

"Klimaets DNA"

Undervisningsmoduler målrettet gymnasiale uddannelser, som understøtter deltagelse i Klimatorium's ungeklimamøde "Global Youth Climate Summit". (HTX, STX, HF og HHX m.fl.)

2-3 moduler
fysik/kemi
(mulig kobling til
design og økonomi)

Formål:

Gør klimaundervisningen levende. Dette materiale bygger bro mellem tung teori og konkret handling, så dine elever mærker, at deres viden kan forandre verden. Gennem forløbet klædes de på med stærke faglige greb, som de tager med direkte ind i Global Youth Climate Summit – en platform, hvor unges egne stemmer sætter dagsordenen og gør klimahandling nærværende og aktuel.

Med Global Youth Climate Summit ønsker vi at skabe øjenåbneren om, at 'vi er natur'. Dette skal kobles til undervisningskrav, og derfor vendes den klassiske fotosyntese på hovedet. I stedet for at fotosyntese er noget planter gør og respiration er noget dyr gør, så kobles de to her sammen til ét samlet kredsløb – det visualiseres, hvordan mennesket kemisk set er fuldstændig afhængigt af og ligestillet med alt andet levende.

Undervisningens opbygning

Før (modul 1)

- Aktivitet: gennemgang af det biologiske vs. fossile kredsløb. Med udgangspunkt i en konkret genstand opdeles, hvad der kommer fra hhv. det hurtige kredsløb og hvilket der kommer fra undergrunden
- Resultat: udfyldt skema over genstandens materialer opdelt efter kredsløbstype

Under (modul 2)

- Aktivitet: udfyldelse af en manifest-skabelon baseret på analysen fra modul 1
- Resultat: udkast til klimakrav skrevet ud fra skabelon

Efter (modul 3)

- Aktivitet: produktion af det visuelle bidrag til Global Youth Climate Summit
- Resultat: Klassens præsentation af klimakrav + 30 sek video



Modul 1 er opdelt i 3 cases – udvælg den case, der passer bedst til jer og følg farven gennem første modul.



MODUL 1

Varighed: 90 minutter
(1 gymnasie modul)



"Det kemiske spejl og det lineære forbrug"

Formål

At illustrere, hvordan det at skelne mellem 'mig', 'naturen' og 'mine ting' er en kemisk illusion. Vi bruger de nøjagtig samme byggeklodser – men måden vi organiserer dem på, skaber enten liv og balance (fotosyntese/natur) eller affald og ubalance (lineært forbrug / Earth overshoot Day).

Fagligt fokus

Atomare byggesten (C, H, O, N), grundstoffernes bevarelse, det lukkede kredsløb og det lineære forbrug.

Fælles introduktion i klassen (20 minutter)

Læreren introducerer begrebet om det **lukkede kredsløb**.

Planter opbygger alt levende materiale ud fra seks primære grundstoffer: Carbon (C), Hydrogen (H), Oxygen (O), Nitrogen (N), Phosphor (P) og Svovl (S). I biologien kaldet CHNOPS. Menneskekroppen er opbygget af de nøjagtig samme seks stoffer.

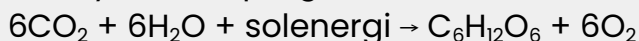
Hvert eneste iltmolekyle (O_2) du indånder lige nu er 'affald' fra en plantes fotosyntese. Hvert eneste carbonatom i din krop (i dine muskler, dit DNA, dit fedt) har på et tidspunkt svævet i luften som CO_2 og er blevet indfanget af et blad. Vi spiser og indånder solenergi, som planterne har pakket ind til os. Kemisk set er der ingen adskillelse mellem os og skoven.

De to centrale forskelle – det biologiske og det fossile kredsløb:

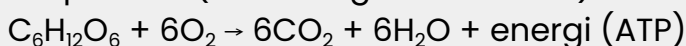
- **Biologiske kredsløb** (hurtige): Kredsløbet er i balance. Den CO_2 der frigives via respiration eller nedbrydning, er den samme som nyligt blev optaget af planterne via fotosyntese.
- **Fossile kredsløb** (långe): Kredsløbet er i ubalance. Kulstoffet har været fastlåst i undergrunden i millioner af år. Når vi henter det op og enten brænder det af eller lader det ophobe sig som u-nedbrydeligt plast, tilfører vi nyt nettokulstof til kredsløbet.

De tre centrale kemiske reaktionsskemaer:

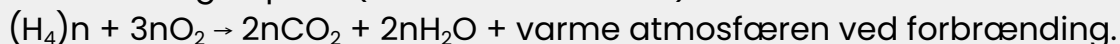
Fotosyntese (optagelse af CO_2)



Respiration (det biologiske kredsløb)



Forbrænding af plast (det fossile kredsløb)



Øjenåbner:

- Glukose, produktet af fotosyntesen og byggestenen i alt fra vores muskler til træer:
 - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- Polyester / PET-plast:
 - $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$

Begge dele er blot kæder af carbon, hydrogen og oxygen. Men hvor naturen har designet glukosen til at blive brudt ned og genbrugt i et evigt kredsløb, har mennesket bundet atomerne i plastikken så hårdt, at de låses ude af kredsløbet. Det er **det lineære forbrug**.

Undersøgelse af de biologiske byggesten

Vælg jeres studieretning - eller den case der passer bedst for jer (60 minutter)

Det biokemiske og tekniske spor: HTX & STX (A-niveau i kemi/biologi/biotek)

Det økologiske og almen dannende spor: HF & STX (B-niveau i biologi, kemi eller naturgeografi)

Det grønne forretningsspor: HHX (Erhvervsøkonomi, international økonomi koblet med naturvidenskabeligt valgfag)

Det biokemiske og tekniske spor

Genstand for autopsi: En smartphone eller et stykke avanceret elektronik.

Faglig opgave:

- Eleverne skal dykke ned i periodiseringen af tunge og sjældne grundstoffer (fx lithium, kobber, kobolt, neodym).
- De skal undersøge de kemiske bindinger i et litium-ion-batteri eller skærmens sjældne jordarter.
- De skal kontrastere dette med, hvordan biologi transporterer elektroner (fx jern i vores hæmoglobin eller magnesium i planternes klorofyl).

Det lineære problem:

Hvorfor er det kemisk set ekstremt svært at genanvende en smartphone i forhold til et biologisk kredsløb? (Eleverne ser på hvordan stofferne legeres og blandes i mikroskala, hvilket øger entropien og gør elementær adskillelse energimæssigt umuligt).

Inspiration til udvidelse af faglig opgave:

- Udfør laboratorieforsøg med opbygning af simple galvaniske celler (fx. kobber/zink) og måling af hvilespænding.
- Udfold hvorfor grundstoffers placering i det periodiske system er afgørende for deres egenskaber.
- Arbejde med spektrofotometrisk analyse af klorofylekstrakt eller hæmoglobin (absorptionsspektre)
- Udfør en analyseøvelse hvor eleverne udarbejder et sammenligningsskema over energitætvolumen, effektivitet og skæbne for elektronerne i hhv. et litium-batteri og kloroplastens thylakoidmembran.
- Få eleverne til at arbejde på et mini-projekt, hvor de ser på, hvordan man kan bygge 'grønnere' batterier ved at lære af biologien (fx. organisk flow-batteri eller kunstig fotosyntese)

Fagbegreber

Hæmoglobin: livsvigtigt, jernholdigt protein, der findes inde i kroppens røde blodlegemer som binder og transporterer ilt

Klorofyl: det grønne farvestof i planter, alger og visse bakterier. Stoffet absorberer blå og rødt lys, men reflekterer det grønne, derfor ser planter grønne ud

Entropi: graden af uorden, tilfældighed eller usikkerhed i et system

Refleksion

Når du lader din telefon op, flytter du elektroner i lithium. Når et træ fanger sollys, flytter det elektroner i magnesium. Princippet er det samme – men hvorfor fejler teknikken, når biologien har virket i milliarder af år?

Krav til kemisk design adskillelse

Forberedelse til Global Youth Climate Summit

Eleverne formulerer et teknisk krav om Chemical Design for Disassembly (kemisk design adskillelse). Kravet skal opbygges så det er forståeligt for læmand – fx. deres bedstemor.

Skabelon til opbygning af kravspecifikation:

- Teknisk krav = hvad (mål)
- Hvordan (kemisk middel)
- Hvorfor (almen konsekvens)

Eksempel: "Kemien skal fungere som en 'flydende pakning' (mål) ved at bruge en tyndtflydende polymer, der trænger ind i alle mikro-sprækker (middel), så batteriet samlet helt lufttæt uden brug af tunge mekaniske skruer (konsekvens)."

Det økologiske og almen dannende spor

Genstand for autopsi: En løbesko (sneakers) – alternativt en plastikvandflaske.

Faglig opgave:

- Eleverne skal skille en løbesko ad for at forstå, hvorfor vores nuværende produkt design skaber affaldsproblemer. Målet er at opdage, hvilke materialer vi skal udskifte, når vi i fremtiden skal designe bionedbrydelige sko.
- De skal kortlægge, hvordan råolien (gamle fossile planter og alger) via kemiske processer (polymerisation) er blevet til plastikfibre i skoene. De udfylder medfølgende skema over skoens komponenter og forholder sig til skoens cirkularitet.
- De sammenligner skoens 'levetid' og kemiske inertie (at den ikke nedbrydes) med et blad fra et træ (cellulose), som indgår i kulstofkredsløbet på få måneder via mikroorganismers respiration. De arbejder med, hvordan fremtidens sko kan se ud, hvis den gøres cirkulær.

Fagbegreber

Polymer: et plastmateriale bygget af lange kemiske kæder

Polymerisation: processen hvor olie laves om til stærk plastik

Lineær økonomi: udvind – producer – forbrug – smid ud. Vi tager kulstof op fra underjorden og låser det fast på overfladen som affald og CO₂

Cirkulær økonomi: lukket kredsløb med genbrug og genanvendelse. Produktet designes så det kan genbruges og indgå i et cirkulært kredsløb.

Skoens komponenter:

Skoens del	Materiale	Polymer fra råolie?
Sål	Skum / gummi	JA
Overdel	Syntetiske tekstiler (polyester)	JA
Snørebånd	Syntetisk fiber	JA

Hvor kommer skoen fra?

Næsten hele skoen er lavet af råolie (fossilt kulstof fra gamle alger og planter).

De studerende skal sætte ordene nedenfor i rigtige rækkefølge, så de viser skoens rejse:

- Fossilt kulstof (råolie)
- Kemisk proces (polymerisation)
- Plastikfibre
- Løbesko

Det nye produktdesign

Forberedelse til Global Youth Climate Summit

De studerende skal bruge denne viden til at designe fremtidens sko. De skal skrive 3 konkrete principper for nye, bæredygtige løbesko ved at udfylde følgende sætninger:

- *Vores nye sko skal ikke laves af råolie men af...(fx. bionedbryelige biologiske polymerer)*
- *Når skoen er slidt op, skal den kunne nedbrydes ved hjælp af...(fx kompostering / mikroorganismer)*
- *Ved at ændre materialerne hjælper vi med at bremse klimaforandringerne, fordi...(vi undgår at hente nyt fossilt kulstof op fra jorden)*

Det grønne forretningsspor

Genstand for autopsi: Et stykke fast-fashion tøj (fx en t-shirt i 50% bomuld / 50% polyester).

Baggrund:

- Bomulden er skabt via fotosyntese på en mark (fornybar ressource, biologisk cyklus).
- Polyesteren er skabt på en fabrik af petrokemikalier (ikke-fornybar ressource, teknisk cyklus).

Faglig opgave:

- Eleverne skal analysere de økonomiske incitamenter: Hvorfor er det billigere for en virksomhed at bruge jomfruelig polyester (olie) frem for at genanvende atomerne i den t-shirt, der allerede er produceret?

Refleksion:

- Entropi og separation-dilemma: Det er kemisk let at blande bomuld og polyester til ét tekstil, men det er et termodynamisk mareridt at adskille dem igen. Blandingstekstiler skaber høj entropi, som kræver enorme mængder kemisk energi og opløsningsmidler at redesigne til rene cyklusser.
- Eksternalisering af omkostninger: Hvis en t-shirt koster 100kr afspejler dette kun udvinding af olie og høst af bomuld. Omkostningen ved mikroplastudledning, CO₂-aftryk og deponering skubbes over på samfundet.
- Jomfruelig ressource vs. genanvendelse: Det koster mindre energi og færre penge at pumpe råolie op og raffinere det til ren PET/polyester, end det gør at samle, sortere, kemisk nedbryde (depolymerisere) og rense brugt fast-fashion.

Eksempler:

- Hybrid-monstret: En standard t-shirt består af blandingsprodukt (fx. 50% bomuld, 50% polyester). Bomuld nedbrydes af enzymer/bakterier, mens polyester kræver høj varme og kemisk opløsningsmidler. Når de væves sammen, blokerer de for hinandens naturlige nedbrydnings- og genanvendelsesveje.
- PET-flasken vs. T-shirten: Tøjmærker reklamerer med 'genanvendt polyester fra plastikflasker', men selvom forbrugeren tror man køber et bedre produkt så tager man plastikflasker ud af deres lukkede kredsløb. Altså genanvendelse af flaske-til-flaske. Når denne plast laves om til en t-shirt med bomuldsblanding 'låses' plastikken i en rundkørsel uden afkørsel og ender til sidst på et forbrændingsanlæg.
- EPR (Extended Producer Responsibility) i praksis: Det udvidede producentansvar kræver at man betaler et affaldsgebyr proportionalt med, hvor svært produktet er at adskille kemisk. Indføres dette fx. på en t-shirt vil en t-shirt lavet af 100% ren bomuld eller 100% ren polyester blive billigere at producere end en t-shirt af 50% bomuld/50% polyester.

Det lineære problem:

Virksomheders lineære forretningsmodeller modarbejder termodynamikkens og biologiens principper om lukkede kredsløb, fordi prisen på råvarer ikke afspejler prisen for at rydde op i atomerne bagefter.

Krav til virksomhedsejere

Forberedelse til Global Youth Climate Summit

Eleverne formulerer et økonomisk/kemisk krav til virksomhedsejere om at indføre 'extended producer responsibility' (udvidet producentansvar), hvor virksomheden ejer atomerne i produktet i hele dets levetid. Hvordan ser fremtidig designkrav ud?

Fælles afslutning:

Læreren samler op på tavlen – det primære budskab fra modul 1:

Hvad enten vi kigger på en smartphone, en sneaker eller en t-shirt, har vi set, at problemet ikke er atomerne selv. Problemet er, at mennesket har skabt en lineær blindgyde for dem. Naturen kender ikke til affald – alt hvad fotosyntesen skaber, bliver spist af noget andet.

Gennem Global Youth Climate Summit samles unges krav om, at vores systemer lærer af kemiens og biologiens egne love.

Øjenåbner

Læreren guider eleverne til at indse, at atomerne ikke forsvinder.

Vi ødelægger ikke stoffet, vi spreder det bare, så det ikke kan genbruges (entropi).



"Earth Overshoot Day og Det Skjulte Kredsløb"

Fagligt fokus

Massetilførsel, energibalancer og ressourcekredsløb

Aktivitet

Eleverne kobler deres genstand direkte til konceptet bag Earth Overshoot Day. Hvor meget energi og masse kræver det at holde denne genstand i kredsløb? De bliver præsenteret for at jorden kun har en vis mængde af fornybare ressourcer og at vores adfærd og forbrug er nødt til at blive ændret for at vi kan komme i balance igen.

Den reflektive opgave – Klimakrav

Eleverne skal nu kigge på deres produkt og dykke dybere ned i genstanden ved brug af et konkret datagrundlag. Dette skal give dem en dybere forståelse for vores forbrug, og den påvirkning, det har på jordens ressourcer. Formålet er at give en forståelse for, hvorfor vi skal blive bedre til at tænke i genbrug og cirkulær design.

Øvelse 1:

Gæt vægten på din genstand. Hvor mange kg natur tror du der skulle flyttes og bearbejdes for at skabe den? **Benyt evt. medfølgende opgave ark til denne øvelse.**

 **Smartphone: Opgaveark | Facitark**

Sneaker & T-shirt: Opgaveark | Facitark  

Øvelse 2:

Refleksion og klimakrav. I grupper snakkes om refleksioner fra opgaverne og hver gruppe udarbejder et klimakrav som skal præsenteres for klassen

Skabelon til Klimakrav:

1. "Vores genstand er en [fx løbesko], som indeholder [fx polyester/skum] fra det fossile lagerrum."
2. "Problemet er, at materialet tages ud af undergrunden og ikke kan indgå i det biologiske carbonkredsløb igen, fordi..."
3. "Vi kræver derfor, at producenten ændrer materialet til [fx bionedbrydelige polymerer / genanvendt materiale], så det kan..."

Fagbegreber

Earth Overshoot Day er datoen hvor menneskehedens forbrug af ressourcer overstiger Jordens evne til at regenerere dem det år.

Den Økologiske Rygsæk (MIF: Material Input Factor) er den mængde/kg råstoffer (vand, jord, mineraler, brændstof) der skal udvindes for at producere 1kg af produktet.

Indlejret energi (Embodied Energy): den samlede mængde energi (i MJ eller kWh) der forbruges fra udvinding af råstoffer til færdigt produkt.

MODUL 3

Varighed: 90 minutter
(1 gymnasie modul)



Udarbejdelse og pitch af klimakrav

Produkt til brug under Global Youth Climate Summit

Aktivitet

Klassen udvælger i fællesskab deres absolut bedste og mest skarpe klimakrav. De producerer et bidrag, som sendes ind til Klimatorium inden Global Youth Climate Summit. Bidraget kan både være på engelsk eller modersmål med en skriftlig engelsk oversættelse.

Guidelines til indsendte materiale:

- Foto af klassen som holder et stort, fysisk skilt op med klassens fælles kemi-klimakrav.
- En 30-sekunders video-pitch, hvor en elev præsenterer klassens krav direkte til kameraet. (Telefonen skal holdes horisontalt, upload i høj opløsning. Brug gerne mikrofon til bedre lyd)
- Et digitalt upload af klassens kemiske autopsi (grafik eller plakat).

Tips til et godt klimakrav:

1. Kravet – hvad er det man ønsker ændret eller implementeret
2. Effekten – hvad og hvorfor vil det gøre en forskel
3. Perspektivet – hvordan kan dette opskaleres og inspirere andre lande på COP31

Spring direkte til modul 3

Skal I deltage i Global Youth Climate Summit, men har ikke gennemført modul 1 og 2? Intet problem! Gør jer klar ved at tage modul 3, og indsend jeres klimakrav til Klimatorium.

Modul 1 og 2 fokuserer på vores forbindelse til naturen og produktionsprocesserne bag hverdagsting som løbesko, smartphones og t-shirts, uden hensyntagen til det cirkulære kredsløb. Eleverne udformer klimakrav baseret på disse emner, men det er ikke nødvendigt at have kendskab til disse processer for at skabe jeres egne klimakrav.

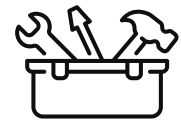
Lad jer inspirere af emnerne nedenfor, eller skab jeres helt eget og send det til Klimatorium.

Inspiration til klimakrav:

- Drøm om din fremtid – hvordan ser den ud?
- Hvad gør dig stolt af din generation?
- Hvilket budskab vil du gerne give videre til nutidens beslutningstagere?
- Hvordan ønsker du at se en forandring?
- Hvad er vigtigst for dig i den verden, du efterlader til dine børn og de kommende generationer?

Upload jeres klimakrav:





Earth Overshoot Day

Find jeres lands præcise Overshoot Day – hvor mange måneder lever I på lånt tid?

- www.overshootday.org
- www.footprintnetwork.org
- www.footprintcalculator.org

Biomimicry

Find biologiske løsninger. Se hvordan naturen løser kemien uden plast og gift.

- www.asknature.org (the biomimicry institute)
- www.biomimicry.org

Circular Economy

Forstå kredsløbet og forskellen på biologiske og tekniske atomer.

- www.ellenmacarthurfoundation.org search for 'resources' or 'education'
- The Butterfly Diagram
- Book: The Circular Economy: A Wealth of Flows by Ken Webster
- Youtube: Ken Webster Circular Economy