



POWER-TO-X

LÆRERVEJLEDNING



OM FORLØBET

Power-to-X handler om fremtidens energiproduktion, hvor virksomheder samarbejder om at bidrage til den grønne omstilling. Virksomheder der er afhængige og tilknyttet til hinanden med udgangspunkt i et Power-to-X anlæg.

Det er virksomheder som bruger ressourcer fra nærområdet og udnytter hinandens restprodukter optimalt. Det kan være alle typer af virksomheder og ikke nødvendigvis nogle som traditionelt arbejder med energi.

Hvis Danmark skal nå sit klimamål i 2030 om 70 % reduktion af CO₂ og blive klimaneutral på lang sigt, får vedvarende energikilder som sol og vind en vigtig rolle i fremtidens energiforsyning. Vi skal udfase de fossile brændstoffer, og her får Power-to-X en central rolle.

De mange professionelle personer, der arbejder i virksomheder vedrørende Power-to-X – her tænkes også underleverandører med og virksomheder som indgår i et samarbejde – løser mange forskellige opgaver, og i dette forløb er der mulighed for at stifte bekendtskab med nogle af dem.

Under besøget på virksomheden vil eleverne få uddybet deres viden om de delprocesser, de har undersøgt, og samtidig opleve, hvilke muligheder for spændende job og uddannelse der findes under Power-to-X.

Virksomhedscasen kan inddrages i det fællesfaglige fokusområde for naturfagene "Bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan", som et tværfagligt forløb med naturfagene og matematik eller være en del af projektopgaven. Brug virksomhedscasen som en mulighed for at give eleverne et anderledes undervisningsforløb.

Tidsangivelserne er vejledende.

FN's 17 Verdensmål

I virksomhedscasen kan du inddrage FN's 17 Verdensmål. Vi henviser til links, hvor der kan arbejdes med Verdensmål nr. 7, nr. 9 og nr. 12. Det kan gøres fælles på klassen.

Det er vigtigt, at der er fokus på elevernes handlekompetence, så eleverne oplever, at de kan handle og gøre en forskel (også i det små) på de udfordringer og problemer, som verden står overfor, eksempelvis klimakrise, energikrise og CO₂-aftryk.

Fælles på klassen kan du have en dialog med eleverne om deres kendskab og eksistensen af FN's 17 Verdensmål og specielt med fokus på Verdensmål nr. 7, nr. 9 og nr. 12.

[FN-Byen i København](#) (webinarer, opgaver, spil og plakater)

[FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling](#)

[Hele verden i skole](#)

[Verdens bedste nyheder](#)

(nyhedsartikler om mennesker, teknologi og kloden)

[Verdenstimen](#) (sæt Verdensmål på skoleskemaet)

[Kommunikationsmateriale](#) (gratis plakater, logoer og meget andet, som du kan hænge op i klassen)

FØR VIRKSOMHEDSBESØG

Det faglige forløb

Virksomhedscasen rammesætter forløbet og indeholder forslag til undersøgelser og aktiviteter, hvor fagligt stof fra den daglige undervisning sættes i perspektiv til Power-to-X.

Brug eksemplerne som udgangspunkt for din egen planlægning af det faglige indhold. Det er muligt at anvende de vejledninger til undersøgelserne, som er henvist til i den enkelte opgave. Til elevernes research på faglige områder kan de bruge internettet samt de fagbøger og materialer, som de er vant til at bruge.

Forbered virksomhedsbesøget sammen med eleverne. De skal på forhånd vide, hvad de skal have ud af besøget. Som forberedelse til virksomhedsbesøget er det vigtigt, at eleverne sætter sig ind i virksomheden og dens opgaver.

Eleverne kan forberede spørgsmål til besøget. Det kan være om virksomheden, medarbejdernes job og uddannelse eller konkrete spørgsmål i forhold til Power-to-X. Forberedelsen til virksomhedsbesøget ligger i opgave 6.

Elevopgaver

Forløbet består af syv opgaver. I de første fem opgaver skal eleverne undersøge forskellige delprocesser omkring Power-to-X. Opgaverne kan laves både før og efter et virksomhedsbesøg. Eleverne får viden om og kendskab til teknologierne i Power-to-X.

De første fem opgaver indeholder hver undersøgelser, der lægger op til at arbejde med de naturfaglige kompetencer inden for primært fysik/kemi og biologi. Afhængig af, hvilken type virksomhed klassen skal besøge, kan I vælge at arbejde med én eller flere af opgaverne i den rækkefølge, som passer til eleverne.

Opgave 6 handler om at forberede det virksomhedsbesøg, som I skal på. Det er også muligt at eleverne kan besøge flere virksomheder, hvor vi så anbefaler, at hver virksomhed forberedes for sig.

Opgave 7 samler op på elevernes viden om Power-to-X efter virksomhedsbesøget. Eleverne skal lave en præsentation af Power-to-X.

Eleverne kan overordnet gennem opgaverne arbejde med egne problemstillinger.

Forslag til problemstillinger:

1. Hvordan kan en Power-to-X-virksomhed bidrage til den grønne omstilling?
2. Hvordan kan fremtidens energifællesskab, der bygger på Power-to-X, se ud?
3. Hvordan kan solenergi og/eller vindenergi indgå i processerne i Power-to-X?
4. Hvordan kan virksomheder udnytte hinandens restprodukter i et Power-to-X-anlæg?

De syv opgaver er inden for følgende temaer:

Før virksomhedsbesøg

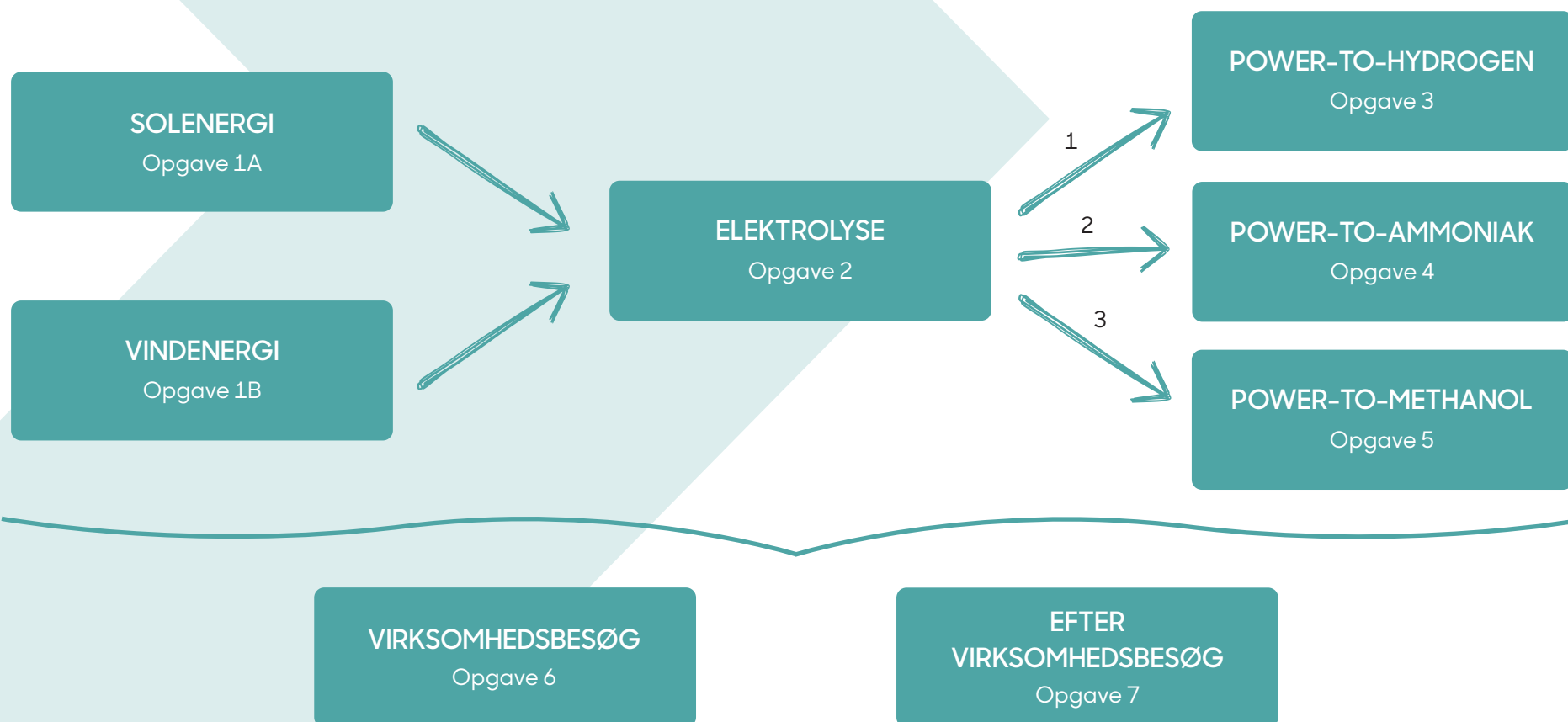
- Opgave 1: Solenergi og vindenergi
- Opgave 2: Elektrolyse
- Opgave 3: Power-to-Hydrogen
- Opgave 4: Power-to-Ammoniak
- Opgave 5: Power-to-Methanol

Virksomhedsbesøg

- Opgave 6

Efter virksomhedsbesøg

- Opgave 7



OPGAVE 1: SOLENERGI OG VINDENERGI



Tid i klassen

2-4 lektioner á 45 minutter



Fag og fagområder

Fysik

- Energiomsætning
- Energiformer
- Vedvarende energi – sol og vind



Formål

At eleverne arbejder med relevante problemstillinger forbundet med sol- og vindenergi

I denne opgave skal eleverne arbejde med sol- og vindenergi. Eleverne kan vælge at lave begge opgaver eller blot én af opgaverne. Vi anbefaler, at eleverne arbejder i grupper. Endvidere er det en god idé, at eleverne på forhånd har kendskab til energiformer, energiomsætning og forskellige energikilder. Eleverne kan undersøge energiproduktion via energinet.dk.

Til elevernes researchfase kan de bruge internettet samt de fagbøger og materialer, som de er vant til at bruge. Vejledninger til undersøgelserne er forslag, som kommer fra undervisningsmaterialet *Bæredygtig Energi – Brint*. Materialet er udarbejdet af Hydrogen Valley/CEMTEC og Line G. Vetter fra Rosendalskolen i Hobro.

Opgave 1A: Solenergi

Eleverne kan lave en simpel model af en solcelle og forklare, hvordan en solcelle virker. Eleverne kan finde fordele og ulemper ved solenergi, som kan stilles op over for hinanden. Eleverne kan til deres undersøgelse af en solcelle finde ud af betydningen blandt andet af:

- Type lys: Kunstigt lys eller naturligt lys
- Type skygge: Delvis skygge eller fuld skygge
- Bestem den mest optimale indfaldsvinkel

Ekstra! Eleverne kan starte med at lave et simpelt batteri (citron/kartoffel). Det vil vise en spændingsforskel, når to metaller laver strøm.

Eleverne kan finde ud af, hvor meget elektricitet en solcelle kan producere. De kan desuden undersøge solcellers effekt, herunder forskelle på serie- og parallelforbindelse.

Opgave 1B: Vindenergi

Eleverne kan til undersøgelse af en vindmølle finde ud af betydningen af:

- Hvad sker der med strømstyrken og spændingen, hvis der ændres på:
 - Vingernes størrelse
 - Vingernes krumning
 - Antal vinger

Ekstra! Eleverne kan undersøge, hvordan udviklingen inden for vindmøller ser ud i Danmark. De kan desuden undersøge placering af vindmølleparker i Danmark.

OPGAVE 2: ELEKTROLYSE



Tid i klassen

2 lektioner á 45 minutter



Fag og fagområder

Kemi

- Elektrolyse som metode
- Reaktionsskema
- Ioner og salte



Formål

At eleverne arbejder med elektrolyse som metode til at udvinde hydrogen ud fra vand ved hjælp af elektrisk energi

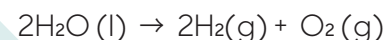
I denne opgave skal eleverne arbejde med den teknologiske metode elektrolyse til at producere hydrogen ud af spaltet vand. Vi anbefaler, at alle elever laver opgaven, da denne teknologi og metode er yderst relevant i Power-to-X. Vi anbefaler, at eleverne arbejder i grupper. Endvidere er det en god idé, at eleverne på forhånd har kendskab til atomets opbygning, elektrisk energi og ioner. Til elevernes researchfase kan de bruge internettet og de fagbøger og materiale, som de er vant til at bruge.

Elektrolyse

Eleverne skal til fremstillingen af di-hydrogen finde ud af temperaturforskellen på forsøget før og efter. Temperaturforskellen er tegn på, at der frigives energi i form af varme. Eleverne kan finde temperaturforskellen ved at måle temperaturen med et (digitalt) termometer **før** og **efter** forsøget.

Der tilsættes en katalysator til elektrolyseforsøget, der skal forøge reaktionshastigheden uden selv at forbruges ved reaktionen. En oxidation er en afgivelse af elektroner ved anoden (den positive pol) ved elektrolysen, og en reduktion er en optagelse af elektroner ved katoden (den negative pol). Der dannes dobbelt så meget di-hydrogen som di-oxygen.

Reaktionen ved elektrolyse af vand er:



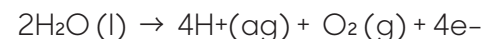
Ved den negative elektrode (katoden) er der overskud af elektroner. De positive hydrogen-ioner optager elektroner og reduceres hermed til di-hydrogen H_2 .

Reaktionen ved katoden er:



Ved den positive elektrode (anoden) er der underskud af elektroner, og der afgives elektroner fra vand. Der dannes hydrogen-ioner og di-oxygen samt frie elektroner.

Reaktionen ved anoden er:



Eleverne skal påvise, at det er hydrogen og oxygen, som de har produceret. Hydrogen: påvises ved en glødende træpind i reagensglas, som siger en "puf"-lyd. Oxygen: påvises ved en glødende træpind i reagensglas, der blusser op.

Vær opmærksom på, at der i forsøgsvejledningen anvendes en base som katalysator.

Ekstra! Eleverne kan undersøge, hvad en katalysator er, og hvorfor man tilsætter en katalysator til elektrolyseforsøget. Der er forskel på at bruge HCL og H_2SO_4 .

OPGAVE 3: POWER-TO-HYDROGEN



Tid i klassen

2 lektioner á 45 minutter



Fag og fagområder

Kemi

- Atomets opbygning
- Molekyler
- Energiomsætning
- Brændselscelle



Formål

At eleverne arbejder med hydrogen som direkte anvendelse fra elektrolysen

I denne opgave skal eleverne arbejde med Power-to-Hydrogen. Eleverne skal desuden finde ud af, hvor i vores hverdag vi anvender hydrogen, og hvem der kan være aftager af hydrogen. De kender sikkert til transportmidler, som allerede anvender hydrogen. Disse kan undersøges nærmere. Den direkte anvendelse af hydrogen er i industrien og i transportsektoren til biler, busser, taxier, renovationsbiler og små færger.

Power-to-Hydrogen

Det er vigtigt, at eleverne får en forståelse for, at en brændselscelle oftest er det modsatte af elektrolyse som metode. Eleverne kan få viden om en brændselscelle ved at se filmen, der henvises til. I filmen om produktion af hydrogen anvendes en brændselscelle, der er reversiv brændselscelle.

Eleverne skal finde ud af, hvor vi bruger hydrogen i vores hverdag. Hydrogen bruges til forskellige formål i industrien, f.eks. til fremstilling af gødningstoffet ammoniak og brændstoffet methanol. Desuden anvendes hydrogen til svejsning, hærkning af fedtstoffer, i olieprodukter, til høreapparater mm. Hydrogen kan også anvendes som brændstof til raketter. Privat anvender vi allerede hydrogen som brændselscelle til eksempelvis brintbiler.

Andre sjove relevante søgesteder vedr. brug af hydrogen:

- I nærheden af Mount Fuji ligger en hel by som sit eget økosystem *Toyotas Woven City*, der kun er drevet af hydrogen-brændselsceller.
- Motorløbet *Le Mans* er langt fremme med den nyeste teknologi inden for hydrogen som brændsel.

Ekstra! Eleverne kan undersøge fordele og ulemper ved kørsel i elbiler og hydrogenbiler. Desuden kan de undersøge, hvordan udviklingen af elbiler og hydrogenbiler i Danmark til private har udviklet sig gennem tiden. De kan også diskutere vores behov for en øget elproduktion i fremtiden.

Mere viden om hydrogen

- *Bogen om grundstofferne* af Henning Henriksen og Erik Pawlit.
- Eleverne kan søge viden om hydrogen på nettet og i de fagbøger, som de normalt bruger.
- Eleverne kan høre om [atomets opbygning](#).

I forsøgsvejledningen skal eleverne anvende et nikkelnet. Tjek om det findes på skolen.

OPGAVE 4: POWER-TO-AMMONIAK



Tid i klassen

2 lektioner á 45 minutter



Fag og fagområder

Fysik

- Energiproduktion
- Stof- og stofkredsløb – nitrogenkredsløbet
- Atmosfæren
- Reaktionsskema

Biologi

- Udnyttelse af naturgrundlaget
- Nitrogenkredsløbet



Formål

At eleverne får viden om fremstilling af grønt ammoniak

Ammoniak er et giftigt kemikalie, og det lugter dårligt, så derfor anbefaler vi, at man er ekstra opmærksom på sikkerhed, hvis der laves forsøg med ammoniak.

Den grønne ammoniak skal i fremtiden anvendes til kunstgødning i langbruget og i den tunge transport til skibe og fly.

Vi anbefaler, at eleverne arbejder i grupper.

Eleverne skal lave en model af nitrogenkredsløbet. Her arbejder eleverne med deres modelleringskompetence.

Eleverne skal desuden finde fordele og ulemper ved at arbejde med ammoniak.

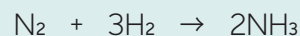
Til elevernes researchfase kan de bruge internettet samt de fagbøger og materialer, som de er vant til at bruge.

Ekstra!

Eleverne kan undersøge forskellige gasarter, som vores atmosfære består af.

Power-to-Ammoniak

I denne opgave skal eleverne arbejde med Power-to-Ammoniak. Ved syntesen mellem nitrogen N_2 fra luften og hydrogen dannes der grønt ammoniak NH_3



OPGAVE 5: POWER-TO-METHANOL



Tid i klassen

2 lektioner á 45 minutter



Fag og fagområder

Kemi

- Forbrænding
- Alkohol

Biologi

- Udnyttelse af naturgrundlaget
- Carbon-kredsløb



Formål

At eleverne får viden om fremstillingen af grønt methanol

I denne opgave skal eleverne arbejde med Power-to-Methanol. Ved syntesen mellem carbondioxid fra luften og restproduktet CO₂ fra en forbrænding på f.eks. et biogasanlæg dannes der grønt methanol CH₃OH.

Den grønne methanol skal i fremtiden anvendes til at erstatte fossile brændstoffer til blandt andet den tunge transport til skibe og fly.

Vi anbefaler, at eleverne arbejder i grupper.

Power-to-Methanol

Olie, kul og gas bliver brændt af og på den måde sendt ud i atmosfæren i form af drivhusgassen CO₂. Denne udledning af CO₂ er den væsentligste årsag til, at den naturlige balance i atmosfæres indhold af CO₂ har ændret sig, så vi nu kan forudse store klimaændringer på Jorden.

Forsøget går ud på, at eleverne skal finde ud af, om der udledes CO₂, når vi brænder ting af. De skal forbrænde kul og olie, så der dannes CO₂, der kan påvises ved hjælp af en CO₂-indikator. Eleverne kan også afbrænde andre ting.

Relevante spørgsmål til eleverne:

- *Dannes der CO₂ ved forbrænding af kul og olie?*
- *Hvis der dannes kulstof ved forbrændingsforsøget, hvor kommer det kulstof så fra?*
- *Kommer der også CO₂ ved forbrænding af ammoniak?*

Til elevernes researchfase kan de bruge internettet samt de fagbøger og materialer, som de er vant til at bruge.

Ekstra! Eleverne kan lave en model af carbonkredsløbet.

Hvis eleverne har arbejdet med alkohol, kan de lave en undersøgelse vedr. produktion af ethanol.

OPGAVE 6: VIRKSOMHEDSBESØG



Tid i klassen

2 lektioner á 45 minutter + besøgsdag



Fag og fagområder

Uddannelsesvalg



Formål

At eleverne får viden om uddannelse og job inden for Power-to-X. At eleverne møder rollemødel, så de kan blive inspireret til, nysgerrige og interesseret i STEM-fagene, så de måske senere vælger en uddannelse inden for STEM-fagene

Gennem undersøgelserne får eleverne viden om forskellige delprocesser inden for Power-to-X. Denne viden tager eleverne med på virksomhedsbesøg. Her kan medarbejderne hjælpe med faglig sparring inden for deres faglige felt. Den enkelte virksomhed vil muligvis ikke rent fagligt dække alle delprocesserne inden for Power-to-X, men de vil have en viden om, hvordan deres virksomhed kan indgå i et samarbejde med andre virksomheder, så der bidrages til den grønne omstilling.

Et virksomhedsbesøg skal tænkes bredt. Det kan være underleverandører, der indgår i Power-to-X-processen.

Her kan du se de [danske Power-to-X-projekter](#) (scroll lidt ned på siden).

Det gode samarbejde

Det er en god idé at tage kontakt til virksomheden og forventningsafstemme med hinanden, hvad der kan lade sig gøre, og hvad I gerne vil have ud af besøget. Forbered gerne virksomheden på, hvad besøgets fokus er, samt hvilke opgaver og undersøgelser eleverne har lavet.

Vi anbefaler at anvende guiden [Tjek på besøget](#) med opmærksomhedspunkter til, hvad der er godt at huske ved et virksomhedsbesøg.

Sæt ord på de faglige mål med besøget. Snak med virksomheden om, hvad I har arbejdet med, og hvad eleverne forventer at få svar på.

Spørg ind til, hvilke regler der gælder på virksomheden, så du kan forberede eleverne, og så virksomhedsbesøget kommer til at foregå sikkerhedsmæssigt forsvarligt.

Overhold aftaler, så alle får en god oplevelse med besøget.

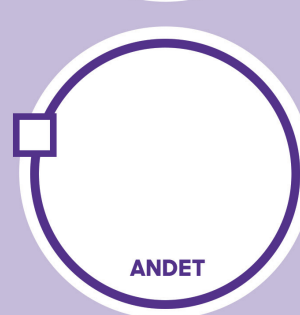
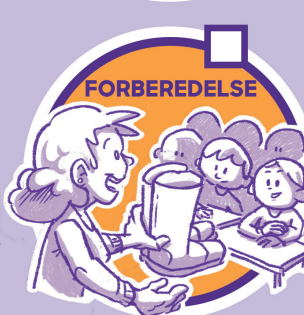
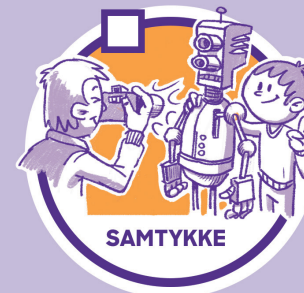
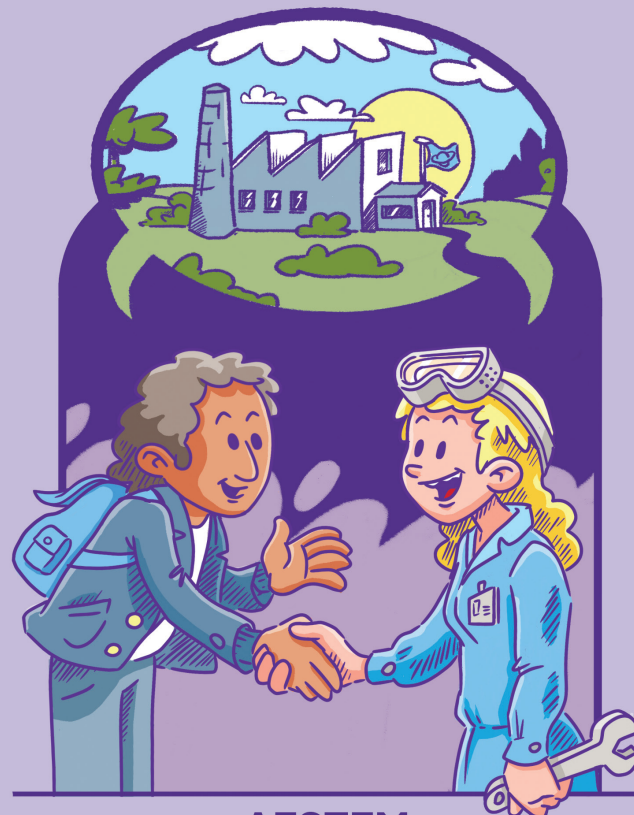
Når I besøger virksomheden, kan eleverne fortælle om de opgaver og undersøgelser, som de har arbejdet med. Selvom virksomheden er forberedt på besøget, så er det dig som lærer, der forventes at have overblikket over, hvad eleverne har arbejdet med.

Under virksomhedsbesøget bliver I måske præsenteret for ny viden, som eleverne umiddelbart kan have svært ved at sætte i relation til deres forarbejde og forforståelse. Hjælp dem med at perspektivere.

TJEK PÅ BESØGET

NATURVIDEN
SKABERNES
HUS

Når du besøger en virksomhed med dine elever, er det vigtigt
at afstemme forventningerne, så alle får en god oplevelse.



OPGAVE 7: PRÆSENTATION AF POWER-TO-X



Tid i klassen

4 lektioner á 45 minutter



Fag og fagområder

Kommunikationskompetencen
Modelleringskompetencen
Formidling og evaluering



Formål

At eleverne samler op på deres viden og oplevelser fra virksomhedsbesøget samt de undersøgelser og løste opgaver vedrørende Power-to-X, som de har lavet

I denne opgave skal eleverne arbejde med deres kommunikations- og modelleringskompetence. Desuden kan perspektiveringskompetencen komme i spil. Vi anbefaler, at eleverne arbejder i grupper. I kan vælge at bruge denne opgave som afslutning på forløbet og/eller som evaluering af elevernes arbejde.

Præsentation af Power-to-X-anlæg

Eleverne skal lave en præsentation, som dels viser et design på fremtidens Power-to-X anlæg samt deres faglige viden om Power-to-X. De må gerne være kreative i deres design af et Power-to-X anlæg.

Eleverne kan få disse hjælpespørgsmål:

- *Hvordan kan virksomheder samarbejde om at bidrage til den grønne omstilling?*
- *Hvordan kan et Power-to-X-anlæg tænkes sammen med andre virksomheder, så alle ressourcer udnyttes optimalt?*
- *Hvordan kan anlægget indgå kreativt i sine omgivelser?*

Virksomheden, som I har besøgt, kan indgå i elevernes design. Designkrav og format til præsentationen kan være din beslutning eller aftales med eleverne. Aftal i klassen, hvilke designkrav der skal opfyldes, eller om der er andre. Aftal desuden i klassen, hvem målgruppen skal være, hvem eleverne skal fremlægge for, og hvilken form for præsentation eleverne skal anvende.

Designkrav

Der kan opstilles nogle designkrav til præsentationen:

- Præsentationen skal fremlægges.
- Præsentationen skal vise elevernes løsning på deres problemstilling.
- Præsentationen skal indeholde deres faglige viden om Power-to-X – gerne i et kreativt design.
- Præsentationen skal indeholde en model af et Power-to-X anlæg.

På skoletube.dk er der adgang til flere af følgende forslag til et format til en præsentation: paneldebat, kampagne, spil, animation, podcast, interaktiv billedmap, think link, lydoptagelse, QR-kode-løb m.m.

LITTERATURLISTE

Energimuseet

<https://energimuseet.dk/power-to-x-hytten/>

Experimentarium

<https://www.experimentarium.dk>

7 danske Power-to-X projekter

<https://greenpowerdenmark.dk/nyheder/7-danske-power-to-x-projekter-gigawatt-klassen>

De danske Power-to-X projekter

<https://greenpowerdenmark.dk/fakta-om-groen-energi>

Bæredygtig Energi – Brint. Et undervisningsmateriale om energiens vej fra vind og sol til grøn brint

Udarbejdet af Hydrogen Valley/CEMTEC og Line G. Vetter, Rosendalskolen i Hobro

Kontakt ved ønske om virksomhedsbesøg:

Anne-Luise Skov Jensen, alsj@hydrogenvalley.dk, tlf. 2154 6848

Søren Bjerregaard, soren@hydrogenvalley.dk, tlf. 2027 9242

Fra grøn strøm til grønne brændstoffer

https://baeredygtighed.dtu.dk/teknologi/power-to-x?fbclid=IwAR2t_s-z1H6hQXX1oVldqzZC3tJEf8wVFW2gJWQ_keCzpF-oSdkEZEjTYu8

ANDET RELEVANT MATERIALE

Energiforsyning nu og i fremtiden

Udarbejdet for Stærke Naturfaglige Læringsfællesskaber af Christina Virklund, Københavns Professionshøjskole

Power-to-X

Udarbejdet af Bjørn Svenningsen, cand. scient., gymnasielærer og DA Åben Virksomhed

Konvertering af CO₂ med nyt Power-to-X-system

https://bce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/konvertering-af-co2-med-nyt-power-to-x-system?fbclid=IwAR2NdnOilplsAHX_AfbdH2maRbPLwDNTQfLRcGLEfslj2xsoz0Um7qiLz8po

Inspirationskataloger fra UVM

- Systemtænkning i vedvarende energi: <https://emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien/systemtaenkning-i-vedvarende-energi/systemtaenkning-i?b=t5-t1580-t4950>
- Energiforsyningen nu og i fremtiden (8. klasse)
- Biobrændsel og fremtiden (9. klasse)

Energi på lager

Undervisningsmateriale til fysik/kemi af Elisabeth Wulffeld og Anne Hansen, Danmarks Tekniske Universitet
<https://www.energi.case.dtu.dk/>



OM NATURVIDENSKABERNES HUS

Naturvidenskabernes Hus inspirerer unge til at vælge en uddannelse inden for naturvidenskab, teknologi, it eller håndværk. Naturvidenskabernes Hus står bag et landsdækkende netværk af virksomheder og uddannelsesinstitutioner – og udvikler i samarbejde med dem blandt andet virksomhedscases, som har til formål at bringe skoler og virksomheder tættere sammen gennem virksomhedsrelaterede opgaver.

Læs mere på nvhus.dk