

# KRAFTVARMEVÆRKET

Bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan



Sammen gør vi det bedre





*Flis er en mere bæredygtig energikilde end kul og olie, fordi den  $\text{CO}_2$  som frigives ved forbrændingen, er optaget for nylig gennem fotosyntesen (se diskussion af bæredygtighed s. 10).*

## INDLEDNING

Sammen gør vi det bedre - overskriften på det hæfte du sidder med nu, kommer fra en tro på, at sammen kan vi løfte de faglige udfordringer, der ligger i den nye naturfagsprøve. Helsingør Kommune og Forsyning Helsingør har, i samarbejde med medarbejdere på de lokale værker og lærere fra lokale skoler, udarbejdet et forløb, der er lige til at bruge i din daglige undervisning.

Vi inviterer elever og lærere med indenfor på værkerne, så der kommer sammenhæng mellem teori, forsøg og virkelighed. Vi kalder det Walk the Science. Selv om materialet er rettet mod de fællesfaglige prøver, kan det også bruges i den almindelige undervisning.

For at I får det fulde udbytte, er det vigtigt, at man er inde i materialet og specielt rundvisningen, da der vil være steder, du som lærer har ansvaret for det, der skal foregå. I viser nemlig rundt sammen, så den traditionelle opdeling mellem vært og besøgende opløses...

Vi håber, at alle får en god oplevelse på Forsyning Helsingørs værker, og at besøgene bidrager til den faglige forståelse i klasseværelset - for sammen er vi bedre.

Med venlig hilsen

**Marianne Thomsen og Kasper Vejlgård, lærere i Helsingør Kommune og  
Claus Bo Frederiksen, seniorkonsulent for Forsyning Helsingør A/S**

Eventuelle spørgsmål til besøgene rettes til Forsyning Helsingør  
(se booking side [www.fh.dk/WTS](http://www.fh.dk/WTS)).

Hvis du har forslag eller kommentarer til indholdet i hæfterne, så skriv til Sunrid på [sfj@fh.dk](mailto:sfj@fh.dk) og skriv Walk the Science i emnefeltet.



*På travle dage ankommer der 35-40 lastbiler hver med 90 kubikmeter flis. Flisen kontrolleres for vandindhold og læses af i modtagegraven som medarbejderne kalder "pitten". Læg mærke til transportbåndet i bunden af graven.*



*I soldhuset knuses de største stykker flis og en elektromagnet sørger for at rester af jern, cobalt og nikkel sorteres fra, så de ikke ødelægger transportbånd og andre mekaniske dele.*

# INDHOLD

---

Sådan bruger I materialet .....	6
Oversigt over forløbet (før-under-efter).....	7
Læringspipeline .....	8
Hvorfor arbejde med energiforsyning? .....	9
F1: Er det bæredygtigt? .....	10
F2: Styr på energiformer og begreber .....	11
F3: Biosfære – fra strålingsenergi til kemisk energi .....	12
F4: Brændselstyper .....	13
F5: Afbrænding af flis - og andre materialer .....	15
F6: Omdan andre energiformer til elektricitet .....	16
F7: Nyttevirkning .....	17
F8: Kraftvarmeværket .....	19
F9: Forbered besøget .....	21
F10: Forbered besøget 2 - model af værket .....	22
U1: Dampmaskinen .....	23
U2: Generatoren .....	24
E1: Ny model af værket .....	25
E2: Energipil.....	26
E3: Fremstilling af andre bæredygtige brændsler - biogas .....	27
E4: Forurening er global .....	28
E5: Klimaudfordringer .....	29
E6: Præsentation og feedback på løsninger .....	30
E7: Begrebsoversigt og energiformer - opsamling på F2.....	31
E8: Evaluering .....	32
Fakta-side HØK .....	33
Ideer til det videre arbejde med fokusområdet .....	34

# SÅDAN BRUGER I MATERIALET!

---

## Mest til eleverne

I skal nu arbejde med bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan. Brug tid på, sammen med jeres lærer(e), at snakke om, hvad I skal lære, og om I skal have en særlig vinkel på emnet ud over det, som materialet lægger op til.

I skal besøge flis-værket **Helsingør Kraftvarmeværk (HØK)** på Energivej, men først skal I igennem en del aktiviteter, som gør jer i stand til at få rigtig meget ud af besøget. Når I er afsted, så lyt godt efter - stil rigtig gode spørgsmål - og frem for alt tag fantastiske noter. Man kan ikke huske så meget, som man tror, når man først er tilbage i klasseværelset.

Efter besøget skal I igen lave aktiviteter, hvor I skal bruge det, I har lært. Så husker I det nemlig bedst.

I kan hele tiden holde styr på, hvor i forløbet, I er, ved at gå tilbage og se i "læringspipelinen" eller forløbsoversigten. Husk, at jeres lærer kan have valgt aktiviteter fra og valgt andre til. På side 9 kan du læse mere om, hvorfor det er vigtigt at lære mere om energi!

God fornøjelse.

## Mest til læreren

En mere udførlig indføring i tankerne bag materialet findes i lærervejledningen til materialet, som kan hentes på [www.fh.dk/wts](http://www.fh.dk/wts)

Her finder du også videomateriale og elevhæfter til besøgene.

Materialet er bygget op omkring FØR-UNDER-EFTER besøget. Der er mål og aktiviteter til alle tre dele.

For at I får det optimale udbytte af rundvisningen, er det vigtigt, at du som minimum har sat dig ind i flowet i rundvisningen. Der vil være steder, hvor rundviseren forventer, at du er "på" med fagligt indhold (røde hotspots).

Vi anbefaler også, at du har sat dig ind i læringsmålene - og diskuteret dem med eleverne - da de er styrende for besøg, aktiviteter og forskning. Læringsmålene kan desuden opgives, hvis du anvender dette tværfaglige materiale som udgangspunkt for et af de fælles faglige fokusområder.

# OVERSICHT OVER FORLØBET (FØR - UNDER - EFTER)



## FARVEKODER

- Aktiviteter, der skal laves på skolen inden besøget
- Aktiviteter, hvor rundviseren fortæller under besøget
- Aktiviteter, hvor lærer og elever er ekstra aktive under besøget
- Aktiviteter, der skal laves, når man er tilbage på skolen efter besøget

## LÆRINGSMÅL PIPELINE:

### Før:

- 1-2. Fagligt fokus:** Bæredygtighed og begrebsafklaring ift. energi.  
**Aktiviteter:** Fælles diskussion og definition af bæredygtighed, mindmap over "energi".
- 3-5. Fagligt fokus:** Dannelse og afbrænding af flis og andre stoffer.  
**Aktivitet:** Biosfære/fotosyntese, undersøgelse af brændselstyper, afbrænding af flis mm.
- 6-8. Fagligt fokus:** Induktion, nyttevirkning og kraftvarmeværkets opbygning.  
**Aktiviteter:** Undersøgelser af induktion og nyttevirkning samt faglig læsning.
- 9-10. Fagligt fokus:** Helsingør som klimakommune og forberedelse af besøg.  
**Aktiviteter:** Informationssøgning, flow-puslespil mm.

### Under:

- 1. Fagligt fokus:** Energiomdannelsen i dampmaskinen som model af flis-værket.  
**Aktivitet:** Kørsel med dampmaskine, identifikation af energiomdannelser.
- 2. Fagligt fokus:** Dampmaskinen og kobling til induktion.  
**Aktivitet:** Kørsel med model af generatoren.

### Efter:

- 1. Fagligt fokus:** Overblik over de forskellige flow i værket.  
**Aktivitet:** Flow-puslespil genbesøgt.
- 2-3. Fagligt fokus:** Grundlaget for produktion af biomasse.  
**Aktiviteter:** Faglig læsning om energipil og undersøgelse af produktion af biogas.
- 4. Fagligt fokus:** Forurening og det globale vindsystem.  
**Aktivitet:** Faglig læsning og undersøgelse af vindforhold i DK.
- 5-6. Fagligt fokus:** Identifikation af udfordringer ift. energi, fremlæggelser af nyerhvervet viden.  
**Aktiviteter:** Videofremstilling, feedback og noter til evt. afgangsprøve.
- 7-8. Fagligt fokus:** Evaluering, endelig begrebsafklaring.  
**Aktiviteter:** Nyt mindmap og sammenligning.



## HVORFOR ARBEJDE MED ENERGIFORSYNING?

---

Verdens energiforbrug stiger og stiger - og det samme gør vandstanden i havene. Den globale opvarmning forårsaget af forbrænding af fossile brændstoffer medfører uheldige konsekvenser for mange mennesker, dyr, planter og alt andet levende overalt på kloden.

Vores moderne samfund kan dog ikke eksistere uden energi og i takt med at store lande som Kina og Indien udvikler sig og mange dér heldigvis får en højere levestandard, vil det behov kun stige. Derfor er der behov for mere bæredygtige løsninger til produktion af energi i form af el, varme, transport mm. Men hvad betyder bæredygtighed - og hvad er bæredygtigt? Det er der langt fra enighed om!

Folketinget har forpligtet Danmark til Paris-aftalen fra 2015. Det betyder, at vi sammen med de øvrige EU lande skal reducere udledningen af CO<sub>2</sub> med 40% i 2030 i forhold til 1990. Målsætningen er at holde den globale temperaturstigning under 2 grader. Derudover har et stort flertal i Folketinget vedtaget at reducere Danmarks CO<sub>2</sub> udledning med 70% før 2030 og at udledningen skal være klimaneutral i 2050, for at bidrage til at den globale temperatur ikke stiger mere end 1,5 grader. Mens der er stor enighed om målet, kniber det mere med at blive enige om vejen dertil. Er det el-biler? Eller biogas? Eller skal vi drømme om, at ny teknologi kan løse det hele "om lidt"?

Det skal DU være med til at bestemme meget snart! Derfor er det vigtigt, at du har viden om energi og nogle af de produktionsformer, som vi benytter nu. Forsyning Helsingør mener, at det nye flis-værk på Energivej (HØK) er et skridt på vejen til en CO<sub>2</sub>-neutral og bæredygtig energiforsyning. Derfor kigger vi i dette materiale nærmere på de processer, der foregår i værket og følger flisens vej fra spire til forbrændingsprodukter.

Du skal også lave en masse undersøgelser og beregninger og forhåbentlig blive klogere på de forskellige energiformer og omdannelser - energi kan nemlig ikke opstå eller forsvinde - så hvordan kan vi snakke om, at vi "bruger" energi? Til sidst i forløbet skal I bruge jeres nye viden til at designe lokale løsninger til de mange udfordringer.



*Her bliver omdannet en del energi.*

## ER DET BÆREDYGTIGT?

---

Begrebet bæredygtighed bruges i mange sammenhænge og i mange forskellige betydninger.

Vi snakker om økonomisk bæredygtighed, social bæredygtighed, bæredygtig grøn omstilling, bæredygtig udnyttelse af ressourcer, bæredygtig energiproduktion osv. I Brundtlandrapporten fra 1987, som blev udarbejdet af en kommission under FN, behandles bæredygtighed på globalt plan. I den defineres bæredygtighed som en udvikling, der ikke forringer fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i forhold til os.

Men der er stor uenighed om, hvad det betyder!

Nogen hævder, at hvis man blot skaber økonomisk og social vækst i samfundet, så giver det bedre muligheder for fremtidige generationer og dermed er det fx bæredygtigt at brænde regnskov af, hvis menneskene får en højere levestandard. Andre mener, at det kun er bæredygtigt, når naturgrundlaget ikke forringes og at en bæredygtig udvikling derfor ikke må medføre lavere biodiversitet, ringere jordbund eller øget forurening.

### Opgave

Diskutér i grupper, hvad I mener, der er bæredygtigt ud fra Brundtland rapportens definition. I kan bruge udsagnene nedenfor:

Er det bæredygtigt at ...

- ... brænde olie af, hvis det giver økonomisk overskud og dermed mere rigdom til vores børn?
- ... smide affald i skoven, hvis det optages helt af planter, dyr og mikroorganismer på 20 år?
- ... plukke en blomst ved vejen, hvis den ikke kommer igen?
- ... brænde træ af, hvis det kun laver en smule affald, der skal nedgraves og man i øvrigt planter nyt?
- ... find selv på flere (og gerne nogen, som der ikke er et enkelt svar på).

Bliv enige i klassen om en definition!



*Hvilket syn på bæredygtighed formidler dette billede?*

## STYR PÅ ENERGIFORMER OG BEGREBER #1

For at få glæde af hele dette materiale er det vigtigt at repetere eller få helt styr på begreberne, der knyttes til energi - og særligt de 7 energiformer. I skal fremstille en begrebsoversigt med udgangspunkt i begrebet energi. Opgaven er en gruppeopgave og det er vigtigt, at I taler sammen undervejs.

På et blankt stykke A3-papir eller gerne større starter I med at skrive "Energi" som overskrift.

**1** Opskriv de 7 energiformer<sup>1</sup> i hver sin boble (med god plads både inde i boblerne og udenpå). Kom for hver energiform med eksempler på energiformen inde i boblen. Fx energiformen "kemisk energi" og et eksempel "benzin". Hvis I har flere eller færre end 7, så snak om hvad der mangler - eller hvad der er for meget - måske har I den samme energiform to gange med forskellige navne. Gå videre, når I er enige.

**2** Nu skal der tegnes pile mellem energityperne, hvis de kan omdannes til hinanden. Hver pil skal følges op af en argumentation/forklaring i en firkantet tekstboks. Skriv hvad processen hedder, hvis I kender navnet. Fx kan benzin (kemisk energi) omdannes til bevægelse (kinetisk energi) ved en proces vi kalder "forbrænding". Det er ikke et mål at få mange pile, men at få mange forskellige omdannelser på. Hvis I er skarpe, kan I måske lave et par energikæder (hvor energien omdannes i flere trin) på bagsiden.

**3** Find nu de pile, hvor vi mennesker har gavn af eller bruger omdannelserne. Hvis processerne bidrager til forurening, så giv pilene en særlig farve og prøv i nogle tankebobler at komme med små bud på, hvordan vi kan ændre/begrænse processen. Der er mange udfordringer - og I må gerne huske dem til senere!

**4** Ude i højre side af tegningen skriver I alle de begreber, I kender, der handler om energi, og som I endnu ikke har på jeres begrebsoversigt. Prøv om I kan flette nogen af dem ind - ellers lad dem stå til senere.

Her kan I se et eksempel på, hvordan papiret kan komme til at se ud:



1) Vi skelner mellem de to former for mekanisk energi - ellers skal der kun være 6 energiformer.

## BIOSFÆRE - FRA STRÅLINGSENERGI TIL KEMISK ENERGI

---

Formålet med forsøget er at undersøge fotosyntese i en lukket biosfære.

- Sæt to grønne planter fx bregner i en tætsluttende plastbiosfære.
- Monter  $\text{CO}_2$  - og ilt-sensor og tilslut dataloggere, og stil det et solrigt sted.
- Opstil en hypotese, for hvad I tror, der kommer til at ske med koncentrationen af  $\text{CO}_2$  og  $\text{O}_2$  i den afgrænsede atmosfære i forsøget over en periode på mindst 24 timer og gerne over flere døgn.
- Aflæs dataloggerne efter nogle dage, og forklar udsvingene i kurverne.
- Fremlæg jeres resultater for hinanden eller diskutér i klassen.
- Repetér fotosyntesen på nedenstående link (indholdet er på passende fagligt niveau, selv om det er lavet til natur/teknologi):  
[www.skoven-i-skolen.dk/content/fotosyntese?](http://www.skoven-i-skolen.dk/content/fotosyntese?)



*Når planterne laver fotosyntese, omdannes energien i det synlige sollys til kemisk energi i form af glukose, som planten bruger til at få energi og til dannelse af byggeklodser (cellulose). På flis-værket frigives den kemiske energi igen i form af varme og lys.*

Se også denne korte og rigtig gode video om respiration på nedenstående link:  
[www.youtube.com/watch?app=desktop&v=VTSn945bkH4](http://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=VTSn945bkH4)

Se eventuelt denne korte film om  $\text{CO}_2$ , kul og ilt i balance:  
[www.youtube.com/watch?v=KPgDjoUeiK4](http://www.youtube.com/watch?v=KPgDjoUeiK4)

---

2) Vi takker for tilladelse til at linke til det udmærkede materiale på [www.skoven-i-skolen.dk](http://www.skoven-i-skolen.dk)

## BRÆNDELSTYPER

---

Flis er kun én af mange forskellige brændselstyper, der kan bruges til at producere varme og elektricitet - og det er langt fra den mest benyttede.

I skal nu sammen danne jer et overblik over, hvilke brændselstyper der ellers er, og hvad der er af fordele og ulemper ved dem. Det kan være en god idé først at få lidt viden om vores energifordringer på nedenstående sider:

DTU har lavet projektet CASE, hvor I kan læse om energi her:

[www.energi.case.dtu.dk](http://www.energi.case.dtu.dk)

I kan også læse om mange af de forskellige typer brændsel på dette link:

[www.fjernvarmeskolen.dk/Opg-4---Brændselstyper.470.aspx](http://www.fjernvarmeskolen.dk/Opg-4---Brændselstyper.470.aspx)<sup>3</sup>

... og se denne korte film om dannelse af kul og olie:

[www.youtube.com/watch?v=j9WRFqkhgus](http://www.youtube.com/watch?v=j9WRFqkhgus)



*Flisen transporteres fra 5-dages tankene op til dagtankene lige over kedlen. En "dag"-tank rummer flis til 1½ times drift. De sjove "hætter" er eksplosions-sikring af transportbåndet, hvis flis-støvet selvantænder.*

---

3) Tak til fjernvarmeskolen.dk for at lade os linke til deres udmærkede materiale.

De allerfleste er enige om, at afbrænding af fossile brændsler som kul og olie ikke er bæredygtigt. Men der er mange fordele ved at anvende kulbrinte-baseret brændstof. Når I laver opgaven så husk på, at der er fordele og ulemper ved alle energikilder.

### Opgave

Lav et skema som nedenstående. I skal finde flere end dem, vi har skrevet op til jer og gerne afstemme reaktionsligningerne.

Brændselstype	Reaktionsligning	Fordele	Ulemper
Kul	$C + O_2 \rightarrow$		
Træ	$(C_6H_{12}O_6)_n + O_2 \rightarrow$		
Benzin	$C_7H_{16} + O_2 \rightarrow$		

Når I har udfyldt det, så overvej hvilke af dem, vi skal satse på fremover. I kan overveje at gemme valget, til I har lavet den næste øvelse F5.

Kig på jeres reaktionsligninger.

- Hvad er det nu, der er den store udfordring ved afbrænding af fossile brændstoffer?
- Hvorfor er der et større problem med fossile brændstoffer, når træflis udleder samme "problematisk" gas?



Skorstenen på HØK. Røgen renses så grundigt, at det stort set kun er  $CO_2$  og lidt vanddamp, der udledes til atmosfæren.

## AFBRÆNDING AF FLIS - OG ANDRE MATERIALER



I skal undersøge, hvor meget energi forskellige materialer kan afgive ved afbrænding.

- Sæt en kolbe med 100 ml vand over et afbrændingskar (fx en gryde).
- Mål temperaturen i vandet.
- Læg 5 gram TRÆFLIS i afbrændingskaret, og antænd det. Her skal I være særlig opmærksomme, da I arbejder med materiale, der brænder.
- Når materialet er brændt ud, måler I temperaturen på vandet igen og noterer temperaturstigningen.
- Vej hvor meget flisen vejer nu. Pas på det kan være varmt.
- Gentag forsøget med andre materialer (fx vådt træ, pap, sprit - læreren skal godkende jeres valg).
- Hæld nyt vand i kolben, så I har samme starttemperatur. I kan også have flere afbrændinger kørende samtidig.

Forslag til et skema, I kan lave til resultaterne:

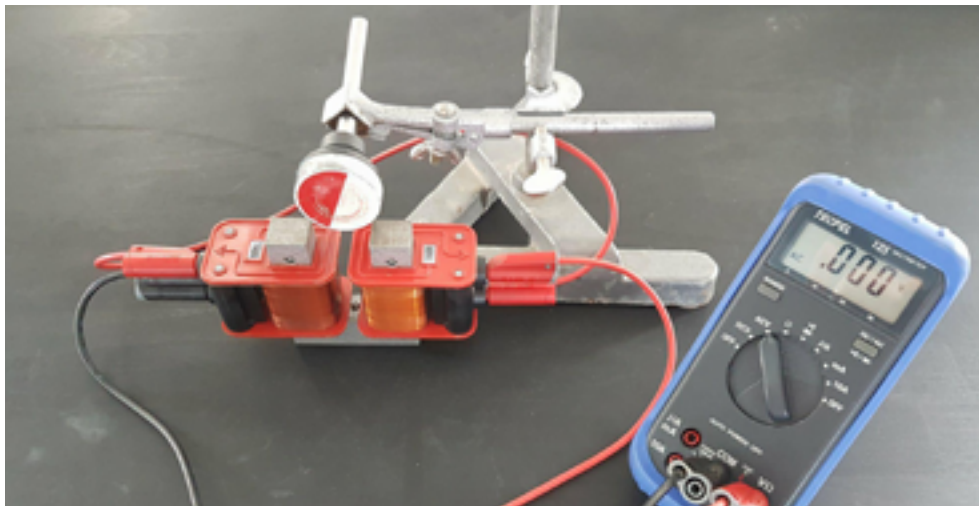
Materiale	Vægt - start	Temperatur - start	Vægt - slut	Temperatur - slut

Sammenlign temperaturstigninger og vægttab på de forskellige materialer. Hvorfor er det vigtigt at have samme starttemperatur?

Enheden for energi er Joule (J). Hvis I gerne vil lege med matematikken bag denne form for fysik, kan I kigge på beregningerne i F7 om nyttevirkning. Der er dog mange ekstra ting, som I skal have styr på undervejs (fx grydens og kolbens varmekapacitet mm.).

Formålet med undersøgelsen er at se på omdannelsen af andre energiformer til elektrisk energi.

Start med en hypotese, se på billedet - hvad vil der ske, når man drejer magneten og hvorfor?



Byg en generator ved hjælp af to spoler med 1600 vindinger, U-kerner, en rund magnet på et drejeleje og ledninger. Forbind spolerne med et multimeter. Multimetret sættes til vekselstrøm (AC) og skal vise spænding (V).

Drej magneten og se hvad der sker. Passede jeres hypotese? Hvorfor - hvorfor ikke? Hvor mange forskellige energiformer har været i spil under jeres undersøgelse? Tilslut en glødepære (fx 1,5 V; 0,09A) i stedet for multimetret og prøv med forskellige opstillinger. Undersøg hvordan og hvor kraftigt I kan få pæren til at lyse med en motor! Forsøg eventuelt også at få magneten til at dreje ved hjælp af en vandturbin, en vindmølle eller noget helt tredje. Prøv hele tiden at opstille hypoteser, før I afprøver.

På et kraftvarmeværk fyrer man med mange forskellige brændselskilder, og omdanner vand til damp, som driver en turbine, der ved hjælp af en generator laver elektricitet. Restvarmen bliver brugt til fjernvarme.

Hvilke forskellige energiformer er i spil på kraftvarmeværket? I kan vende tilbage til denne opgave efter øvelse E1 på s. 25

Hvis I vil repetere mere om energiomdannelser og energikæder, så kan I bruge linket nedenfor: [www.phet.colorado.edu/da/simulation/energy-forms-and-changes](http://www.phet.colorado.edu/da/simulation/energy-forms-and-changes)

Sæt flueben i feltet "energi-symboler", så I kan se de forskellige energiformer, der er i spil.



## NYTTEVIRKNING

Nyttevirkning er et udtryk for, hvor stor en del af den omsatte energi, som vi får nytte af.

Tænk fx på en bil, der skal køre fra Hornbæk til Tikøb. Nytten består i at flytte bilen, men undervejs bliver der dannet varme i dækkene, skabt turbulens i luften omkring bilen, varme i motoren (som delvist udnyttes til at varme bilen op indvendigt) og støj mm. Al den energi, som ikke omdannes til bevægelsesenergi er "tabt". Nyttevirkning siger altså noget om, hvor effektiv energiomdannelsen er.

I moderne forbrændingsmotorer, som den i bilen, omdannes ca. 30-40% af energien til bevægelsesenergi. Man siger, at nyttevirksomheden eller virkningsgraden er 30-40%. På et kraftvarmeværk er nyttevirksomheden over 90%, da man både udnytter den fremstillede strøm OG sender varmen ud i fjernvarmenettet, hvor den gør nytte.



*Vi udnytter langt under 50% af den kemiske energi i benzinen til at skabe fremdrift - selv i de bedste motorer.*

### Undersøgelse

- Fremstil en dyppekoger af 20-40 cm kanthaltråd (0,25mm)
- Mål eller aflæs spænding (U) og strøm (I) og beregn derefter effekten (P):  $P = U \cdot I$
- Tag tid på, hvor lang tid (t) målt i sekunder, det tager at varme 50-100 ml vand 10 grader op i et lille bægerglas (mål vandmængden meget præcist)
- Beregn den tilførte energi ( $E_{ind}$ ) således:  $E_{ind} = P \cdot t$
- Beregn hvor stor en del af energien, der er gået til vandopvarmning ( $E_{ud}$ ):  
Vands specifikke varmekapacitet er  $C = 4,2 \text{ J/g/grad celsius}$ . Det betyder, at der skal bruges 4,2 Joule til at varme et gram (som for vands tilfælde er det samme som 1 ml) netop én grad op. Kender man mængden af vand samt temperaturstigningen, kan man beregne den tilførte energi:

$$E_{ud} = \text{vandmængde i gram} \cdot \text{varmekapaciteten} \cdot \text{temperaturstigningen} = m \cdot C \cdot \Delta T$$

- Nyttevirkningen kan nu beregnes ved at finde forholdet mellem  $E_{ud}$  og  $E_{ind}$  (får I mere end 100%, har I vendt divisionen forkert).

Angiv nyttevirkningen i procent.

$$\text{Nyttevirkning} = \eta = \frac{E_{ud}}{E_{ind}}$$

( $\eta$  er det græske bogstav "eta", som er symbolet for nyttevirkning)

Undersøgelsen kan udvides, så I prøver at re-designe forsøgsopstillingen. Opstil hypoteser for hvordan I kan øge eller sænke nyttevirkningen og gennemfør så undersøgelsen. Husk kun at ændre på en variabel ad gangen. Jeres lærer kan sikkert komme med gode ideer, hvis I ikke selv kan finde på noget.

Hvis I har lyst, kan I finde nyttevirkningen for forskellige energiomdannelser og sammenligne. I kan også kaste jer ud i at blive klogere på menneskets historiske søgen efter evighedsmaskinen (perpetuum mobile).



*Flis ankommer til Helsingør Havn. Tænk hvis man kunne opfinde en maskine, der kunne køre af sig selv og som vi kunne tappe energi fra! Så slap vi for at skulle skaffe brændstof.*

## KRAFTVARMEVÆRKET

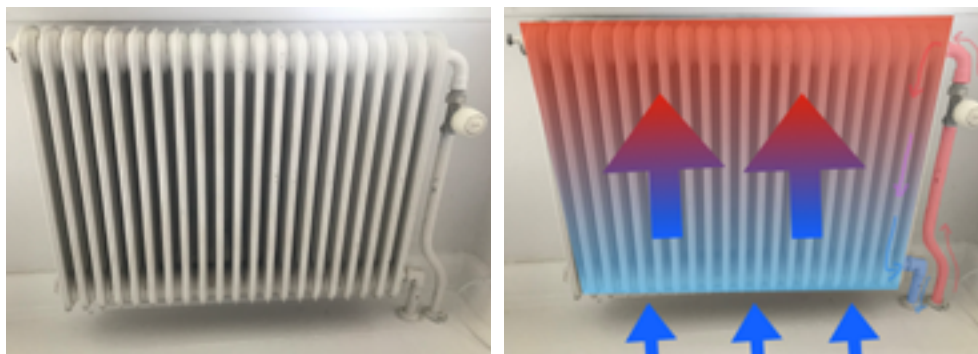
Nu vil vi prøve at tage jer igennem opbygningen af selve kraftvarmeværket og fjernvarmesystemet, men vi starter lige et helt andet sted:

Bl.a. andefugle og måger kan stå med helt nøgne fødder på isen. Man skulle tro, de dels kom til at fryse meget hurtigt og dels mistede så meget varme, at de hurtigt døde af afkøling (eller sult). Men kigger vi nærmere på blodårene i benene, får vi en forklaring på, hvorfor det ikke sker. Læs mere her: [www.fuglehaandbogen.dk/faar-fuglene-kolde-foedder/](http://www.fuglehaandbogen.dk/faar-fuglene-kolde-foedder/)<sup>4</sup>



Hvad har det med et kraftvarmeværk at gøre?

Det hele handler om **energitransport**! I kraftværket køles dampen efter el-turbinen af en varmeveksler, så trykforskellen på de to sider af turbinen bliver så højt som muligt. Også røggassen køles, så man undgår udledning. Disse køleprocesser udnyttes til gengæld til at holde jeres fødder varme om vinteren!



**Her er en anden varmeveksler, som de allerfleste af jer kender:**

Varmt vand løber ind i radiatoren ved termostaten (når det er koldt nok i rummet). Undervejs afgiver vandet varme til metallet, som giver varme-energien videre til luften. Det afkølede vand løber retur til fyret/fjernvarmeenheden og varmes op igen, mens luften i rummet bringes i cirkulation af varmen, så ny kold luft hele tiden varmes op af nyt varmt vand i radiatoren. Man bruger vand, fordi det er let tilgængelig, ufarligt og i øvrigt er en god energi-transportør (da det kan rumme store mængder energi pr. kg).

4) Vi takker "fuglehaandbogen på Nettet" [www.fuglehaandbogen.dk](http://www.fuglehaandbogen.dk) for tilladelse til at bruge deres gode materiale.



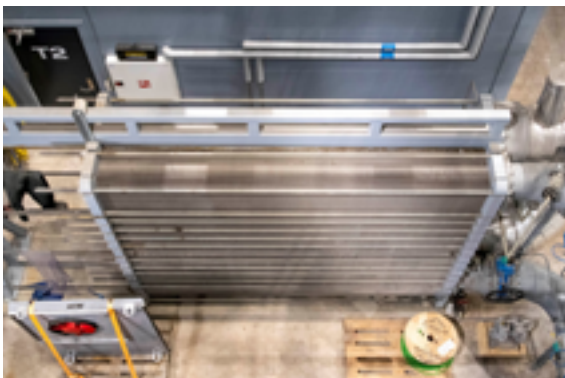
#### Forsimplet model af flis-værket

I den blå beholder til venstre fordampes vandet af energien fra flisen. Dampen ledes i turbinen (med lynet) og kondenseres i den anden blå beholder til højre. Varme fra røg og damp ryger i den grønne varmeveksler og sendes ud til forbrugeren.

På modellen ovenfor kan du se princippet i, hvordan varmevekslere og generatoren flytter energien fra forbrændingen i kedlen på ud til forbrugeren i form af el og varme.

I praksis er processen langt mere kompliceret! I Helsingør skal forbrugeren have sin egen varmeveksler på fjernvarmevandet, så vandet fra radiatorerne kører i eget lukket system og kun varmes op af energien fra fjernvarmevandet. Røgrensningen fremgår ikke af denne model.

Hvis I vil gå dybere ind i fjernvarmesystemet, kan I besøge [fjernvarmeskolen.dk](http://fjernvarmeskolen.dk), hvor I kan læse og se film om fjernvarmenettet og energiproduktion: [www.fjernvarmeskolen.dk/Forside.431.aspx](http://www.fjernvarmeskolen.dk/Forside.431.aspx)



Her ses en af de mange varmevekslere fra HØK. Varmevekslere er lavet af materialer, der er varmeledende og med så tynde vægge som muligt mellem de energibærende stoffer.



Varmen fra en brændeovn er dejlig og man kunne tænke, at det er en energigevinst at brænde træet af, der hvor man skal bruge varmen i stedet for at tabe noget af den på vej fra flis-værk til forbruger. Det ville også være rigtigt, hvis vi alle havde små generatorer og røgrensningsanlæg monteret derhjemme, som kunne fjerne de sundhedsskadelige partikler, udnytte varmen i røgen og producere el.

## FORBERED BESØGET

1. I har nu fået styr på, at kraftvarmeværket sender energi ud til jer og alle andre forbrugere. Nogle får kun leveret el, mens andre får både el og varmeenergi (fjernvarme). Men hvor meget energi bruger vi i Helsingør (varme, el, gas osv.)? Og hvor meget CO<sub>2</sub> udleder produktionen?

Det er både interessant og svært at dykke ned i og meget kommer an på, hvordan man regner. Men Helsingør Kommune har opgjort forbruget i nedenstående folder, hvor man både kan finde tal for energiproduktion og udledning (se tabellerne s. 5 og frem. Læg mærke til at CO<sub>2</sub>-udledningen er faldet kraftigt fra 2017-2019, hvor vi tog flis-værket i brug. Flisen "tæller" nemlig som CO<sub>2</sub>-neutral):  
[www.helsingor.dk/media/u3hlq52q/co2-kortlaegning-af-helsingoer-kommune-som-geografi-2019.pdf](http://www.helsingor.dk/media/u3hlq52q/co2-kortlaegning-af-helsingoer-kommune-som-geografi-2019.pdf)

Skal vi nå i mål med klimaudfordringerne, skal vi både producere mere bæredygtigt og begrænse vores energiforbrug (se aktivitet E5). På fakta-siden på s. 33 kan I finde tal for, hvor meget energi HØK producerer og prøve at sammenligne det med de tal, I finder i folderen.

Overvej til senere (E5-E6) hvilke udfordringer, vi står overfor, hvis vi skal begrænse CO<sub>2</sub>-udledningen og prøv at sætte tal på, hvor meget vi skal reducere fx til næste år.

2. Forsyning Helsingør har lavet en kort film om flisens vej fra ankomst til kedel. Den viser jer dele af værket, som det er svært at komme tæt på pga. jeres sikkerhed.

Se den gerne sammen i klassen:

[www.fh.dk/om-os/fornyelsen-af-helsingoer-kraftvarmevaerk/video-om-flisens-vej](http://www.fh.dk/om-os/fornyelsen-af-helsingoer-kraftvarmevaerk/video-om-flisens-vej)

3. Gennemgå folderen (besøgshæfte), som bruges under besøget og skriv eventuelle spørgsmål ind, som er dukket op i arbejdet med alle forberedelsesopgaverne (F1-F10):



Der er mange rør, beholdere, teknik, ventiler, transportbånd og meget andet, når I skal besøge HØK. Men I kommer til at gå flisens vej gennem anlægget og kan støtte jer til besøghæftet undervejs. Så hjælp hinanden og støt jer til læreren og rundviseren, så rækkefølgen kommer til at give mening for jer!



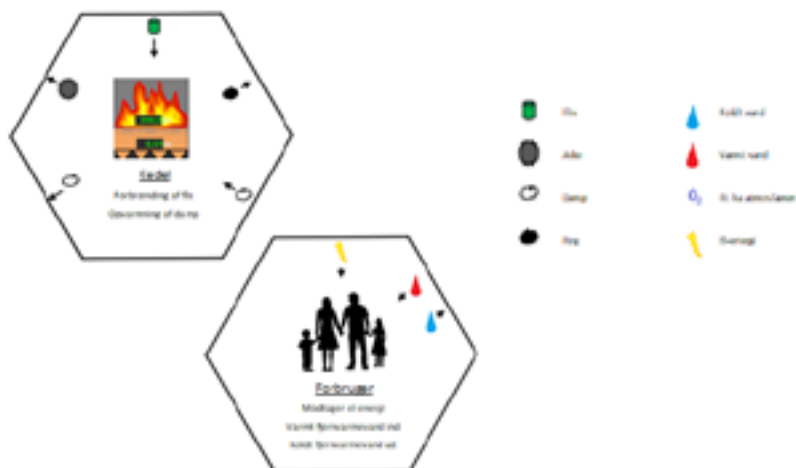
For at give jer endnu mere forhåndsviden, skal I nu prøve at sammensætte en forsimplet model af værket.

Modellen består af 20 sekskantede brikker, der hver især viser elementer af værket. Der er transport af vand, damp, strøm, røg osv. mellem brikkerne. I får brikkerne af jeres lærer - husk en saks.

### Opgave

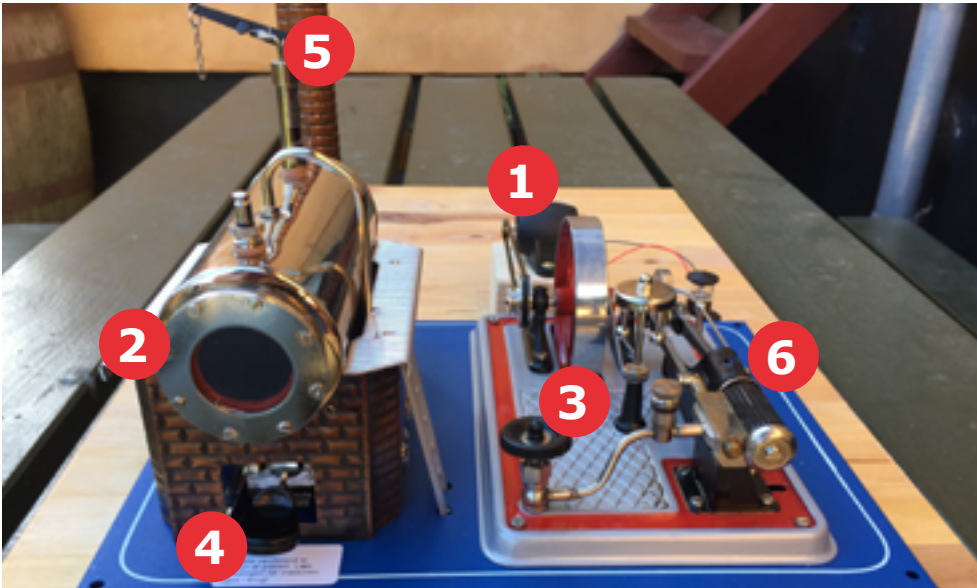
**I grupper på 3-4 personer:** Prøv om I kan få sat alle brikkerne sammen i en logisk rækkefølge - mange af dem støder op til flere brikker samtidig - så det er nærmest et lille puslespil.

Forklar for hinanden, hvad der foregår i de enkelte led - og tag et billede af jeres løsning! Det er ikke meningen, at I nødvendigvis skal kunne det hele endnu.



På HØK produceres der både fjernvarme og elektricitet.

I skal nu sammen med jeres lærer lave et modelforsøg, hvor damp driver en turbin, der laver elektricitet. Dampen kunne man kondensere i en varmeveksler og herefter sende energien ud som fjernvarme.



Se først på dampmaskinen og find følgende dele - skriv evt. nr. ud for delene:

- Vindue ind i kedlen så man kan se, hvor meget vand der er i.
- Sikkerhedsventil/fløjte på kedlen
- Brændeskuffe til sprittabletter
- Damphåndtag
- Stempel
- Generator

Selve forsøget:

Lidt sikkerhed først. Sørg for at hår og andet ikke kan komme ind i hjulet, når det drejer og pas på - det bliver varmt! Man brænder sig slemt på damp ift. kogende vand. Kontrollér at kedlen er mere end halvt fyldt med vand - hvis ikke så kom mere vand i.

Anbring 2 spritbriketter i brændeskuffen og antænd dem. Skub skuffen ind på plads under kedlen. Går hjulet ikke i gang, kan man skubbe lidt til det - pas på fingrene! Generatoren producerer jævnstrøm pga. en ensretter. Hvis pæren ikke lyser, drejer hjulet "den forkerte" vej.

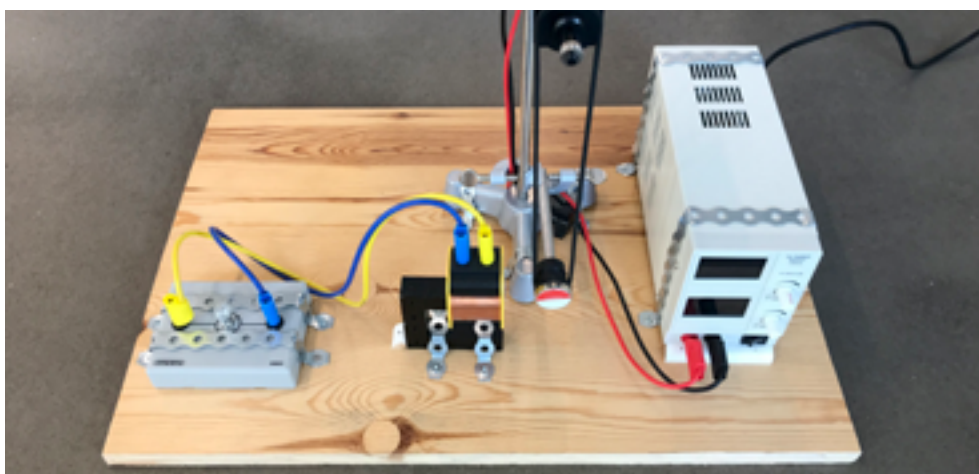
Når maskinen skal stoppes, tages brændeskuffen ud og er der mere tilbage af sprittabletterne, hældes de i en skål med vand. Under skorstenen er der en skuffe til kondensvand. Den tømmes og der ryddes op, så der ser pænt ud til næste hold.

Snak om, hvilke energiomdannelser, der sker - og hvor!

Når I har rodet med dampmaskinen, kan I se nærmere på dette modelforsøg, hvor vi "kigger ind" i generatoren.

Vær opmærksomme på følgende fordele og begrænsninger i modellen.

- Modellen leverer i modsætning til dampmaskinen vekselstrøm ligesom i virkeligheden.
- Modellen leverer kun én fase i modsætning til tre i virkeligheden.
- Magneten vil ofte være stator og vil i øvrigt være en elektromagnet, så man både kan lave en kraftigere magnet og slukke for magnetismen, når generatoren ikke kører.
- Modellen viser ikke, hvordan el-produktionen i samfundet tilpasses skiftende forbrug hen over et døgn og hen over året.
- **Find sammen på flere styrker og begrænsninger ved modellen, når I kommer hjem!**



Øverst: Turbinen ses til højre. I de blå kasser er gearet, der fører ind til generatoren.

Nederst: I dette tilfælde er magneten rotor og spolen stator. Strømforsyningen symboliserer kedlen, elmotoren symboliserer turbinen, magneten og spolen symboliserer generatoren og el-pæreren symboliserer forbrugeren.



## NY MODEL AF VÆRKET

---

På Flis-værket oplevede I de mange elementer af flisens vej "Live". Nu skal I prøve at sætte modelbrikkerne sammen igen, så I får mening med hele flisens vej, samt de elementer af røgrænsning mm. som vi har valgt ud.

Når I har lavet modellen, tager I et nyt billede og sammenligner med billedet fra før turen. Prøv også (igen) at forklare for hinanden, hvad der sker i de enkelte led. I må MEGET gerne bruge jeres noter fra besøget!

Når I er færdige, så snak om, hvad I har lært af besøget - og om der er ting, som I stadig har behov for at få styr på. I har sikkert også oplevet, at det var nemmere at forklare processerne efter besøget.

Til sidst laver I en fælles opsamling i klassen.

En af brændslerne man kan bruge i flis-værket er en bestemt type pil - nemlig energipil!

Jorden er inddelt i klimazoner og plantebælter - og det er bestemt ikke det samme, der kan vokse alle steder. Undersøg hvad energipil kræver for at have gode vækstbetingelser. I kan eventuelt bruge linket nederst. Undersøg hvilke klima og plantebælter der opfylder disse betingelser. I kan starte med at repetere hvilke klimazoner og klimabælter der er. Hvilke planter vil have gode betingelser de forskellige steder?

Lav et skema eller et dokument med følgende overvejelser:

Hvad giver optimale vækstbetingelser for energipil?	
Hvilken klimazone og plantebælte ligger Danmark i? Hvad giver det af dyrkningsmuligheder?	
Hvad kunne være alternativer til energi-pil, hvis man skulle dyrke energiafgrøder i Danmark?	
Bør man bruge landbrugsjord til dyrkning af energiafgrøder - eller skal vi bruge dem på fødevarerproduktion?	

### Information om energipil

Bliv klogere på energipil her:

[www.skovdyrkerne.dk/fileadmin/user\\_upload/Vest/dokumenter/publikationer/Skovdyrker-Tema%20Energipil.pdf](http://www.skovdyrkerne.dk/fileadmin/user_upload/Vest/dokumenter/publikationer/Skovdyrker-Tema%20Energipil.pdf)

Er Danmark et godt sted at dyrke energipil, eller skulle vi hellere satse på noget andet?



*Energipil dyrkes rundt omkring i Danmark, men udbyttet varierer med forhold og pleje.*

*Billede og link på denne side er venligst stillet til rådighed af Michael Gehlert fra Skovdyrkerne - se [www.skovdyrkerne.dk](http://www.skovdyrkerne.dk)*

## FREMSTILLING AF ANDRE BÆREDYGTIGE BRÆNDSLER - BIOGAS

Når organisk materiale ligger i naturen, bidrager mikroorganismene i jorden til at nedbryde materialet. Derved får de energi til deres livsprocesser og til at vokse<sup>5</sup>. Under iltfrie forhold producerer de en brændbar gas. Samles gassen i store mængder, kan man brænde den af og lave strøm og varme.

### Undersøgelse

Formålet med undersøgelsen er at omdanne kartoffel (kemisk bundet energi) til sumpgas (metan).

- Skær fire mellemstore kartofler (ca. 250 g med jord på) i tern på ca. 1-2 cm og bland lidt ekstra muldjord (10 – 20 g) sammen med ternene.
- Læg kartoffelblandingen i en 500 ml kolbe, og fyld lunkent vand i kolben uden at fylde kolben helt op.
- Sæt en prop med hul i på kolben, og forbind kolben med en slange.
- Skær bunden af en sodavandsflaske, neddyk den i vand og brug den som beholder til opsamling af biogassen. Ved start skal den være fuld af vand!!
- Tag et billede af opstillingen, så I kan sammenligne efter henstand.
- Lad opstillingen stå en uge ved stuetemperatur.
- Noter i et skema som ligner det nedenfor, hvad der er sket siden sidst.
- Påvis biogas (metan) ved at afbrænde den.

Billede fra starten af forsøget:	Billede efter en uge:
Hvad er forskellen:	
Gassen - hvad skete der?:	
<p>Perspektivering</p> <p>Hvor i naturen finder vi samme processer?</p> <p>Hvor kan vi finde lignende processer på Forsyning Helsingørs værker?</p>	

Hvis I vil udvide undersøgelsen, kan I begynde at eksperimentere med biogasfremstillingen. Hvordan kan man udføre forsøget med andre jordtyper, uden jord eller med adgang til ilt? Hvornår bliver det organiske materiale omdannet til CO<sub>2</sub> og vand, og hvornår bliver der dannet biogas? Husk at opstille hypoteser og lav kun ændringer på én variabel ad gangen.

5) Hvis I vil dykke dybere ned i bakteriers vækst og bakterietyper, kan I kigge i materialet til renseanlægget, hvor dette behandles mere indgående.

Forurening kender ingen landegrænser. Forureningen følger luften eller vandet der, hvor det bevæger sig hen. Når man afbrænder materiale og får energi ud af det, kan det ikke undgås, at der dannes stoffer, der kommer ud med røgen fra forbrændingen. Kraftvarmeværker i Danmark skal i dag rense deres røg for bl.a. nitrogen- og svovlforbindelser - det har ikke altid været tilfældet og er stadig ikke tilfældet i alle lande.

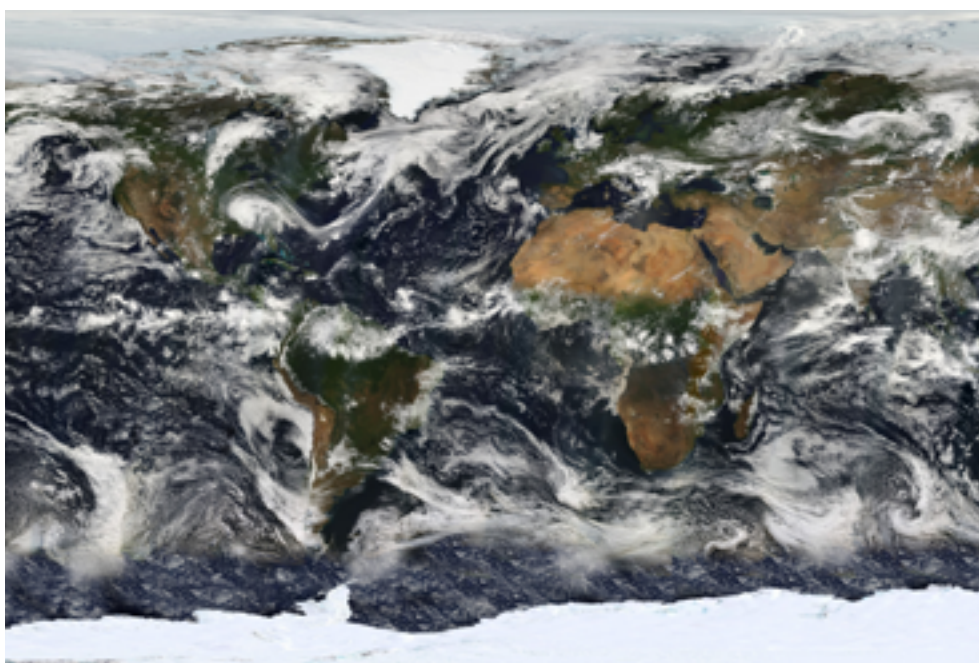


I skal se på de vindsystemer, der kan føre forurening til og fra Danmark. Hvordan opstår vind? Hvad er det globale vindsystem?

I kan undersøge det ved fx at læse på linket til Galathea:  
[www.virtuelgalathea3.dk/artikel/hvordan-opst-r-vinden](http://www.virtuelgalathea3.dk/artikel/hvordan-opst-r-vinden)

Lav så følgende opgaver (de to sidste kræver måske yderligere info-søgning):

- Tegn en model af, hvordan vind kan opstå!
- Hvilken vindretning er mest normal i Danmark - hvorfor?
- Hvor ville forureningen typisk blæse hen, hvis vi ikke rensede røgen?
- Hvilken miljøbelastende gas renses vi stadig ikke for?
- Hvilken forurening medfører afbrænding af nitrogen- og svovlforbindelser?



Læg mærke til de tydelige bælter både i skydække og vegetation.

Helsingør Kommune har siden 2009 været klimakommune. I december 2019 vedtog kommunalbestyrelsen en ny klima- og bæredygtighedsplan. Målet er at reducere udledningen af CO<sub>2</sub> til mindre end 1,7 ton per borger per år senest i år 2030 og at være CO<sub>2</sub> neutral i 2045 - 5 år før målet i Parisaftalen!

Der er lavet en overskuelig oversigt over 11 delmål til kommunens borgere, som I kan finde her: [www.klimahelsingor.dk](http://www.klimahelsingor.dk)

Vil I dykke ned i planen og se en lille film, kan man finde en mere udførlig beskrivelse her: [www.helsingor.dk/demokrati/strategier-og-politikker/planer/#accordion-Plan-for-Klima-og-Baredygtighed-20202030](http://www.helsingor.dk/demokrati/strategier-og-politikker/planer/#accordion-Plan-for-Klima-og-Baredygtighed-20202030)

Kommunen har fået vurderet handleplanen i forhold til det landsdækkende projekt DK2020 og fået planen godkendt. Projekt DK2020 har som mål at sikre, at Danmark når målene i Paris aftalen. I kan læse mere om DK2020 i det fakta-ark, som I kan hente her: [www.realdania.dk/projekter/dk2020](http://www.realdania.dk/projekter/dk2020)

Har I spørgsmål, som I ikke kan finde svar på om klimapolitikken og handleplanen, er I velkomne til at sende jeres spørgsmål til klimasekretariatet på [klima@helsingor.dk](mailto:klima@helsingor.dk) - Husk at skrive navn, skole, klasse og telefonnummer på jeres henvendelse.



Partikelfilteret her virker næsten som støvsugerposen i din støvsuger.

## Opgave

Gå sammen i grupper og vælg en specifik klimaudfordring, som I gerne vil arbejde videre med. I kan evt. lade jer inspirere af de 11 delmål eller vælge en anden problematik fra det tidligere arbejde.

Hvad er udfordringen og hvad er jeres løsning på den?

I skal bruge jeres udfordring til næste opgave, så sørg for at I kan argumentere for, hvorfor det er en vigtig udfordring at løse. Kig også meget gerne tilbage på jeres arbejde med energibehov i opgave F9 - del 1.

Skriv en liste over vigtige fagbegreber til jeres udfordring fra E5.

Fremstil en præsentation af jeres udfordring på en PowerPoint, en Prezi, i en folder, som drama eller på en helt anden måde, som I vælger sammen med jeres lærer.

Lav en kort film (maks. 3 minutter) af jeres præsentation, hvor I er opmærksomme på at bruge de faglige begreber til at forklare jeres udfordring.

Lav et feedback-ark til jeres fremlæggelse. Det, der skal vurderes er:

- brugen af faglige begreber
- kvaliteten af argumenter
- præsentationen som helhed

Opstil alle præsentationerne i klassen, læg feedbackark ved præsentationerne og lav en "karrusel-feedback", hvor hvert team forlader deres eget produkt og roterer med uret til det næste (maks. 8 minutter pr. stop).

Ved hver gruppe skal I se gruppens film, diskutere jeres reaktioner på produktet (kort) og giv feedback på feedbackarket, som jeres lærer kan finde i lærervejledningen.

Når tiden er gået, roterer alle teams med uret til næste produkt.

Karusellen fortsætter, indtil man kommer tilbage til sit eget produkt, hvor man diskuterer den feedback, man har fået fra de andre teams.

Gem jeres præsentationer og de andre gruppers feedback, så det kan bruges, hvis I trækker dette fokusområde til den afsluttende prøve.

Gem også jeres egne og de andres lister over vigtige faglige begreber i en fælles digital mappe.



## BEGREBSOVERSIGT OG ENERGIFORMER - OPSAMLING PÅ F2

---

I grupperne fra F2 skal I nu fremstille en ny begrebsoversigt med udgangspunkt i begrebet energi.

Skriv alle de ord, I forbinder med begrebet energi, samt de 7 energiformer på gule post-it sedler, brug gerne jeres egne og andres lister over faglige begreber fra aktivitet E2.

Skriv ordet ENERGI midt på et A3/A2-papir, placér de gule sedler på papiret og tegn forbindelseslinjer mellem sedlerne med så mange kommentarer, begreber, argumenter, reaktionsligninger, overvejelser osv. som muligt.

Vi ved godt, I har lavet noget lignende før, men I skal bruge det lige om lidt til at evaluere jeres læring.



*Her et kig ind i selve brændkammeret. Når det over 800 grader varme sand klæber til flis-stykkerne, eksploderer de, hvorved man får bittesmå træspåner med meget stor overflade og omgående fordampning af vandindholdet. Fordampningsvarmen får man igen, når man køler røgen og vandet kondenserer.*

Sammenlign jeres begrebsoversigt fra F2 med den fra E7.

I kan prøve at lægge mærke til følgende som tegn på, at I har lært noget:

- Er der kommet flere begreber på?
- Er flere af ordene i højre side fra F2 kommet ind i oversigten?
- Er der kommet flere streger - og flere forklaringer?
- Hvordan er kvaliteten af forklaringer og argumentation?
- Tænk på de fire vigtige kompetencer: undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation og overvej, om I nu er bedre rustet på alle fire ift. energi!

Snak til sidst sammen i klassen. Måske er der tegn, som jeres egen gruppe ikke har været opmærksom på. Find også ud af, om der er nogle spørgsmål, I ikke har fået svar på, eller noget I ikke forstår?

Find til sidst sammen ud af, hvad der kunne være interessante problemstillinger at arbejde videre med, hvis I skulle trække dette fokusområde til den praktisk-mundtlige prøve. I må gerne smugkigge på s. 34 og huske jeres tanker fra E6.



Her ses et af diagrammerne fra HØKs SRO-anlæg. Medarbejderne bruger det til at styre processerne på værket. Kan du genkende dele af det fra besøget?



## FAKTASIDE HØK

---

### GAMLE HØK (GASGENERATOREN)

Etableret	1993
Effekt	135 MW indfyret
Output	60 MW varme - 60 MW el
Virkningsgrad (nyttevirkning)	90%
Anlægsomkostninger	50 mio. kr.
Opstartstid (gasgenerator)	15-120 minutter (dødstart)

### NYE HØK (FLISVÆRKET)

Etableret	2019
Flismodtagelse - vægt	115.00 ton årligt
Massefylde flis	0,25 kg/L, 250 kg/m <sup>3</sup>
Flismodtagelse - lastbiler	25 pr. dag i snit, 33 i ugedage
Tankkapacitet - dagsiloer	2 x 150 m <sup>3</sup> -> 3 timer
Tankkapacitet - 5-dages tanke	2 x 6000 m <sup>3</sup> -> 5 dage
Kedel - drift temperatur	Ca. 850° C.
Kedel - effekt	70 MW
Damptryk efter overhedere	Ca. 65 bar
Aske	2,75% af indfyret flismængde (1,75% sand, 1% reel aske)
Effekt af værk	70 MW (60 MW varme, 16 MW el)
Virkningsgrad (nyttevirkning)	108%
Anlægsomkostninger	709 mio. kr.
Bæredygtighedskrav	90% af flisen skal være dokumenteret bæredygtig. Der skal være plads til at fyre med træ fra stormskader mm.
Nuværende dokumenteret bæredygtighedsprocent	93%
Opstartstid fra kold (flis-kedel)	24 timer (kræver el-energi udefra)

## IDEER TIL DET VIDERE ARBEJDE MED FOKUSOMRÅDET

---

Emnet "energi" er enormt, og vi har valgt at fokusere på den del, der direkte omhandler flis- og el-produktion. Her følger en ikke udtømmende liste af ideer til andet undersøgende arbejde og aktiviteter:

- **Solceller og solfangere:** Solceller/fangere omdanner solens strålingsenergi til henholdsvis elektricitet og varme. Ved at belaste en solcelle med en modstand og måle strøm og spænding, kan man finde den optimale belastning (modstand) for solcellen. Samtidig kan man ved optimal belastning lave undersøgelser af indstrålingsvinkel. Solfangeren kan man lave sin egen model af med et plastikslange og låget fra en papæske. Eksperimentér med farvevalg, vinkel, gennemløbshastighed mm.
- **Energi på lager - DTU på youtube:** Selv om de 8 kortfilm har nogle år på bagen, er de stadig fuldt relevante i forhold til vores valg af fremtidens energikilder samt lagringsproblemerne, der følger med vedvarende energikilder.
- **Drivhuseffekt - forsøg og simulering:** Man kan både lave sin egen model med sammenligning af temperaturen i to beholdere med henholdsvis luft og kuldioxid – men man kan også hente denne fantastiske gratis simulering hos University of Colorado: [www.phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=da](http://www.phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=da)  
Her kan man også undersøge udvalgte gassers absorption af infrarødt- og synligt lys.
- **Biobrændsel:** Der forskes heftigt i biobrændsel i disse år. Forbedrede enzymer hjælper til en bedre nedbrydelse af kulhydraterne, så gærcellerne kan producere ethanol. Man kan kigge på fordele og ulemper ved biobrændsel. Husk at skelne mellem 1., 2. og 3. generation af biobrændsel.
- **Vindmøller:** Med en simpel mølle kan man undersøge vingeform, antal, vinkel mm. og se, hvornår man opnår størst effekt. Det er også interessant at kigge på fordele og ulemper ved forskellige geografiske placeringer, støjgener, indflydelse på biotoperne omkring møllerne osv.





## KOLOFON

© Projektet er udarbejdet af Helsingør Kommune og Forsyning Helsingør A/S

Forsidebillede: Det nye flis-værk på Energivej set fra luften. Ved at afbrænde træ fra skove, hvor biomassen vokser, sikres en mere bæredygtig energiproduktion end den traditionelle, hvor man bruger fossile brændstoffer til el- og varmeproduktion.

Layout idé: Pia Sørensen

