLØB, OG RELATER DET TIL VANDKRAFT ENERGI.

Byg evt. jeres eget vandløb, med cirkulering og mål strømningshastighed.

"Ca. 15% af verdens elproduktion kommer fra vandkraft"

/ Gyldendal

Strømhastighedsmåler, PC

Kompakt strømhastighedsmåler med mulighed for overførsel til computer (CSV-fil).

541251



Strømhastighedssensor med temperatur

Multifunktionssensor, der måler strømningshastighed og temperatur.

PS-2130



Airlink/USB-link

Passer til alle PASPORT sensorer.

PS-3200



FREMSTIL ELEKTRICITET MED VAND

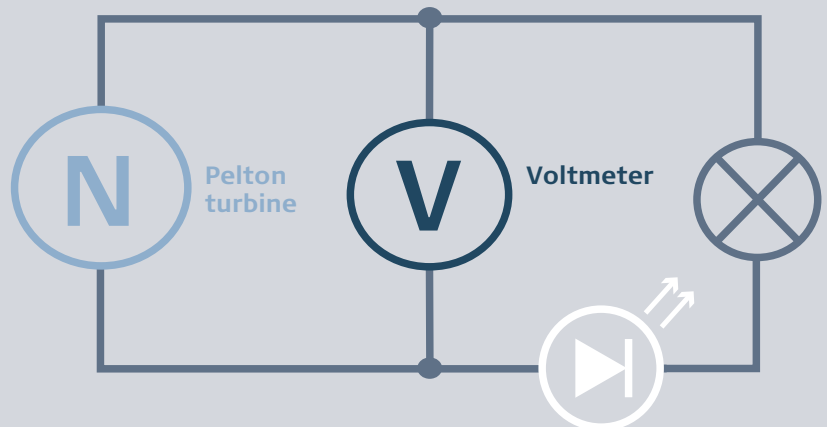
Undersøg hvordan løbende vand kan anvendes til at producere elektricitet, som får en glødelampe og en lysdiode til at lyse

Materialer

170510 Pelton turbine
 429000 Lampefatning
 429370 Rød LED på plade
 429500 Voltmeter
 425005 Glødepære
 105720 Sikkerhedskabel, 50 cm
 105721 Sikkerhedskabel, 50 cm
 105740 2 x Sikkerhedskabel 100 cm
 105741 2 x Sikkerhedskabel, 100 cm

Fremgangsmåde

1. Placere peltonturbinen et sted med et afløb og en vandhane, evt. med en vandslange.
2. Placere vandhane/vandslange så tæt på indgangshullet i turbinehuset som muligt (ikke for tæt på skovlhjulet der skal kunne drejehindret).
3. Tilslut ledninger, lyskilder og voltmeter til peltonturbinens bøsninger efter diagrammet nedenunder
4. Åben for vandhanen i flere trin og noter for hver trin spændingsværdierne på voltmeteret.



Diskusion

Overvej hvad som er bestemmende for hvor meget spænding peltonturbinen kan skabe?

Overvej om to Pelton turbiner i en serieforbindelse skaber en større spænding?

Overvej hvad der vil ske med lysets styrke i lyskilderne, når flere pærer sættes i en serieforbindelse?



Disse produkter kan bruges til at fremstille elektricitet med vand.

Se eksperimentet på side 46.

Voltmeter, digital, DC

Et elevenligt digitalt DC voltmeter med et 3 ciffer LCD-display. Forbindes med én rød og én sort sikkerhedsbøsning (rød er plus).

429500



Peltonturbine

Denne Peltonturbine viser, hvorledes løbende vand kan anvendes til at producere elektricitet til at få en ledlampe eller lysdiode til at lyse.

170510



Rød LED på plade

En rød lysdiode med seriemodstand som er monteret på en solid bundplade mellem en rød (plus) og en sort (minus) sikkerhedsbøsning.

429370



Sikkerhedskabel, PVC

Fleksibel pvc-isoleret sikkerhedskabel.

Varenr.	Længde	Farve	Pris
105420	50 cm	Sort	25,-
105421	50 cm	Rød	25,-
105440	100 cm	Sort	27,-
105441	100 cm	Rød	27,-

FÅS I FLERE FARVER



Lampefatning E10

E10 fatning (til lommelygtepærer) monteret på en solid bundplade med 2 sikkerhedsbøsninger.

429000



Glødepære

Traditionel glødepære med E10 fatning. Spænding: 1,5 V. Strømforbrug: 0,09 A.

425005



MÅL VANDKRAFTENS EFFEKT

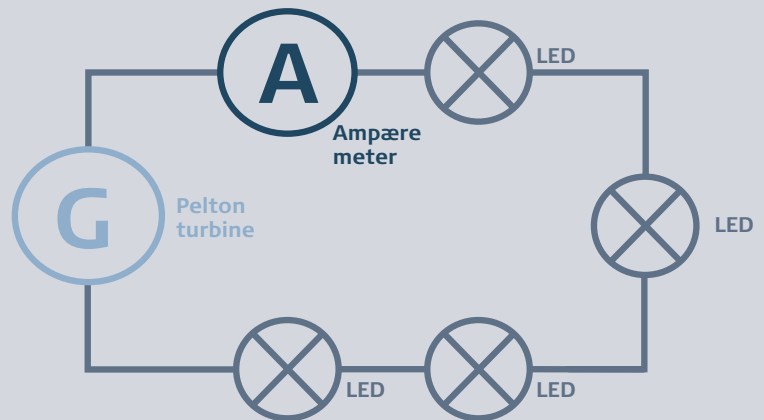
Undersøg og mål hvor høje strømme, der skabes fra peltonturbine generatoren, når vandtrykket ændres.

Materialer

170510 Peltonturbine
 429000 Lampefatning
 429370 Rød LED på plade
 429600 Amperemeter
 425100 LED-pære
 105720 Sikkerhedskabel, 50 cm
 105721 Sikkerhedskabel, 50 cm
 105740 2 x Sikkerhedskabel 100 cm
 105741 2 x Sikkerhedskabel, 100 cm

Fremgangsmåde

1. Placere peltonturbinen et sted med et afløb og en vandhane, evt. med en vandslange.
2. Placere vandhane/vandslange så tæt på indgangshullet i turbinehuset som muligt (ikke for tæt på skovlhjulet der skal kunne dreje uhindret).
3. Tilslut ledninger, lyskilder og amperemeter til peltonturbines bøsninger efter diagrammet nedenunder.
4. Åben for vandhanen og noter strømværdierne på amperemeteret.
5. Tilslut herefter én lyskilde med LED-pærer og noter strømværdien.
6. Gentage dette indtil der er indkoblet fire LED-pærer.



Diskusion

Overvej hvad som er bestemmende for hvor meget strøm peltonturbinen kan skabe?

Kan man sætte flest LED-pærer ind med en parallelforbindelse eller med en serieforbindelsen?

Overvej om strøm-produktionen vil stige eller falde, hvis der blev indsat en parallelforbunden ekstra peltonturbine?



Disse produkter kan bruges til at måle vandkraftens effekt.

Se eksperimentet på side 48.

Amperemeter

Et elevenligt digitalt DC amperemeter med et 3½ ciffer LCD-display. Forbindes med én rød og én sort sikkerhedsbøsning (rød er plus).

429600



LED pære

LED pæren begynder at lyse svagt ved ca 3 V. Kan bruges op til 12 V.

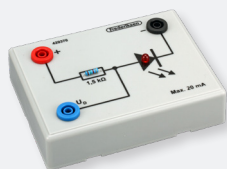
425100



Rød LED på plade

En rød lysdiode med serie-modstand som er monteret på en solid bundplade mellem en rød (plus) og en sort (minus) sikkerhedsbøsning.

429370



Lampefatning E10

E10 fatning (til lommelygte-pærer) monteret på en solid bundplade med 2 sikkerhedsbøsninger.

429000



Peltonturbine med sikkerhedsbøsninger

Denne Peltonturbine viser, hvorledes løbende vand kan anvendes til at producere elektricitet til at få en ledlampe eller lysdiode til at lyse.

170510



Sikkerhedskabel, PVC

Fleksibel pvc-isoleret sikkerhedskabel.

Varenr.	Længde	Farve	Pris
105420	50 cm	Sort	25,-
105421	50 cm	Rød	25,-
105440	100 cm	Sort	27,-
105441	100 cm	Rød	27,-



POWER-TO-X

"For få år siden var der ikke mange - heller ikke i energikredse - der vidste, hvad Power-to-X var. I dag er det ikke bare noget, som mange taler om. Det er noget, der begynder at være derude."

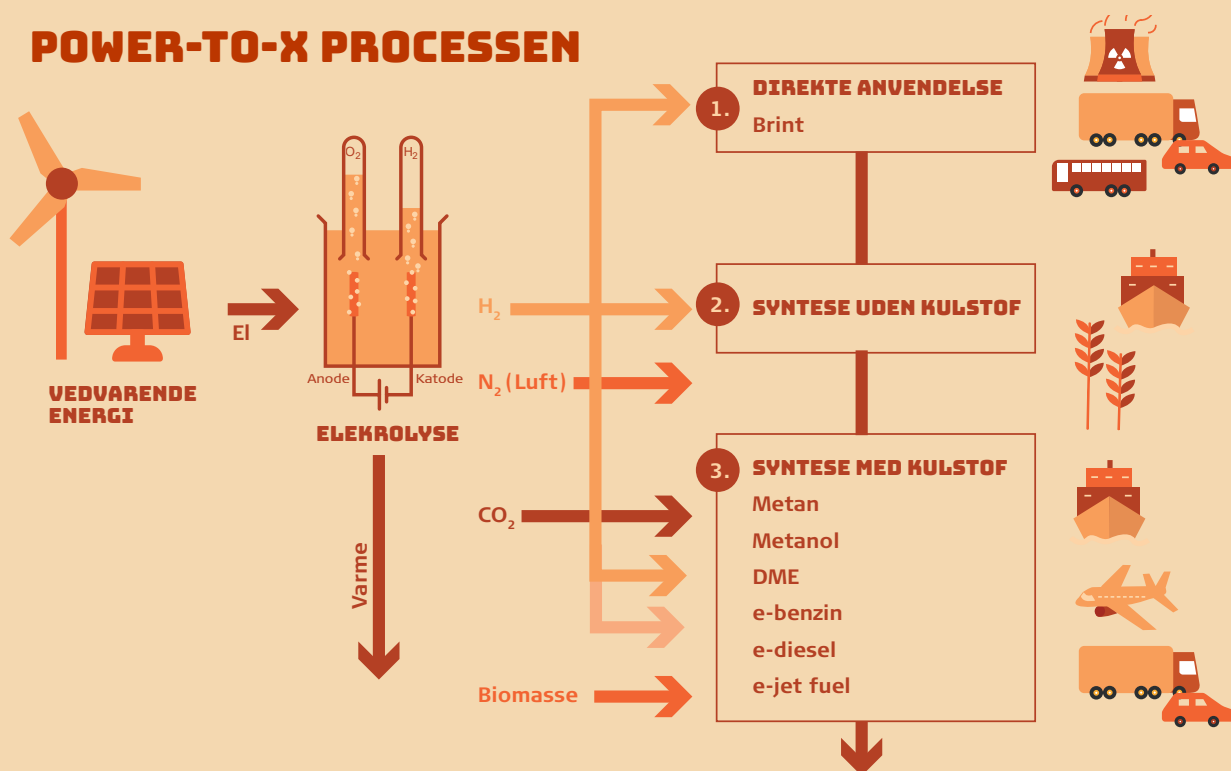
/ Energinet.dk, Thomas Egebo

Power-to-X (PtX, P2X) er betegnelsen for teknologien hvor elektricitet produceret fra vedvarende energikilder (fx solceller eller vindmøller) via elektrolyse bruges til fremstilling af brint, som anvendes direkte eller bruges i en proces med kuldioxid eller kvælstof til syntese af brinholdige flydende eller gasformige brændstoffer. Disse brændstoffer betegnes som e-fuels.

"Power-to-X er det nye sort i den grønne omstilling"

/ Ingeniørforeningen

POWER-TO-X PROCESSEN



Energjøen i nordsøen

Danmark er blandt de førende lande i udvikling af Power-to-X teknologi.

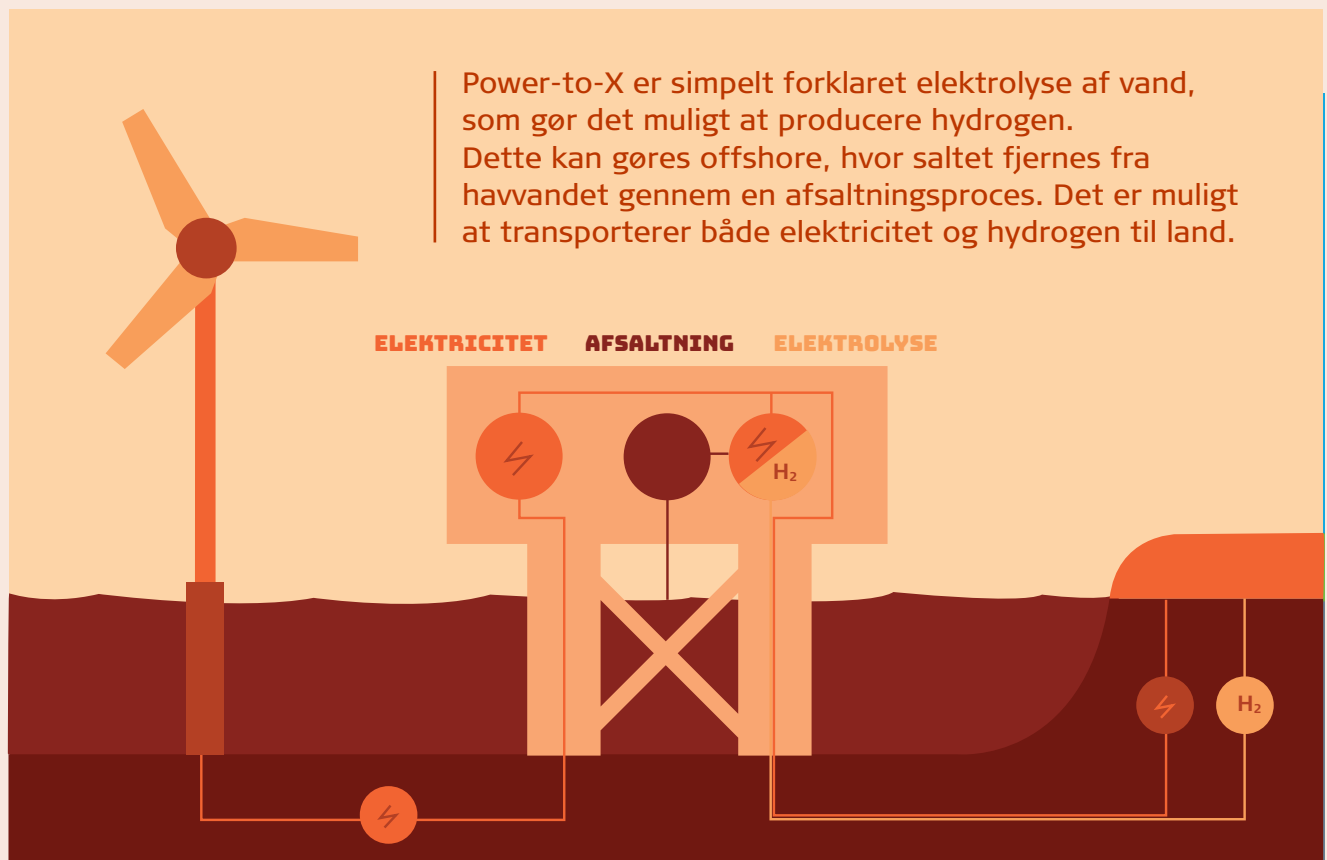
Gennem en række konsortier bestående af offentlige og private aktører arbejdes der aktivt på etablering af en række gigawatt anlæg til produktion af grøn brint og flydende brændsler forskellige steder i landet. Herudover er det besluttet at lave en energjø på op til 10 GW i nordsøen som skal distribuere offshore vindmøllestrøm,

og omdanne overskydende strøm til brint og brændstoffer.

Energjøen skal være en hub for offshore vindkraft, som herfra kan distribueres direkte videre som strøm til elnettet, eller som kan konverteres til brint. Denne brint forventes som allerede nævnt at have flere anvendelser, enten direkte i et brint-net eller til fremstilling af syntetiske brændstoffer.

Fleksibilitet er vejen frem

Et centralt element i balanceringen af fremtidens elsystem baseret på vedvarende energikilder er fleksibilitet. Flexibilitet sikrer at strømmen til enhver tid kan anvendes mest effektivt. Dvs. at den fx anvendes direkte når der er et forbrug, og at den lagres i brint eller grønne e-brændstoffer når der er overproduktion af el.



/northseawindpowerhub.eu



Omdanner overskudsenergi-produktionen til flydende/gasholdige brændsler. Vi er i stand til at lagre denne elektriske energi i et kemisk energilager. Dette er et CO₂-neutralt energilager.



Omdanner elektricitet til flydende brændsler, så vi alligevel kan skabe en grøn omstilling til transport.

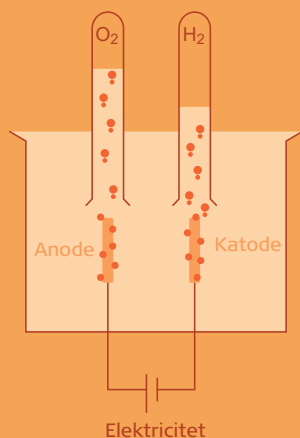
ELEKTROLYSE

Elektrolyse er en måde at adskille et stof på ved hjælp af elektricitet. Ordet elektrolyse blev opfundet af videnskabsmanden Michael Faraday.

SÅDAN FUNGERER ELEKTROLYSE

Når der sendes strøm gennem vandet, vil vandmolekylerne dissocieres (adskilles) i H^+ -ioner og OH^- -ioner. Disse ioner trækkes hen mod henholdsvis den negative pol (katoden) og den positive pol (anoden).

Ved anoden samles fire OH^- -ioner og frigiver dels O_2 (ilt), molekylært vand og fire elektroner. I denne proces afgives der elektroner fra oxidationerne i OH^- . Der er sket en oxidation (oxidation = elektronafgivelse).



Ved katoden optager to H^+ -ioner hver en elektron og danner hydrogen (H_2). Vi siger, at hydrogenionerne er blevet reduceret (reduktion = elektronoptagelse).

ELEKTROLYSETEKNOLOGIER

Få overblik over tre af de elektrolyseteknologier som findes ligenu.

	ALKALISK ELEKTROLYSE	PROTON EXCHANGE MEMBRANE (PEM) ELEKTROLYSE	SOLID OXIDE ELEKTROLYSE
Status	Kommerciel tilgængelig	Kommerciel tilgængelig	Under udvikling
Elektrolyt/membran	Kaliumhydroxid eller natriumhydroxid	Syre: H^+	Zirkoniumoxid og yttriumoxid
Driftstemperatur	40 – 90°C	20 - 100°C	800 – 1000°C
Fordele	+ Lav pris + Levetid + Simple teknologi + Skalerbarhed	+ Lav temperatur + Høj effekt + Hurtig opstart	+ Høj virkningsgrad
Ulemper	- Langsom opstart - Risiko for ætsende restprodukter i brint- og ilt-gasserne - Lavere effekt pr. volumen	- Høj pris	- Ikke færdigudviklet til kommerciel anvendelse endnu

BRINT

Brint er det letteste grundstof i det periodiske system, og forekommer i uanede mængder på jorden og i universet.

Brint er ikke en energikilde, idet man ikke kan finde brint i naturen, men molekylet kan isoleres og anvendes som energibærer, som kan anvendes direkte eller som byggeklods i syntesereaktioner til syntetisk fremstillede brændstoffer. Brint har en høj kemisk energi målt pr. vægtenhed. Forbrændingen af brint udleder kun rent vand.

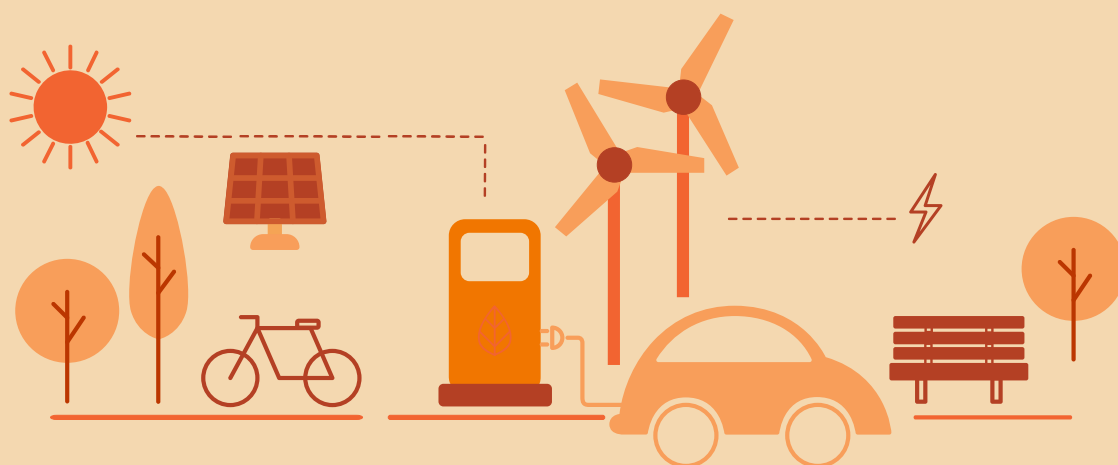


DE MEST BRUGTE METODER TIL OPLAGRING AF BRINT

Tryksætning i højtrykstanke

Nedkøling til flydende brint (-253°C)

Lagring hvor brinten indgår i et metalhydrid – enten være hvor brinten gemmes i hulrum i krystalstrukturer på metalhydrid, eller hvor brinten indgår i en kemisk reaktion og bindes direkte til et metal.



FREMSTIL DIN EGEN HYDROGEN

Fremstil din egen hydrogen ved hjælp af elektricitet gennem elektrolyse

Materialer

453000 Elektrolysekar med to platin-elektroder
012110 2x minireagensglas
885610-4 Fortyndet svovlsyre (1mol/L)
105720 Sikkerhedskabel
105721 Sikkerhedskabel
109020 Krokodillenæb
361700 Spændingsforsyning (0-12V, 5V DC)

Fremgangsmåde

1. Den fortyndede svovlsyre, H_2SO_4 1 mol/L, hældes i elektrolysekarret.
2. De to minireagensglas fyldes med den fortyndede svovlsyre og placeres i apparatet.
3. Tilslut en spænding på maks. 5V. Se, hvordan gasserne begynder at boble op fra stængerne, samtidig med at vandet skubbes ud af glassene.
4. Glasset med oxygen holdes med munden opad, og den opsamlede oxygen påvises ved at sænke en glødende træpind ned i glasset med oxygen. Man vil da se, at træpinden blusser op.
5. Gas med hydrogen holdes med munden nedad, og den opsamlede hydrogen påvises ved at holde en tændt tændstik hen under glasset. Der lyder et lille blop (hvin).

Bemærk: Skulle gasudviklingen gå trægt, kan elektrolysekar med elektroder skylles i fortyndet ammoniakvand. Der advares mod at bruge alkoholer, selv i svage opløsninger.

Diskusion

Opskriv et reaktionsskema for elektrolysen (delprocesser og bruttoproces)

Forklar med dine egne ord, hvad der sker i de enkelte processer



Disse produkter kan bruges til at fremstille din egen hydrogen.

Se eksperimentet på side 54.

Elektrolysekar

Dette produkt er anvendeligt til at udføre eksperimenter med elektrolyse hvor der skal påvises/fremstilles brint og ilt fra en væske.

453000



Strømforsyning med display, 12 V, AC/DC, 3 A

Strømforsyningen leverer en stabiliseret jævnspænding, som kan justeres trinløst mellem 0 og 12 V. Udgangsspændingen vises på et digitalt display.

361700



Svovlsyre, 1 M, i standflaske

885610-4



Sikkerhedskrokodillenæb 4 mm, Sort

Isoleret krokodillenæb.

109020



Reagensglas, DURAN, Ø12 x 75 mm

DURAN glas er varmebestandigt borosilicat glas, der er meget tolerant for termochok og opvarmning.

012110



Sikkerhedskabel, PVC

Fleksibel pvc-isoleret sikkerhedskabel.

Varenr.	Længde	Farve
105420	50 cm	Sort
105421	50 cm	Rød



DIREKTE ANVENDELSE AF BRINT

Brint kan bruges direkte i en intern forbrændingsmotor eller en brændselscelle.

Forbrændingsmotoren

I forbrændingsmotoren omdannes den kemiske energi til termisk energi, som dernæst konverteres til mekanisk energi. Disse konverteringer resulterer i en lav virkningsgrad. Denne lave virkningsgrad har derfor betydet at man i stedet anvender brændselsceller.

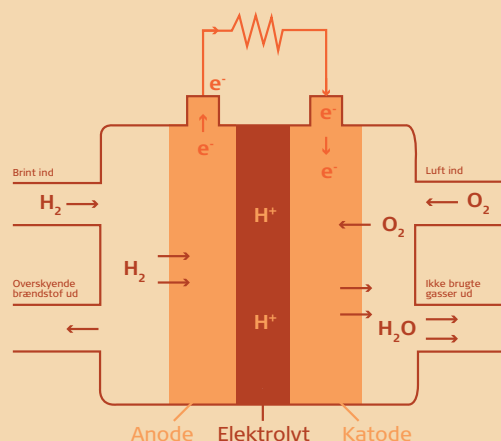
Brændselsceller

Brændselsceller fungerer ved at den kemiske energi i hydrogen omdannes i en elektrokemisk reaktion til elektricitet. Dette sker ved to halvcellereaktioner.



PRINCIP FOR HVORDAN EN BRÆNDELSCELLE VIRKER

En brændselscelle er en transducer, der laver elektricitet ved en elektrokemisk reaktion af fx brint, metan eller metanol med ilt. Brændselscellen omsætter brint og luftens ilt til elektrisk energi og termisk energi med vanddamp som biprodukt. Det er så det elektriske output som bruges til at drive en elmotor i en bil. Det smarte er at brinten kan lagres i tanke og når der er et behov omdannes det i en brændselscelle til elektricitet igen.



"Brændselsceller fungerer i princippet som et batteri ved at omdanne hydrogen og luft direkte til elektricitet, varme og vand i en elektrokemisk proces.

/ experimentarium.dk



FORDELE VED BRÆNDELSCELLER:

Høj virkningsgrad ved udnyttelse af strøm og varme (i forhold til fossil teknologi)



Billigt at øge lagerkapacitet - brintlager (i forhold til batterier)



Hurtig tankning af energilager

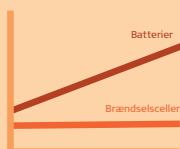


Støjsvag



ULEMPER VED BRÆNDELSCELLER:

Lav virkningsgrad sammenlignet med batterier



Manglende infrastruktur



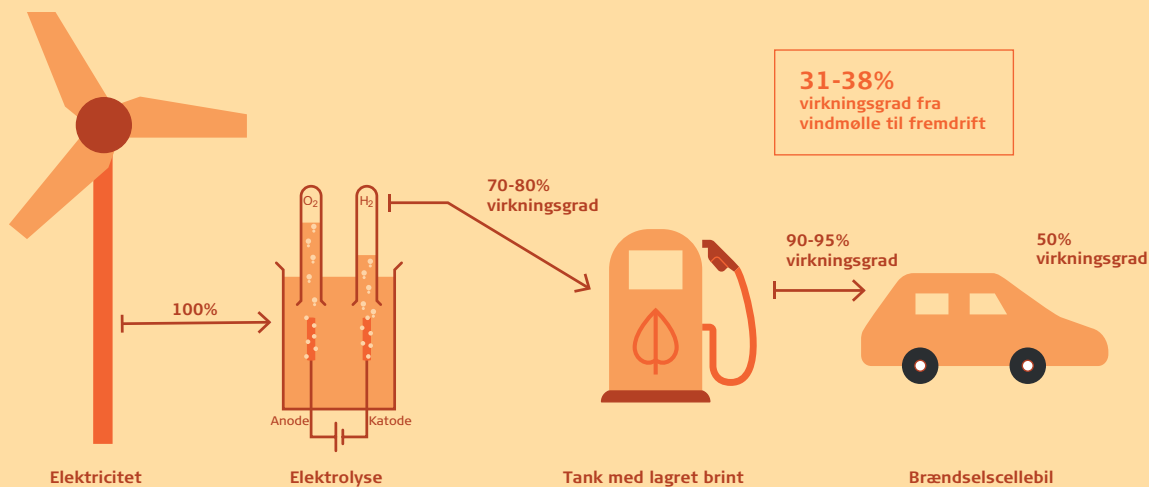
Dyre at producere (dyr katalysator)



Kræver stadig forskning og udvikling for at være kommerciel konkurrencedygtig



PROCESSEN FOR BRÆNDELSCELLEBILER



Elektriciteten kan komme fra forskellige energikilder såsom vindenergi

Elektrolyse er en elektrokemisk proces, der foregår ved, at el ledes via elektroder gennem vand, der derved spaltes til ilt og brint.

Den omdannede energi bliver lagret i brinttanke.

Brændselscellebilen er forsynet med en brændselcelle som består af to elektroder. I brændselscellen omsættes brint og luftens ilt til elektrisk energi.

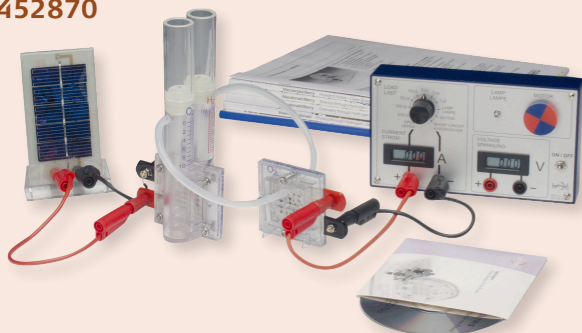
Undersøg selv fremstillingen af brint med elektrolyse og anvend brinten derfra til at fremstille elektricitet med en brændselcelle.

Til disse forsøg kan du anvende vores brændselscellesæt, som ses nedenunder. Sættene indeholder flere eksempler på eksperimenter med elektrolyse og el-fremstilling med brændselscelle til brug i fx en lysdiode, elmotor eller til måling af mængden af fremstillet el.

Brændselscellesæt, Dr FuelCell

Komplet energisæt der indeholder forskellige kilder til fremstilling af grøn energi. I sættet indgår, brændselscelle, solcelle til strømforstilling for elektrolyse-apparatet, og et måleinstrument til måling af den samlede mængde energi.

452870



Vedvarende energi sæt

Komplet energisæt til undersøgelse af forskellige vedvarende energikilder. Undersøg fremstillingen af brint ved hjælp af det medfølgende elektrolyseapparat, som kan bruges af brændselscellen til fremstilling af elektricitet.

452940



Få brændselscellebilen til at køre

Lav undersøgelser med elektrolyse og fremstilling af brint til brug i en brændselscelle, hvor strømmen bliver brugt til at drive en el-motor i en bil.

Brændselscelle, adskillelig

Adskilt brint-brændselscelle hvor eleverne kan se, hvordan en brændselscelle. Den adskillelige brændselscelle kan benyttes som enkelt celle eller som udbygningssæt til brændselscellesættet (452870).

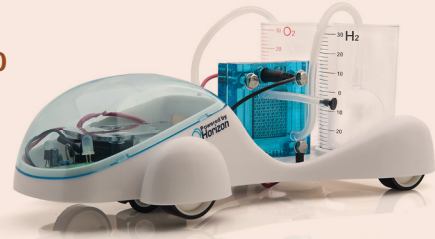
452852



Brændselscellebil, Hydrocar

Denne brintbil giver mulighed for at vise, at elektrolyse med strøm fra solcellepanelet, kan anvendes til at fremstille den brint, som bilen drives af ved hjælp af hydrogenforbrænding i brændselscellen.

452980



H-racer 2.0 med fjernstyring

Bilen har egen brint-station til fremstilling af brint gennem elektrolyse af demineraliseret vand.

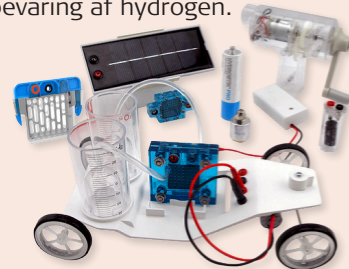
452920



Brændselscellebil, sæt med Hydrostik

Med dette sæt kan eleverne undersøge forskellige måder, hvorpå bæredygtig energi kan fremstilles, opbevares eller anvendes. Sættet består udover selve bilen af brændselscelle, mikrobrændselscelle, saltvandsbrændselscelle, håndgenerator, superkapacitor, solcellepanel, batteripakke, diverse dele som sprøjter, ledninger mm og den helt nye HydroStik til opbevaring af hydrogen.

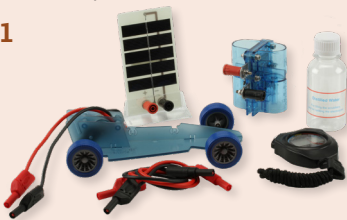
452991



basis brændselscellebil, Dr Fuelcell,

Brændselscellebil bestående af modelbil med elektromotor, samt en reversibel brændselscelle, der kan klikkes fast på bilen.

452891



Undersøg selv lagring af brint

Anvend en brinttank til at lagre din brint fremstilling. Benyt en af vores tanke som er vist nedenunder.

HydroStik, fyldt

En HydroStik er en beholder til opbevaring af hydrogen.

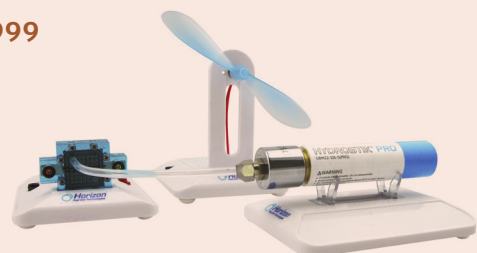
452996



Brændselscelle, mikrosæt med HydroStik

Dette energisæt har til formål at vise hvordan produktionen af strøm fra en brændselscelle kan drive en motor med propel.

452999



TYPER AF BRÆNDELSCELLETEKNOLOGIER

	PEM	SOFC	MCFC	PAFC	AFC
Brændsel	H ₂ , MeOH, EtOH	H ₂ , CO, CH ₄	H ₂ , CO, CH ₄	H ₂	H ₂
Driftstemperatur	50-100°C	800-1000°C	600-700°C	150-200°C	90-100°C
Typisk systemoutput	< 1kW-250 kW	< 1kW-3 MW	< 1kW-1MW	50kW-1MW	10kW-100 kW
Virkningsgrad (Elektrisk)	30-60%	35-45%	45-50%	40%	60%
Anvendelse	Transport Nødstrøms-anlæg Små anlæg til decentral kraftvarme	Elforsyningsenheder Decentral kraftvarme	Elforsyningsenheder Storskala decentral kraftvarme	Stationære strømproduktion	Militær anvendelse Rumfart
Fordele	+ Lav temperatur + Hurtig opstart	+ Høj virkningsgrad (når overskudsvarme udnyttes) + Fleksibel i forhold til brændstof	+ Høj virkningsgrad (når overskudsvarme udnyttes) + Fleksibel i forhold til brændstof	+ Høj virkningsgrad (når overskudsvarme udnyttes) + Tolerant overfor urenheder i brændstoffet	- Høj performance
Ulemper	- Kræver dyr katalysator (platin) - Sårbar overfor urenheder i hydrogengassen	- Langsom opstart - Høj temperatur øger celled nedbrydning	- Langsom opstart - Høj temperatur øger celled nedbrydning - Kompleks elektrolyt	- Høj vægt og pladskrævende - Kræver dyr katalysator (platin) - Lav effekt	- Sårbar overfor CO ₂ i både brændsel og lufttilførsel - kræver CO ₂ filter



"Allerede I 1960'erne brugte NASA brændsels-celler til brug for forsyningssystemet om bord på rumfartøjer."

/ Einstein.net

ALTERNATIVE TYPER AF BRÆNDELSCELLER

”Drivmidlet” i en brændselscelle behøver nødvendigvis ikke kun at være brint. Af oversigten over brændselsceller på side 62 ses det at der også kan anvendes andre brændsler end ren brint.

Der eksisterer herudover yderligere to underkategorier af PEM brændselscellen, som anvender flydende brændstof. Disse er Direct Methanol Fuel Cells og Direct Ethanol Fuel Cells. De fungerer ved at methanol eller ethanol kombineret med vand på anodesiden nedbrydes til CO₂, hydrogenioner og elektroner. CO₂ udledes og hydrogenioner og elektroner indgår, som beskrevet tidligere i en PEM brændselscelle.

FORDELE

De anvender et flydende brændsel, som er nemt at håndtere og nemt at tanke (fx på en bil).



ULEMPER

Kræver dyre katalysatorer for at omdanne brændslerne til brint, hvilket øger systemprisen.



For metanolbrændselscellen er metanol giftigt, og der er risiko for dannelse af formaldehyddampe, som er meget giftige.



Undersøg selv hvad de alternative brændselsceller kan fremstille af strøm

Brændselscelle, ethanol

Dette sæt giver mulighed for at undersøge hvordan effekten fra brændselscellen ændres med forskellige ethanolopløsninger

452930



Energimåler og datalogger

Med denne datalogger har eleverne mulighed for at udføre en række målinger af spænding, strøm, effekt, energi og modstandsværdier, samt rotationshastigheder på vores Horizons energisæt (500545).

500550



TIP OS!

Svar på disse spørgsmål og
hjælp os med at blive bedre.

[KLIK HER](#)

Frederiksen
SCIENTIFIC

Viaduktvej 35
6870 Ølgod
Tlf. +45 7524 4966
info@frederiksen-scientific.com
www.frederiksen-scientific.dk