

ENERGIOPTIMER DIT KLASSEVÆRELSE

UDSKOLING, GEOGRAFI, BIOLOGI, FYSIK/KEMI OG MATEMATIK

LÆRERVEJLEDNING

Bygninger står for en stor del af Danmarks samlede CO₂-udledning. Udledningen kommer fra konstruktionen, men også når bygningen er i brug, da vi gerne vil have varme lokaler med god luft og et godt indeklima.

UDFORDRING OG KRAV

Hjælp skolen med at designe en teknologisk løsning til et af skolens lokaler.

Løsningen skal både sikre et godt indeklima og reducere energiforbruget i lokalet mest muligt - og dermed mindske skolens CO₂-aftryk.

Engineering
i skolen



ENERGIOPTIMER KLASSEVÆRELSET

Velkommen til et undervisningsforløb i engineering-baseret klimaundervisning.

Formålet med undervisningsforløbet er, at eleverne gennem en stilladseret engineering designproces får erfaring med selv at udvikle løsninger på autentiske udfordringer med teknologisk og naturfagligt indhold.

Forløbet fokuserer på tiltag, som konkret kan løse eller afbøde effekterne af klimaforandringerne. Undervisningsforløbet er virkelighedsnært og anvendelsesorienteret, og naturfagligt indhold inddrages i en problem-baseret læringsproces.

Det er hensigten, at forløbet viser eleverne, at det er muligt at handle på mange måder, og at forløbet fremmer deres handlelyst, innovation og handlekompetence. Engineering-forløbet vil desuden understøtte elevernes udvikling af kompetencer som samarbejde, undersøgelse, ideudvikling, modellering, perspektivering og kommunikation.

INDHOLD

Hvad er engineering-baseret klimaundervisning?	3
FORMÅL OG FAGLIGHED	4
Undervisningsmål	4
Beskrivelse af STEM-problemfelt	4
Engineering-udfordring og produktkrav	5
Materialeliste	5
Supplerende materialer	5
Kort introduktion til forløbet	6
Forløbsspecifikke ekstra ressourcer	7
Didaktiske overvejelser før, under og efter ...	7
FORLØBSGENNEMGANG	8

Udarbejdet af Grethe Beiskjær Christensen, Københavns Professionshøjskole og Simon Olling Rebsdorf, Engineer the Future. Tak til eleverne på Vanløse Privatskole for at være med til at afprøve materialet.

Engineering-baseret klimaundervisning er et samarbejde mellem Engineer the Future og Københavns Professionshøjskole, finansieret af VILLUM Fonden.

HVAD ER ENGINEERING-BASERET KLIMAUNDERVISNING?

Engineering-baseret klimaundervisning er undervisning i skolens naturfag, der fremmer børns evne til at:

1. forstå konkrete klimarelaterede problemer og
2. finde ud af, hvad man sammen kan gøre ved dem.

I engineering-baseret klimaundervisning faciliterer læreren elevernes egne undersøgelser, egne løsningsforslag og egne konstruktioner af prototyper af teknologier, som kan løse konkrete problemer eller afbøde effekter af klimaforandringer. Engineering-baseret klimaundervisning har en intention om at give eleverne håb, selvtillid og mod på i fællesskab at gøre en forskel for det samfund og den verden, vi alle sammen er en del af.

Hvordan bruges klimaforløbet og hvad består det af?

Dette er et ud af syv klimaforløb, der udvikles i 2022-24. Undervisningsforløbet skal vise eleverne, at det er muligt at handle på mange måder. Og det sigter efter at fremme elevernes handlelyst, innovation og handlekompetence. Forløbet understøtter elevernes udvikling i kompetencer som samarbejde, undersøgelse, ideudvikling, modellering, perspektivering og kommunikation.

Klimaforløbet består af

- Lærervejledning med forløbsplan
- Elevark
- Slides målrettet elever, inkl. video, hvor en klimaekspert præsenterer en engineering-baseret klimaudfordring
- Lærernoter i slides, der hjælper læreren med at gennemføre forløbet
- Voice-over, der kan hjælpe læreren med at gennemføre engineering-forløbet.



FORMÅL OG FAGLIGHED

Klassetrin

7.-9. klasse

Antal lektioner

5 x 2 lektioner a 45 minutter

UNDERVISNINGSMÅL

- Eleverne kan designe løsninger (der kan reducere energiforbruget i bygningen) ved at bruge modeller og forstå, forklare eller forudsige fænomener og systemers opførsel samt diskutere og forholde sig til modeller, fx ved skalering (modelleringskompetence).
- Eleverne kan skelne mellem virkelighed og model, især modellens afgrænsning og idealisering af den virkelige situation (modelleringskompetence).
- Eleverne kan formulere spørgsmål, som kan undersøges gennem valg af relevante undersøgelsesmåder, designe egne undersøgelser og systematisk indsamle data, der belyser fx ideer og løsninger (undersøgelseskompetence).
- Eleverne kan italesætte og demonstrere egne muligheder for stillingtagen og handlen i forhold til en bæredygtig udvikling og menneskets samspil med naturen – lokalt og globalt (myndiggørelse og perspektivering).

BESKRIVELSE AF STEM-PROBLEMFELT

Bygninger står for ca. 25 % af Danmarks samlede CO₂-udledning. Det kommer fra bygningernes energiforbrug, når de er i anvendelse, og fra produktion af byggematerialer, byggeprocesser og renovering. Heraf går ca. ¼ til opvarmning og drift af bygningerne, og resten stammer fra produktionen af byggematerialer samt bygge- og anlægsprocessen.

40 % af Danmarks samlede energiforbrug finder sted i vores bygninger, fx til opvarmning, køling, ventilation og varmt vand. Gennem teknologiske løsninger kan energiforbruget til opretholdelse af indeklimaet reduceres betydeligt.

- Dilemmaet er, at vi ønsker at opretholde et godt indeklima, og det kræver energi.
- Problemfeltet er åbent, da der er mange energiteknologiske muligheder. Vi fokuserer på det, eleverne selv kan bidrage med her og nu, i deres lokale kontekst, klasselokalet.

Det er elevernes opgave at undersøge, hvordan forskellig teknologi kan bidrage til at løse udfordringerne med et højt energiforbrug ved at energioptimere klasseværelset, altså ved at undersøge processer, der ikke kræver tilførsel af elektricitet/varme – såkaldt passive løsninger/passiv bygningsteknologi.

... FORMÅL OG FAGLIGHED

Klimaeksperten Jakob Strømmand-Andersen giver eleverne en udfordring

Ingeniør Jakob Strømmand-Andersen fra Henning Larsen Architects giver eleverne en sådan udfordring i filmen, der hører til forløbet, og kan findes både på hjemmesiden og i slideshowet.

Eleverne møder Jakob, der til daglig arbejder med at udvikle løsninger inden for bæredygtigt design. Jakobs arbejde er et samspil mellem teknik, arkitektur og moderne teknologi, og han undersøger, hvordan integreret design kan danne grundlag for vellykkede bæredygtige byer og bygninger.

Jakob har stor erfaring med at udvikle bæredygtige bygninger baseret på parametre som lys, skygge, sol, vind, geometri og forholdet mellem by og omgivende landskab og bevoksning. Han præsenterer udfordringer med bygninger, der bruger for meget energi, og problemet præsenteres med problemstillinger om indeklima i bygninger og relevante naturfaglige problemstillinger.

ENGINEERING-UDFORDRING OG PRODUKTKRAV

Hjælp skolen med at designe en teknologisk løsning til et af skolens lokaler. Løsningen skal både sikre et godt indeklima og reducere energiforbruget i lokalet mest muligt - og dermed mindske skolens CO₂-aftryk

Hver elevgruppe skal konstruere en prototype og forbedre en præsentation, der forklarer:

- hvad prototypen kan, hvordan gruppen har arbejdet med at teste og forbedre prototypen, og hvordan den løser udfordringen
- processens vigtigste elementer fra udfordring til produkt
- hvilket design eleverne har valgt og hvorfor.

MATERIALELISTE

- Gaffatape ell. lign. – da samlingerne skal være lufttætte, duer det ikke med en limpistol eller lim
- Klart materiale til vinduer – fx gammeldags transparentark, plastlommer eller fryseposer
- Karton, pinde og bomuld til at lave udendørs elementer som træer
- Tommestok.

Materialer til at udføre undersøgelser (elevark 3):

- Pære med høj effekt, fx 200 W
- Glødepære
- Lampe på stativ, der skal kunne indstilles i højden. En arkitektlampe el.lign. kan fint bruges
- Kompas
- Klinometer – kan downloades som app til smartphone, hvis skolen ikke har det (evt. snor med lod, lineal og vinkelmåler)
- CO₂-sensor – gerne med logningsmuligheder (fx Pasco)
- Termometer – gerne med logningsmuligheder
- Hvis eleverne vil arbejde med CO₂-indhold i luften: en skål, vand, gær og sukker
- Materiale med forskellig albedo (f.eks. karton i forskellige farver, inkl. skinnende karton).

KORT INTRODUKTION TIL FORLØBET

Eleverne forventes at komme gennem alle delprocesser i engineering designprocessen.

Den samfundsmæssige autenticitet i forløbet gives af klasseværelset i sig selv, mens videoen med en klimaekspert skal understøtte en faglig autenticitet og give eleverne muligheder for at opleve problemfelt og klimaudfordring som relevant og autentisk.

Det er et vigtigt opmærksomhedspunkt, når man som lærer tilrettelægger et engineering-forløb, at reflektere over, hvordan man sikrer, at engineering-udfordringen bibeholdes gennem hele forløbet, og ikke fortaber sig for meget i andre aktiviteter i arbejdet med at løse klimaudfordringen. Dette forsøger materialet at imødekomme ved i elevarkene at samle op og beskrive centrale læringer, som er vigtige for den videre proces.

Timeouts

Undervejs i forløbet er der indlagt 'timeouts', der kan bruges til fælles opsamling i klassen eller i grupperne. Ved at anvende timeouts sikrer man som lærer, at eleverne får øje på centrale erkendelser og kan fastholde læring på udvalgte målsætninger for forløbet. Gennem timeout bliver eleverne løbende hjulpet til at indsamle centrale faglige pointer og processuelle erkendelser, der både kan anvendes i designprocessen og som en del af den afsluttende præsentation. Timeouts er også et centralt element for lærer-elev-samarbejdet, da læreren gennem timeouts opnår et større overblik over gruppens indsats, udbytte og progression, som igen kan bruges til at forbedre den løbende feedback til grupperne.

Når der ikke er timeout, er der mulighed for, at læreren kan lade eleverne benytte en logbog (elevark O) for at sikre elevernes egen refleksion over aktiviteter, læring, det lette og det svære, og samtidig rette fokus mod det næste, der skal ske i forløbet.

Som lærer skal man løbende understøtte elevernes egne ideer og forventninger til undersøgelsesmetode og fænomener. Det er en del af undersøgelseskompetencen, at eleverne kommer i situationer, hvor de

bliver i tvivl og skal tage stilling til, hvad der er det rigtige at gøre.

Det kan være en god ide undervejs i forløbet at lade eleverne besøge hinandens løsninger, ikke blot til faglig inspiration, men også for at signalere, at udfordringen er et fælles projekt, med et fælles mål om at løse en klimaudfordring, og ikke fx en konkurrence.

I slutningen af forløbet vil ikke-STEM-faglige perspektiver træde frem, nemlig elevernes vurderinger af produkt og proces på baggrund af præsentationerne. Her vil eleverne hjælpes til at italesætte og demonstrere egne muligheder for handling i forhold til en bæredygtig udvikling og menneskets samspil med naturen – lokalt og globalt (myndiggørelses- og perspektiveringskompetence, som er en af engineering-kompetencerne).

Om model og prototype

Inden for bæredygtigt bygningsdesign opererer ingeniører og arkitekter med modeller, fordi bygninger er for store til at afprøve i målestok 1:1. Ingeniøren Jakob viser modeller i andre målestoksforhold, som er det redskab, man benytter i branchen til at udvikle nye bygningsdesign, og som han tester og laver ændringer på. Tests af elevernes model kan fx ske ved brug af en lampe, der bevæger sig med varierende lysindfald og skyggefald omkring elevernes tekniske design.

Eleverne skal konstruere en model af deres klasseværelse, der både kan testes og forbedres, så de kan undersøge energioptimering og løse udfordringen. Modellen skal, via undersøgelser, hjælpe eleverne til at vurdere, om indeklimaet fortsat er godt med den nye teknologiske løsning.

... FORMÅL OG FAGLIGHED

FORLØBSSPECIFIKKE EKSTRA RESSOURCER

- God kilde til CO₂-aftryk (på dansk): https://youth.europa.eu/get-involved/sustainable-development/how-reduce-my-carbon-footprint_da
- God kilde til sollys i bygninger ved forskellige årstider: <https://www.bolius.dk/dagslysindfald-luk-solen-ind-i-dit-hus-37396>
- God kilde om andelen af CO₂-udledningen fra bygninger: Hvor stor en del af CO₂-udledningen kommer egentlig fra bygninger? (bolius.dk)

DIDAKTISKE OVERVEJELSER FØR, UNDER OG EFTER

Før

Klima og indeklima: Læreren bør før forløbet reflektere over elevernes forforståelse af den faglige forskel mellem begrebet *klima*, defineret som vejrfænomener over en lang tidsskala, og begrebet *indeklima* som det dagligdags fænomen, som eleverne begår sig i, og som udgøres af bl.a. temperatur-, ilt- og lysforhold. Eleverne møder begge begreber i medierne og i deres omgivelser, og forskellen og sammenhængen bliver tydelig med dette forløb.

Det er en vigtig pointe med forløbet, at eleverne forstår, at det er klimaet, de kan bidrage med at påvirke positivt ved at lave energibesparende teknologiske løsninger, der sikrer et godt indeklima.

Indhent faktura eller energiudskrifter fra fx skoleleder, der gør det muligt at give overslag på skolens samlede energiforbrug under en række antagelser (skal bruges i elevark 1).

Tag stilling til brug af supplerende elevark, inddragelse af flere fag.

Under

Under forløbet kan det være vanskeligt at bibeholde klimaudfordringen, når eleverne konstruerer deres model eller foretager undersøgelser af fx solhøjde eller CO₂-indhold i lokalet. Derfor er det en løbende opgave for læreren at stilladsere elevgrupperne under deres arbejde for at fastholde autenticiteten i klimaekspertens udfordring og holde den op mod deres løsninger, således at den overordnede klimavinkel kan fastholdes.

Eleverne kan med fordel afslutte dobbeltlektioner med skrivning i logbog (elevark O) for at sikre refleksion over aktiviteter og læring.

Efter

Efter forløbet kan læreren gå i dialog med eleverne og evaluere klimaforløbet i forhold til fagligt udbytte og elevernes oplevelse af fx frihedsgrader, ejerskab, samarbejdsprocesser og generelt deres oplevelse af forløbet. Igangsæt også gerne en dialog med diskussion af engineering-udfordringen ift. handlekompetence inden for problemfeltet om klima på et mere overordnet niveau, men med elevernes nye løsninger og på basis af deres nye erfaringer med samarbejde gennem de forskellige engineering-delprocesser.

Forløbsgennemgangen for de 10 lektioner nedenfor fremstår lineær, men nogle af delprocesserne i engineering-forløbet vil forløbe i en rækkefølge, der ikke kan forudsiges, og som bestemmes af elevgruppernes egne valg, kontekst og gruppedannelse.

Slides følger rækkefølgen i denne forløbsgennemgang.

FORLØBSGENNEMGANG

LEKTION 1



INTRODUKTION (10 MINUTTER)

1. Ramme og narrativ præsenteres med udgangspunkt i elevernes egen verden.
2. Præsenter problemstillingen: Bygningers bidrag til udledning af klimagasser til atmosfæren. Når bygningers bidrag til den samlede CO₂-udledning kommer fra opvarmning, nedkøling, ventilation, oplysning, opladninger, varmt vand og andet muligt elforbrug, er det elevernes opgave at undersøge og få ideer til, hvordan forskellig teknologi kan bidrage til at løse udfordringerne med et højt energiforbrug ved at energioptimere klasseværelset, altså ved at undersøge processer, der ikke kræver tilførsel af elektricitet/varme – såkaldt passive løsninger/passiv bygningsteknologi.

Noter til læreren

Tag meget gerne udgangspunkt i elevernes egen verden med en fortælling om, at de hver dag er mange mennesker i samme lokale, og at de som biologiske væsner har brug for lys, ilt og en temperatur, der hverken er for varm eller for kold. Diskuter fx på klassen først, hvad eleverne mener, de har brug for, for at kunne holde ud at være i samme lokale en hel dag – og evt., hvad de forestiller sig, det kræver af det fysiske miljø, at man lærer bedst.

Problemstillingen om udledning fra bygninger er abstrakt. Det er jo ikke bygningerne selv, der udleder CO₂, men afledte effekter: energiforbrug, afkøling osv. (men også selve byggeriet, som vi dog ser bort fra i dette forløb).



HVAD ER GODT INDEKLIMA? (15 MINUTTER)

1. Hver elev skriver på tavlen eller i en padlet svar på spørgsmålet: Hvad er godt indeklima for dig?
2. Eleverne skal fordele sig i fire hjørner af lokalet efter fire svarmuligheder på følgende centrale spørgsmål: Hvad er vigtigst for dig i undervisningslokalet?
fire svar:
 1. Temperaturen er ikke for høj.
 2. Temperaturen er ikke for lav.
 3. Mængden af dagslys.
 4. Om luften er frisk (ikke er tung, ikke lugter).

Øvelsen afrundes gennem lærerstyret fælles dialog om, hvorfor indeklimaet er vigtigt, og hvad det kræver at sikre godt indeklima. Synliggør forskellige syn på indeklima og dermed også behov for reguleringen af det.

Forberedelse

Vælg eventuelt fire andre svarmuligheder på forhånd.





FORSTÅ UDFORDRINGEN (20 MINUTTER)

Ingeniør Jakob Strømmand-Andersen fra Henning Larsen Architects giver eleverne engineering-udfordringen i den video, der er indlejret i slideshowet:

Hjælp skolen med at designe en teknologisk løsning til et af skolens lokaler. Løsningen skal både sikre et godt indeklima og reducere energiforbruget i lokalet mest muligt – og dermed mindske skolens CO₂-aftryk.

1. Udfordringen præsenteres på video og i tekst (slides) – altså klimaekspertens udfordring på tekst
2. Efterfølgende klassesamtale om årsager til klimaforandringer og lærerstyret fokus hen mod den del, der handler om bidraget fra bygningers energiforbrug
3. Præsentation af engineering-arbejdsform
4. Se eventuelt film, der beskriver engineering som arbejdsform.
5. Gennemgå krav: En model af klasselokalet med en prototype af teknologi der kan energioptimere klasselokalet, samt en præsentation på 3 minutter, der forklarer:
 - hvad prototypen kan, hvordan eleverne har arbejdet med at forbedre og teste prototypen, og hvordan den løser udfordringen
 - processens vigtigste elementer fra udfordring til produkt
 - hvilket design eleverne har valgt og hvorfor
6. Fælles dialog om model og prototype
7. Timeout: Afslut delprocessen med en kort timeout for at sikre, at alle har en fælles forståelse af udfordringen
8. Fortæl, at eleverne først skal gennemføre en fælles undersøgelse på klassen.

Noter til læreren

Engineering designprocessen og arbejdsform præsenteres.

Tydeliggør, at alle grupper skal igennem alle delprocesser, og at de undervejs får besked, når det er tid til at arbejde med en ny delproces. Introducer også 'timeouts' som en aktivitet, der vil blive gentaget løbende, og hvor der vil være fokus på at samle op og give feedback.

Introduktion til engineering-arbejdsform. Vigtigt at understrege, at man ikke gennemløber delprocesserne lineært, men at eleverne skal forvente at besøge flere delprocesser flere gange, når de forbedrer, laver fejl, bliver klogere, tester og undersøger.

Frihedsgrader i præsentationsformen vurderes bedst af læreren. Stor frihed kræver stor åbenhed og tid. En mulighed kunne være en kort film på mobiltelefon, der lever op til kravene.

LEKTION 2



CO₂-INDHOLD I KLASSEN (45 MINUTTER)

Klassen skal sammen undersøge, hvordan luftens CO₂-indhold og temperatur udvikler sig i løbet af undervisningen:

1. Gruppedannelse: Klassen opdeles i grupper af 3-4 elever.
2. Nuværende energiforbrug: Klassen opmåler i fællesskab lokalets areal (og volumen – er der samme højde i alle lokaler?).
3. Tegn skitse: Eleverne samler resultaterne i en skitse med angivelser af målene. Vinduers placering horisontalt og vertikalt noteres.

... FORLØBSGENNEMGANG

- Om muligt nå frem til et overslag for klasselokalets relative energiforbrug ift. skolens, fordelt (om muligt) på varme og el (hvis skolen ikke er elopvarmet).
- Ved lektionens afslutning: Dialog om CO₂ og temperaturskala. Diskuter, hvordan luften føles, og sammenlign med temperatur og CO₂-måling.
- Logbog udfyldes.

Noter til læreren

Fælles aktivitet, hvor læreren opsætter CO₂-måler og termometer til løbende sensorkurve, der i lektionens afslutning diskuteres fælles.

Fortæl, at alle skal arbejde i grupper i dagens forløb, men grupperne bliver først dannet i forbindelse med undersøgelse. Læreren bør overveje, hvordan gruppedannelse bedst sker i den konkrete klassekontekst.

Eleverne skal selv identificere et klasselokales energiforbrug til styring af temperatur, luftfugtighed, CO₂-niveau (ventilering) og lysmængde, med skiftende behov hen over et skoleår.

Beregningen af energiforbrug kan synliggøre et lokales relative og absolutte energiforbrug på skolen og dermed gøre det synligt, at det faktisk kan forbedres.

Læreren vurderer, om skolens energidata skal udleveres, eller om der skal bruges tid på denne øvelse, hvor eleverne selv finder information, måler op osv.

Eleverne skal gerne koble måledata med egne erfaringer med træthed i et lukket lokale uden ilttilførsel.

Evt. hjælpespørgsmål:

- Hvor stor er en eventuel ventilators effekt? Hvad er dennes bidrag til energiforbruget?
- Hvordan kan lokalet energioptimeres med passive løsninger? (dvs. løsninger, der ikke bruger energi, efter at de er etableret).
- Supplerende materiale: Masseeksperimentet – <https://masseeksperiment.dk/indeklima-2021/forskningen/>

Forberedelse

Uddel elevark 1, målebånd/tommestok/lasermåler og evt. lommeregner.

Det er vigtigt, at ingen åbner et vindue i løbet af undervisningen, og at det begrænses, hvor mange gange døren åbnes.

Indhent faktura/energiudskrifter fra skoleleder, der gør det muligt at give overslag på skolens samlede energiforbrug under en række antagelser.

Bemærk: Hvis eleverne allerede har arbejdet med respiration, kan det inddrages.

Elevark 0 - Logbog

Elevarkets formål

Løbende refleksion over aktiviteter, læring, let og svært samt fokus på næste lektions aktiviteter.

Didaktiske overvejelser

Logbogen kan anvendes som opstart og afrunding på alle undervisningsgange. Som afslutning på første undervisningsgang noterer eleverne svar på spørgsmålene, og som opstart på den følgende undervisningsgang ser eleverne på deres logbog fra sidste gang og reflekterer over, hvad de skal lave denne gang.

Hvis klassen har været vant til at arbejde med logbog på en anden måde, så anbefales det, at I holder fast i at arbejde på den måde, eleverne kender.

Hvis vurderingen er, at det vil være for tidskrævende for eleverne at arbejde med logbog i separate ark, så kan det gøres som en fælles klasseaktivitet, eller elevgrupperne kan udarbejde en logbog i fællesskab.

Elevark 1 – Find dit klasseværelses energiforbrug

Elevarkets formål

Formålet med dette elevark er, at eleverne skal få en fornemmelse af, at et godt indeklima bruger energi. Samtidig er den problemstilling, eleverne skal arbejde med, en del af deres egen hverdag.

Didaktiske overvejelser

- Hvis eleverne skal bruge for meget tid til at finde informationer, vil pointen med undersøgelsen hurtigt blive glemt, det er derfor fint i denne øvelse at gøre informationerne let tilgængelige.
- Beregninger af skolens energiforbrug kan udelades, hvis I ikke har så meget tid. I stedet kan I så tale om, hvad der bruger energi uden specifikke beregninger.
- Hvis der er god tid, kan klassen supplere beregning-

erne af energiforbrug med beregninger af CO₂-udledning. Hvilke værdier, der skal bruges til beregningen, afhænger af, hvordan skolen er opvarmet og hvor skolen køber sin elektricitet.

Opsamling og pointer

- Det er centralt, at eleverne bliver opmærksomme på, at et lokale ikke kun bruger energi til lys, men også til fx opvarmning og ventilation.
- Det er centralt i forløbet, at eleverne med dette elevark kan koble energiforbrug med en overordnet viden om, at energiforbruget indirekte er koblet til CO₂-udledning et andet sted, typisk ved et kraft-varmeverk.

LEKTION 3-4



BYG EN SKALAMODEL OG SOLINDSTRÅLING (2 X 45 MINUTTER)

1. En metode til at undersøge energiforbruget i lokalet er, at elevgrupperne hver bygger en skalamodel af lokalet, der skal fungere som model til at teste elevernes prototype.
2. Modellen skal:
 - være en egentlig 1:20 skalamodel – eleverne har opmålt lokalet tidligere i forløbet
 - kunne åbnes og lukkes, så eleverne kan justere på rummet i delprocessen *Konstruere*
 - være bygget i pap eller et tilsvarende, isolerende materiale
 - have gennemskinneligt materiale for "vinduerne"
3. Derudover skal eleverne selv vurdere, hvilke elementer det er væsentligt at have med i modellen for at kunne lave undersøgelser og udvikle prototyper
4. Timeout: Når hver gruppe har skitseret deres ide holdes en timeout med fokus på materialevalg og særlige udfordringer ved konstruktionen
5. Gennemgå slide om solens varme og højde.

Noter til læreren

Det er vigtigt at tilstræbe, at skalamodellen bliver så solid, at den tåler løbende forbedringer, så der fx kan klippes huller i væggen, kan indsættes spejle, måles på solvinker osv.



Elevark 2 – Lokalets energiforbrug – byg en skalamodel

Elevarkets formål

Formålet med denne øvelse er, at eleverne konstruerer en model, der har en praktisk funktion, fremfor et flot udseende. Da eleverne skal bruge skalamodellen til at lave undersøgelser om solhøjder, er det derfor vigtigt at de overvejer, hvilke teknologiske elementer der bør medtages i modellen.

Didaktiske overvejelser

Hjælp eleverne med at huske, at modellen skal bruges til undersøgelser af solindstrålningen på forskellige årstider samt konstruktion af forbedring af lokalet.

Opsamling og pointer

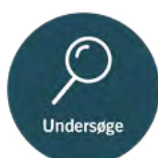
- Det er centralt, at eleverne bliver opmærksomme på at lokalets omgivelser kan have betydning for indstråling og energiforbrug.
- Det er også centralt at opdage, at størrelsesforholdet spiller en vigtig rolle for at skulle vurdere solens betydning for indeklimaet.

Forberedelse

- Uddel elevark 2 (se materialeliste i elevark 2).

Skalamodeller har, i modsætning til tegningerne, den klare fordel, at den kan give en stoflig og fysisk oplevelse af bygningen eller lokalet, man laver en model af. Men modellerne kræver også mere tid end en tegning. Man kan også få en tredimensionel og interaktiv gengivelse af en bygning på en computer, hvor man kan få følelsen af at bevæge sig ind i modellens rum. Når bygningen én gang er opbygget som tredimensionel model, kan modellen vises fra alle tænkelige synsvinkler, farver ændres og modellen kan sættes i nye sammenhænge og endda animeres, så man kan bevæge sig rundt om og gennem bygningsmodellen. Men man kan ikke røre eller føle på computermodeleen. De digitale modeller kan ikke erstatte de klassiske modeller, men som en udbygning af ingeniørens og arkitektens muligheder.

LEKTION 5



SOLSTRÅLINGENS BETYDNING FOR INDEKLIMA (45 MINUTTER)

1. Eleverne undersøger i grupper, hvilke elementer der er vigtige at medtage for at kunne undersøge solindstråling i lokalet.
2. Eleverne tager fotos af tre solhøjder.
3. Fælles dialog om solindstråling og indeklima.
4. Fælles undersøgelse af temperaturens ændringer ved indstråling ved sommarsolhverv, vintersolhverv og jævndøgn.

Forberedelse

- Uddel elevark 3
- Lamper på stativ med (gløde)pære, der har en høj effekt (LED duer ikke), termometre.

Elevark 3 – Undersøgelser af solindstråling i lokalet

Elevarkets formål

I denne aktivitet arbejder eleverne med undersøgelses-kompetence samtidig med, at de skal få en forståelse for solhøjde og de forskellige årstiders betydning for indeklimaet.

Didaktiske overvejelser

Der er flere udfordringer i denne undersøgelse, og derfor vil eleverne formentlig blive frustrerede undervejs, og derfor have brug for støtte i processen.

Det er forventeligt, at eleverne i deres undersøgelser kommer i situationer, hvor de bliver i tvivl og skal tage stilling til, hvad der er det rigtige at gøre. Fx kommer eleverne sikkert til at overveje, om de skal måle vinklen fra lampens top eller lampens bund, når de indstiller solhøjden. Her er det vigtigt at høre elevernes



overvejelser (det rigtige svar er, at det ikke er vigtigt, så længe de gør det samme hver gang).

Det kan være en fordel, hvis I taler om, hvilke typer af resultater, eleverne forventer der kommer ud af undersøgelsen, inden de går i gang. Det er en god ide, for at undgå, at eleverne får pakket sammen og bagefter opdager, at de fx kun fik taget et billede og glemte at måle temperatur.

Husk også, at eleverne ikke får retvisende resultater, hvis de glemmer at medtage nabobygninger, træer og lignende, der kan skygge for solen.

Opsamling og pointer

- Forståelse for forskel i indstråling sommer/vinter
- Forståelse for, at forskel i indstråling både har betydning for lys og temperatur i rummet.

LEKTION 6-7



VÆLG ET LØSNINGSFORSLAG (15 MINUTTER)

1. Saml resultaterne for jeres forundersøgelser.
2. Hvad har undersøgelserne vist i forhold til:
 - luftens temperatur og CO₂-indhold i løbet af en undervisningsgang?
 - solindstrålingen i forhold til lys i løbet af året?
 - solindstråling i forhold til temperatur i løbet af året?
3. Vælg et løsningsforslag – i grupper:
Hver gruppe skal vælge, om de vil udvikle en teknologi, der kan spare på energibehovet i forhold til:
 - solstråling – sænkning af temperaturen om sommeren
 - luftens CO₂-indhold
 - (supplerende mulighed: opvarmning med solindstråling).
4. Timeout (5 min): Undervejs holdes en timeout, hvor der samles op på gruppernes valg af løsningsforslag.

Noter til læreren

Arbejdet med udfordringen er ikke specifikt stilladsret i materialet. Hvis du ønsker at stilladsere det stærkere, kan du udvælge øvelser fra engineering-metodekort, der passer til din klasse. I tilrettelæggelsen skal der afsættes ekstra tid hertil.

Det er særligt delprocesserne *Få ideer*, *Konkretisere* og *Konstruere*, der er relevante her – alle aktiviteterne hidtil har handlet om delprocesserne *Forstå udfordringen* og *Undersøge*.

Flere metodekort findes her: engineeringiskolen.dk

Forberedelse

Materialer:

- CO₂-sensor
- Hygrometer
- Termometer
- Klinometer.



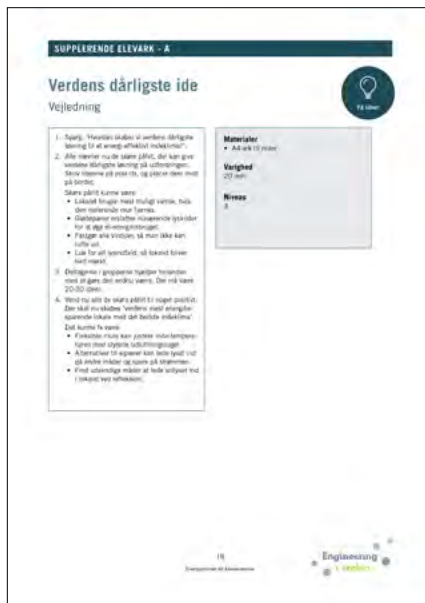
FÅ IDEER OG UNDERSØG (30 + 45 MINUTTER)

Når eleverne har valgt udfordring, skal de i gang med at udvikle en teknologisk løsning, som de kan teste på deres skalamodel. Det gør de ved at justere, bygge og tilbygge på deres model.

Supplerende elevark A

I det supplerende elevark kan nye ideer fremprovokeres, ved at tvinge hjernen til at tænke i radikale alternativer, nemlig verdens dårligste ide.

Supplerende elevark A – verdens dårligste ide



Elevarkets formål

At eleverne får flere, bedre ideer

Didaktiske overvejelser

Mulighed for at stilladsere elevernes ide-generering og fremprovokere nye, radikale ideer, som går i helt nye retninger, ved at forsøge sig med dårlige ideer, altså ideer, der løser udfordringen rigtig dårligt, og derefter vende de dårlige ideer til gode ideer.

Supplerende elevark B

I gruppen placeres alle ideerne på et ark efter, hvor godt de løser udfordringen i forhold til, hvor nemme de er at realisere.

Supplerende elevark B – Hvilken ide vælger vi?



Elevarkets formål

At udvælge de ideer, der bedst løser udfordringen.

Didaktiske overvejelser

Mulighed for at stilladser elevernes ideudvælgelse, vurdere ideernes evne til at løse udfordringen og samtidig overveje, hvor lette ideerne er at konstruere i praksis.

Noter til læreren

Eleverne skal også være klar til, at deres løsning ikke fungerer, som de havde tænkt, og at de kan blive nødt til at lave en helt ny model.

LEKTION 8-9



PROTOTYPE (2 X 45 MINUTTER)

1. Uddel elevark 4.
 2. Eleverne konstruerer og forbedrer prototypen hen imod en løsning, der lever op til kravene.
 3. Læreren kan med fordel gentage krav til prototype og til præsentation (er gentaget i slides).
 4. Timeout: Lav en timeout ca. midtvejs, hvor eleverne præsenteres for de spørgsmål, de skal forholde sig til ved den afsluttende præsentation. Det giver dem bedre mulighed for at reflektere over processen og de valg, de har taget undervejs.
- Hvilke forbedringer ville I arbejde med, hvis I havde mere tid?
 - Hvad var det sværeste at konstruere?
 - Var der materialer, som I savnede i delprocessen *Konstruere* – hvilke og hvorfor?
 - Oplevede I udfordringer i jeres samarbejde?
 - Er der forskel på jeres skitse og den endelige prototype – og hvis der er: hvad og hvorfor?

Noter til læreren

Fortsat åben og iterativ proces, hvor lærerrollen skifter til en mere faciliterende og stilladserende karakter. Rækkefølgen af elevernes undersøgelser kan ikke forudsiges, og går grupper i stå, kan læreren stille stilladserende spørgsmål, der hjælper eleverne uden at give dem svar, men i stedet lægger op til, at de selv motiveres til at gå videre.

Under konstruktion og forbedring kan læreren hen-vise til at gentage tidligere processer for at forbedre prototypen.

Læreren kan benytte forskellige typer af elevstilladserende hjælpespørgsmål – åbne spørgsmål, der hjælper eleverne på vej, mens de bevarer gejst og ejerskab og føler maksimal frihed, fx:

- Kan I bygge det, som jeres skitse viser på nuværen-de tidspunkt, eller kræver det forbedringer?
- Lever prototype op til kravene, eller skal der mere til?
- Har I brug for ny viden for at komme videre herfra?
- Har I tænkt over, hvordan I vil præsentere jeres prototype for klassen?



Elevark 4 – Udvikling af energioptimerende løsning

Elevarkets formål

Nu skal eleverne i gang med at forbedre klasseværelsets indeklime med ikke-energikrævende løsninger. Mind løbende om den overordnede klimaudfordring, og om koblingen mellem lokalets indeklime, skolens energiforbrug, og skolens bidrag til klimagas-udledning.

... FORLØBSGENNEMGANG

Didaktiske overvejelser

Dette er en meget dynamisk proces, hvor der ikke er en rigtig rækkefølge.

- Hvis eleverne ikke har prøvet det før, kan de have brug for hjælp til at holde fokus på opgaven, og læreren kan med fordel stilladsere eleverne omkring processen, ved fx at spørge ind til, hvilken delproces elevgruppen befinder sig i.
- Der er vedlagt supplerende slides til stilladsning af elevernes ideprocesser (supplerende elevark A og B)
- Hvis læreren ønsker mere hjælp til at stilladsere elevernes engineering designproces, anbefales metodekortene, som findes her: <https://engineerthefuture.dk>

Opsamling og pointer

- Det er meningen, at grupperne oplever fremgang og forbedring af deres prototype, henimod en løsning, der løser udfordringen og lever op til kravene.
- Midtvejs er det en god ide at præsentere krav til præsentationen.

LEKTION 10



PRÆSENTATION (45 MINUTTER)

1. Elevgrupperne præsenterer deres produkt og proces
2. Forslag til præsentationsformer og typer:
 - Video-pitch med nærbilleder
 - Demonstration på skolen
 - Præsentation for skoleleder
 - Præsentation på klassen med gruppevis feedback.

Hjælp til video-pitch

- I skal argumentere for, hvordan jeres løsning løser den overordnede problemstilling – herunder hvilke designvalg I har gjort undervejs
 - I skal forklare, hvordan modellen med teknologiske løsninger er en del af løsningen.
3. Eleverne udfylder logbog for præsentationslektionen.

Noter til læreren

Eleverne kan lave en video-pitch af deres prototype. Inden eleverne går i gang med at lave deres video, er det vigtigt, at de snakker kravene til videoen igennem i klassen.

Det er ikke de filmtekniske virkemidler, der er i fokus, men derimod budskaberne i formidlingen. Det kan dog motivere at forestille sig en særlig målgruppe, fx skolens bestyrelse, forældrerådet eller borgmesteren.

Afrunding af forløbet

Forløbet afrundes med dialog og evaluering. Igangsæt fx en diskussion af engineering-udfordringen om handlekompetence ift klima på et mere overordnet niveau, med udgangspunkt i elevernes nye erfaringer.

Supplerende slides

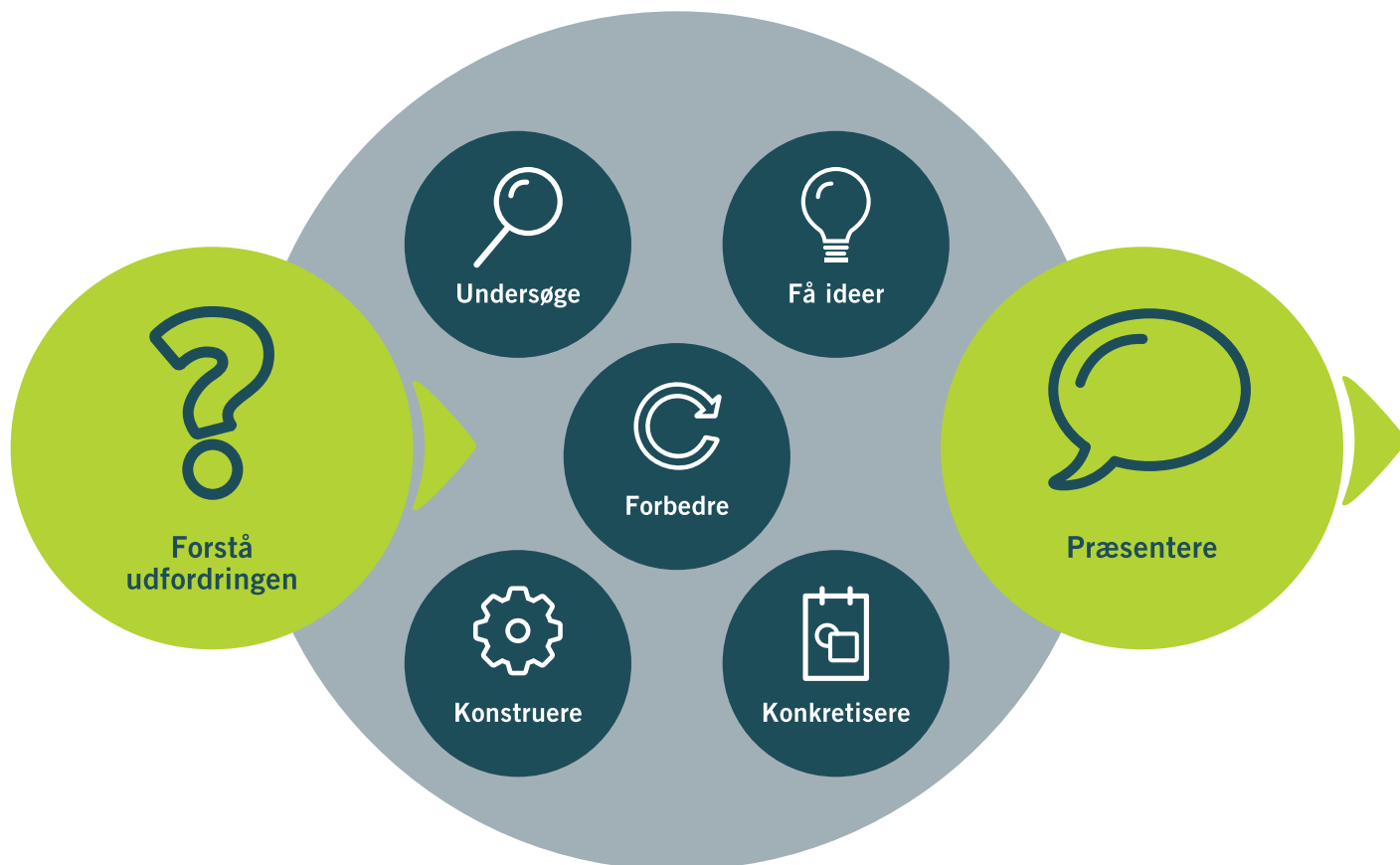
Der er to supplerende slides sidst til sidst i slideshowet:

- Verdens dårligste ide
- Hvilken ide vælger vi?



Engineering designprocessen

Læs mere om engineering på www.engineeringiskolen.dk



Engineering-baseret klimaundervisning er et samarbejde mellem Engineer the Future og Københavns Professionshøjskole, finansieret af VILLUM Fonden.