

Hav og klima i den antropocæne tidsalder



Havet dækker to tredjedele af den her planet! Det siger sig selv, når det dækker så meget, at det er vigtigt for vedligeholdelse af vejr og klima på vores planet.



Nøglen til klimakampen findes i havet

Kulstofkredsløbet kan ændre Jordens klima

Fytoplankton er afgørende for klimaet og mennesket



INSPIRATIONS-
MATERIALER
**OM NY
NATURVIDEN-
SKABELIG
VIDEN**

TemaMagasinet **IndBlik**

Mikroalger fortæller om samspillet mellem mennesker og klima

Vi bliver stadig flere mennesker, og vi er nu så mange, at vores aktiviteter påvirker naturen globalt. Det har fået mange til at sige, at vi burde kalde den nuværende tidsalder for den antropocæne, det vil sige 'menneskenes tidsalder'.

I den antropocæne periode spiller vores omgang med havet en vigtig rolle, og der gemmer sig blandt andet viden om de naturlige processer, der bidrager til klimaforandringer. Det påpeger professor Katherine Richardson, som samtidig fremhæver, at vi ikke er opmærksomme nok på, hvor vigtigt havet er. Havmiljøet er ikke alene et spændende forskningsfelt med potentiale til at få elever i grundskolen til at spærre øjnene op – det er også afgørende at blive klogere på, hvis vi skal begrænse klimaforandringerne.

Dette temamagasin præsenterer Katherine Richardsons forskning i biologisk oceanografi, som foregår på Københavns Universitet og i samarbejde med forskere fra hele verden. Magasinet giver også en introduktion til samspillet mellem biodiversiteten i planterne (fytoplankton) i havet og atmosfærens drivhuseffekt, og hvordan det kan blive omsat til undervisning fra 1. til 9. klasse.

Fytoplankton

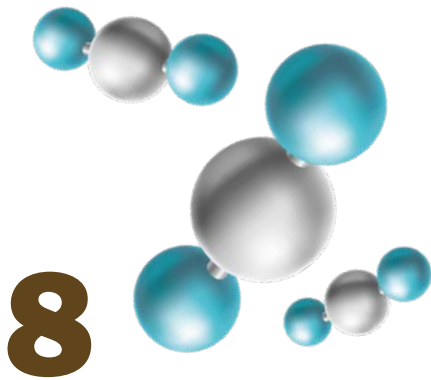
Fytoplankton er små alger, der især lever i de øverste vandlag. Her udnytter de sollyset til fotosyntese. De har klorofyl og andre stoffer, der indfanger sollysets energi, som bruges til at opbygge organisk stof. Fytoplankton eller planteplankton er den ene af to hovedtyper plankton – den anden er dyreplankton, der består af små, ofte encellede organismer.

Naturvidenskabens ABC

Temaet vedrører grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser. 10 sådanne erkendelser er beskrevet i Naturvidenskabens ABC, der er udviklet for Børne- og Undervisningsministeriet. Erkendelser, der er relevante for dette tema, er:

- Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt (erkendelse 1).
- Jordens overflade og klima udgør et dynamisk system (erkendelse 2).
- Jordens ressourcer er konstante og indgår i et kredsløb (erkendelse 3).
- Naturen er rig på biodiversitet (erkendelse 4).

Se naturvidenskabens-abc.dk



8

Kulstofkredsløbet kan ændre Jordens klima

Udvekslingen af CO₂ mellem atmosfæren, havet og Jorden er fundamental for Jordens klima. Men havets rolle i kredsløbet er dårligt belyst.

4

Nøglen til klimakampen findes i havet

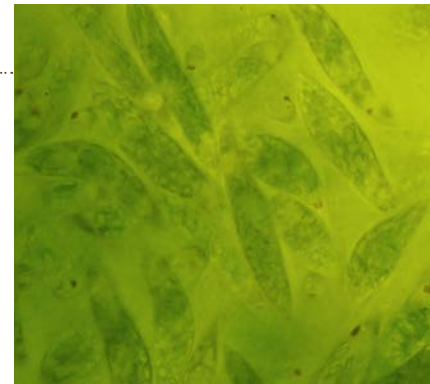
Katherine Richardson tror, at vi snart får bevis for, at små planter i havet er altafgørende for klodens klimaudvikling.



10

Fytoplankton er afgørende for klimaet og mennesket

Menneskets udledning af CO₂ til atmosfæren påvirker også havet og truer mange typer af havlevende organismer.



16

Havforskning som indgang til undervisning i Jordens økosystem

Mikroorganismer i havet har potentiale til at begejstre elever i grundskolen, mener Katherine Richardson.



22

Overblik: Temamagasinet er en del af en samlet videnspakke

Seks inspirationskataloger hjælper undervisning i temaet på vej, film formidler forskningen, og redskaber støtter naturfagsteams.

”

Vi mennesker er så mange og vores aktivitet så stor nu, at også vi kan påvirke hele planeten og dens klima.

Nøglen til klimakampen findes i havet

Indtil nu har vi skåret alle planter i havet over én kam. Men der er forskel på planterne, endda på typerne af fytoplankton, siger professor Katherine Richardson. Hun tror, at vi snart får bevis for, at små planter i havet er altafgørende for klodens klimaudvikling.



Vi kan lære af de fejl, vi har gjort på landjorden, så vi kan bruge havet og dets ressourcer mere skånsomt og på en mere bæredygtig måde.

Når mennesket har opbrugt landjordens ressourcer, vil vi begynde at kigge ud mod havets skatkamre. Men vi må ikke gentage de fejl, vi har begået på landjorden. Advarslen kommer fra professor i biologisk oceanografi Katherine Richardson ved Globe Institute på Københavns Universitet:

”Vi bliver altså op mod 10 milliarder mennesker på Jorden i 2050, og vi skal have mad og så mange andre ressourcer, som havet faktisk indeholder. Vi er så heldige nu, at vi kan lære af de fejl, vi har gjort på landjorden, så vi kan bruge havet og dets ressourcer mere skånsomt og på en mere bæredygtig måde. Men det kræver, at vi forstår, hvordan havet fungerer på havets præmisser”, siger den amerikanskfødte professor og smider sin punchline:

”Havet er den sidste frontier.”

Mennesker påvirker planeten

Katherine Richardson undersøger i sin forskning, hvordan verdenshavene er vigtige for Jordens klima, og hvordan mennesker påvirker havene. Hun forklarer, at kun naturen selv hidtil har kunnet ændre planetens tilstand.

Men nu er vi indtrådt i den såkaldte antropocæne periode – en tidsalder, hvor menneskelige aktiviteter er så omfattende, at de kan påvirke Jordens overordnede miljøtilstand.

”Vi mennesker er så mange og vores aktivitet så stor nu, at også vi kan påvirke hele planeten og dens klima”, forklarer hun.

”Menneskeheden har magten til at ændre levevilkårene på hele Jorden. Og når vi har viden om, at vi har den magt, kan vi forhindre, at vi ændrer verden for fremtiden. Det er nok den vigtigste opgave som forsker nu.”

Havets ubesvarede spørgsmål

Katherine Richardson er ikke blevet forsker for at sidde bag en computer. Hun skal derud, hvor hun kan finde svar på de spørgsmål, hun undersøger. Den 66-årige havbiolog sejler derfor stadig ud med forskningsskibe. Og hun elsker at stå i søgang og samle prøver fra vandet.

Katherine Richardson er uddannet fra det prestigefyldte Harvard University og leder i dag Sustainability Science Center ved Københavns Universitet. Hun bliver betegnet som en af verdens førende eksperter, når det kommer til menneskenes påvirkning

Menneskenes tid: Hvad er den antropocæne tidsalder?

Den seneste geologiske tidsalder har været den sidste istid for over 10.000 år siden. I dag argumenterer mange for, at vi er trådt ind i en ny tidsalder, der kan kaldes 'den antropocæne periode'. Kort fortalt betyder det menneskenes tid. Med det menes, at mennesker nu påvirker Jorden på globalt niveau.

Hidtil har det kun været naturen selv, der gennem for eksempel istider kunne ændre tilstande på Jorden. Men nu er vi mennesker så mange og vores aktivitet så stor, at vi kan påvirke hele planeten, dens klima og hele dens levemåde. Derfor mener mange, at vi bør kalde det for den antropocæne tidsalder.

af Jorden som helhed. I den danske offentlighed er hun kendt for at være del af FN's ekspertpanel inden for bæredygtighed. Hun er medlem af Klimarådet og tidligere formand for regeringens klimakommission. Men hvad med hendes egen forskning i biologisk oceanografi – hvad ligger der af refleksioner og resultater, når man graver dybere i den forskning?

”Havet indeholder stadig så mange ubesvarede spørgsmål. Vi ved mere om rummet, end vi gør om havet. Og havet dækker to tredjedele af den her planet! Det siger sig selv, når det dækker så meget, at det er vigtigt for vedligeholdelse af vejr og klima på

vores planet”, siger havbiologen og slår fast:

”Som samfundsborgere er det vores pligt at prøve at få en bedre forståelse af, hvordan havet fungerer – og ikke mindst, hvad det betyder for os som mennesker. Vi tager havet for givet, men vi kan ikke leve uden det.”

Vi glemmer, at havet er en del af naturen

Der er især to ting, Katherine Richardson gennem sin forskning prøver at finde svar på. For det første vil hun forstå de store genetiske forskelle i havets mikroalger, når det ved første øjekast ser ud, som om miljøet er så ens.

”Man tænker, at vandet blandes fuldstændigt, og at der ikke kan være forskel mellem de små planter i havet. Men der er en fantastisk stor genetisk forskel. Og hvordan opretholder planterne den forskel? Det har noget at gøre med de meget små forskelle, der er i det fysiske miljø, som de befinder sig i”, forklarer havbiologen.



Det andet, Katherine Richardson vil forstå, er, hvordan ændringer i havet som følge af klimaforandringer påvirker os mennesker. Hun mener, at når vi som mennesker bidrager til klimaforandringer, skader vi også naturen, som havet jo er en omfattende del af. Og så rammer vi os selv i halen.

”Som mennesker bliver vi rige af at bruge naturen. Og når naturen forandrer sig, så har vi mindre eller i hvert fald anderledes penge at gøre godt med”, advarer havbiologen.

Havet har betydning for klimaet og for mennesker

Katherine Richardson forklarer, at menneskets helt store udfordring her og nu er, at ”vi er nødt til at lære at forvalte miljøet og naturressourcerne på det planetære niveau.”

Forskel på mus- og elefantplankton

Indtil nu har satellitter været uvurderlige værktøjer til at analysere overfladevand. Men de kan kun måle omkring de øverste 10 meters dybde. Inden for den dybde forekommer kun omkring en fjerdedel af den fotosyntese, der sker i havet.

Katherine Richardson er ret sikker på, at nye molekylærgenetiske metoder kan hjælpe os til at beskrive sammenhænge mellem fytoplanktonets samfundssammensætning og klimaudvikling.

”Tang er kun ansvarlig for omkring fire procent af den fotosyntese, der finder sted i havet. Resten sker hos nogle bittesmå planter, der er så

små, at du ikke kan se dem med det blotte øje”, forklarer hun:

”Fordi planterne er så små, har vi troet, at det bare er plankton, og at de må være ens. Men hvis man ser på rumfang, er forskellen mellem den mindste og den største af disse mikroalger som forskellen på en mus og en elefant. Alle ved, at mus og elefanter ikke indgår i fødekæden på samme måde. Så biodiversitet betyder enormt meget. Og den er ved at ændre sig på en måde, så vi tror, at havet ikke vil kunne optage så meget CO₂ fra atmosfæren, som det gør nu. Og det er også ved at ændre sig på en måde, så vi tror, der vil blive produceret færre fisk.”



Nu har vi så mange klima- og biodiversitetsforandringer, at vi også bliver nødt til at forvalte vores forhold til Jorden som helhed. Og min forskning prøver at beskrive, hvordan vi bedst gør det.

”Da vores forfædre holdt op med at løbe rundt efter deres mad og fik en fast adresse, så lod de deres affald falde der, hvor de producerede. Og de tog det, de syntes, de havde behov for. Så fandt de ud af, at ”hov, det kan vi altså ikke. Vi bliver syge af forurenet vand. Så vi forvalter vores forhold til det lokale miljø”. Nu har vi så mange klima- og biodiversitetsforandringer, at vi også bliver nødt til at forvalte vores forhold til Jorden som helhed. Og min forskning prøver at beskrive, hvordan vi bedst gør det”, forklarer professoren og fortæller, at forskningen i biologisk oceanografi hele tiden byder på nye forståelser og opdagelser.

”Der kommer nye erkendelser hver dag. Og de skaber ahaoplevelser hos mange mennesker. De mange ahaoplevelser tilsammen bevæger ting i samfundet”, siger Katherine Richardson.

Vampyrangreb kan forklare havets anderledes natur

Katherine Richardson har i forbindelse med en kulturnat forsøgt at

illustrere for børn, at livet i havet er anderledes end livet på landjorden. De små drenge bliver ”helt solgt”, fortæller hun.

”Man kan se, at der er små planter i havet, der også opfører sig som dyr, gennem lup eller mikroskop. Det er så spændende, når de bittesmå planter med grønkorn beslutter sig for at rotte sig sammen og angribe en vandloppe, som er mange gange større, end de er. De angriber sammen og sprøjter alle sammen en lille smule gift. Tilsammen er det så meget gift, at vandloppen bliver lammet, og så kan de suge indholdet ud og spise det som vampyrer”, forklarer havbiologen. Lektien er ikke kun vigtig for børn i grundskolealderen.

”Det handler om at forstå, at der er en helt anden natur i havet. Bare fordi det er en anden natur, betyder det ikke, at det er en mindre vigtig natur end den, vi har omkring os på landjorden.”

Forskning er som vasketøj

Katherine Richardson mener, at der er massivt behov for, at flere i fremtiden beskæftiger sig med at undersøge havet. Forskere er i virkeligheden en slags ”store børn”, forklarer hun.

”Alle børn er nysgerrige, og det er forskere også. Vi som forskere er så heldige, at vi får lov at forfølge vores indre barns nysgerrighed for at finde svar på de spørgsmål, vi stiller.”

Hun sammenligner forskning med vasketøj.

”Du bliver aldrig færdig med vasketøj, for der kommer hele tiden mere. Det er det samme med forskning. Når man finder svar på ét spørgsmål, kan jeg love for, at der dukker tre flere op.”

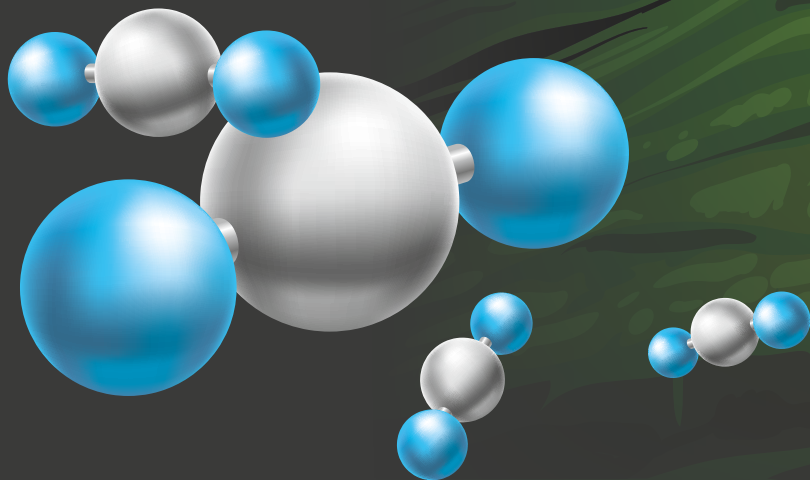


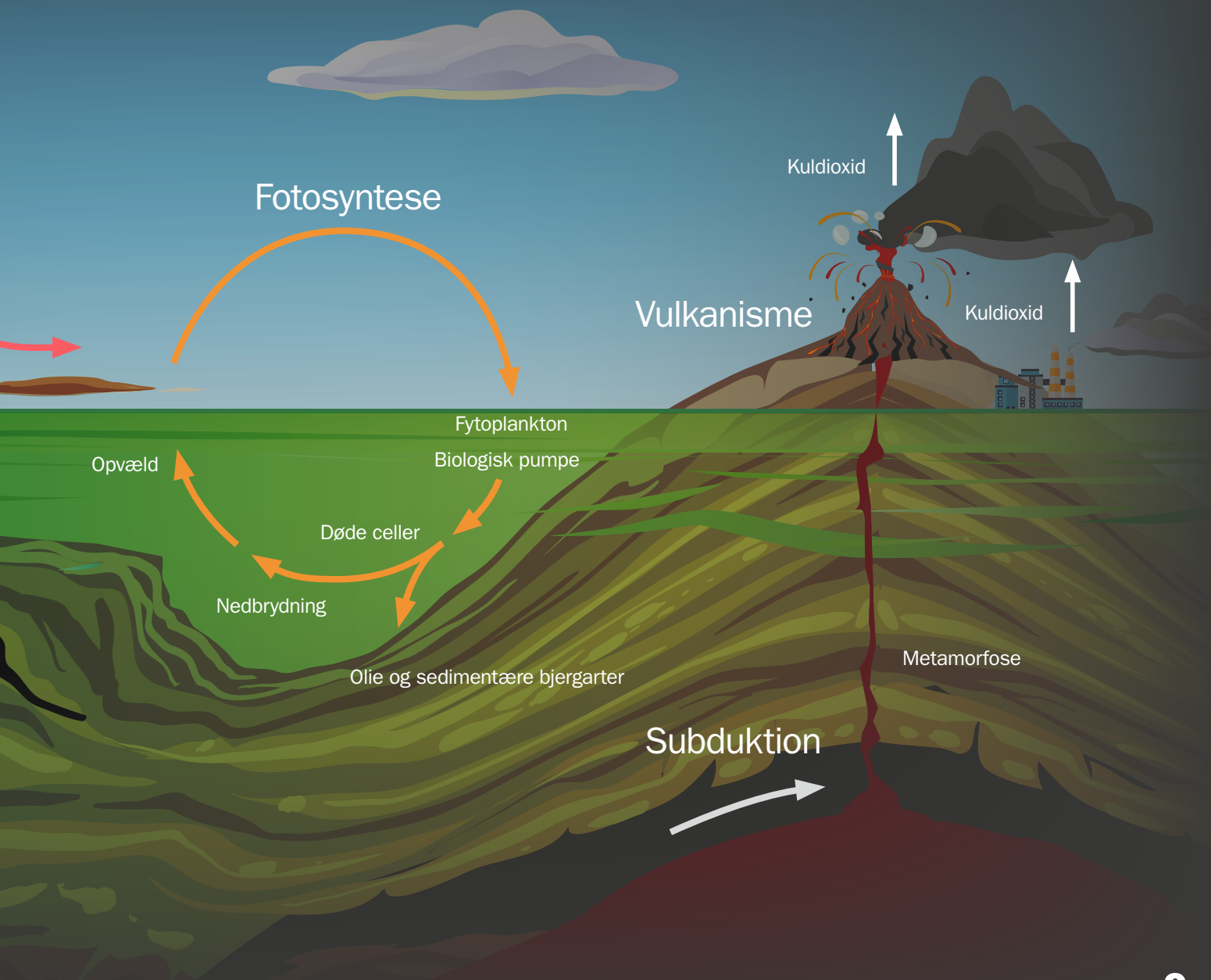
Kulstofkredsløbet kan ændre Jordens klima

Udvekslingen af CO₂ mellem atmosfæren, havet og Jorden er fundamental for Jordens klima. Men havets rolle i kredsløbet er dårligt belyst.

Vores forståelse af CO₂-udledningens påvirkning af havet er i dag langt fra fuldkommen. Imidlertid får vi ved at iagttage de igangværende ændringer i havets surhedsgrad bekræftet, at Jorden er et system, hvor de forskellige elementer (luft, vand og jord) påvirker hinanden, og at en ændring ét sted i systemet får markante konsekvenser andre steder i systemet.

Jernrigt støv







Fytoplankton er afgørende for klimaet og mennesket

Fytoplankton er vigtig for havets økologi og kan være en nøgle til at forstå, hvordan klimaet har vekslet mellem kolde og varme tider.



”

Tang er kun ansvarlig for omkring fire procent af den fotosyntese, der finder sted i havet. Resten sker hos nogle bittesmå planter, der er så små, at du ikke kan se dem med det blotte øje.

To tredjedele af Jordens overflade er dækket af hav. Havets temperatur, kemi, strømme og liv spiller en afgørende rolle for, at planeten er beboelig for mennesker. De globale klimaforandringer betyder, at det bliver varmere. Også i havet. Men hvad betyder det for vores liv på Jorden? Det er et spørgsmål, som forskere verden over forsøger at belyse. En stor del af svaret findes i fytoplankton eller mikroalger.

CO₂-udledning forandrer klimaet

Klimaforskere er ikke i tvivl om, at Jorden i øjeblikket oplever en opvarmning, hvis hovedårsag er menneskenes øgede udledning af CO₂ i atmosfæren.

Igennem Jordens historie har udviklingen i atmosfærens indhold af CO₂ og Jordens temperatur fulgt hinanden. Når CO₂-koncentrationen er steget, er temperaturen blevet højere, og når indholdet af CO₂ i atmosfæren er faldet, er Jordens klima blevet koldere. Derfor er der i dag stort fokus på vores udledning af drivhusgasser og ikke mindst udviklingen af CO₂-mængden i atmosfæren.

Regnestykket ville se meget værre ud, hvis ikke verdenshavene havde en evne til at optage CO₂ i meget store mængder

fra atmosfæren. Mange forskere arbejder med at kortlægge, hvordan CO₂ bliver optaget i havet, og hvor meget CO₂ havet kan blive ved med at optage, hvis indholdet af CO₂ i atmosfæren bliver ved med at stige.

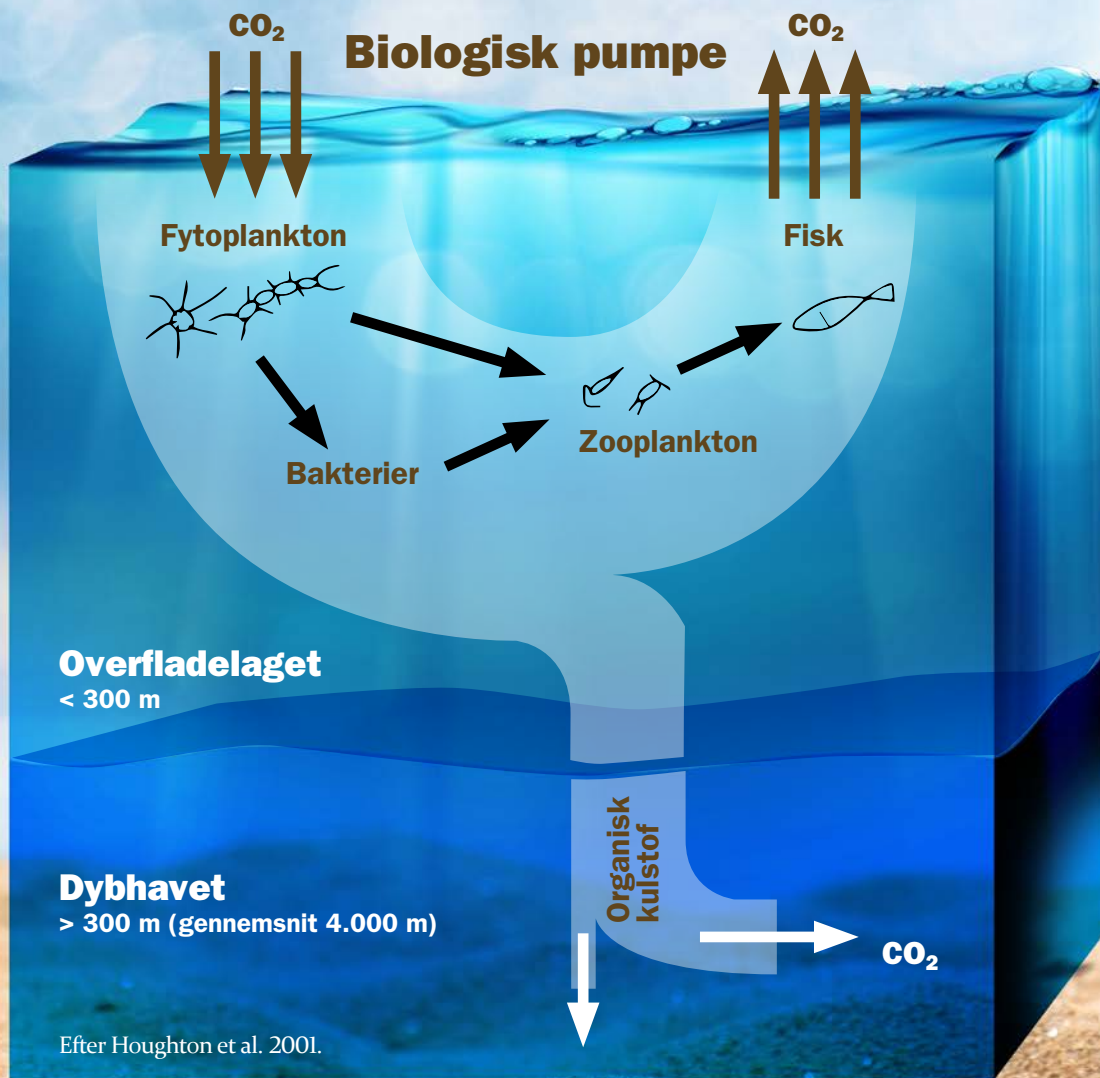
Havets biologiske pumpe bremser klimaforandringer

Havet opsuger i dag en stor del af de drivhusgasser, som menneskeheden udleder. Forskerne har fundet ud af, at en af de afgørende faktorer er havets mikroskopiske alger, der står for over 95 procent af havenes fotosyntese, og som derfor har betydning for mængden af drivhusgasser i atmosfæren.

Når algerne vokser, sætter de gang i et dræn af klodens CO₂ – den såkaldte 'biologiske pumpe', som fjerner CO₂ fra atmosfæren og sender det ned på havets bund. Her bliver CO₂ lagret over længere perioder, og under oplagringen kan det ikke længere udledes til atmosfæren og bidrage til klimaforandringer.

Selv om disse mikroalger kun udgør cirka en procent af Jordens samlede plante-biomasse, optager de alligevel næsten halvdelen af den CO₂, der bliver fjernet fra atmosfæren ved fotosyntese.

Figurforklaring: Der findes mange typer af fytoplankton, og de er mere forskellige, end mange tror. De er for eksempel meget forskellige i størrelse. Nogle er så tunge, at de synker til bunds. Og når de gør det, tager de den mængde CO₂, som er bundet i dem, med. Det kaldes for 'den biologiske pumpe'. Så længe fytoplanktonet ligger på bunden af havet, frigives der ikke CO₂. C'et i CO₂ er grundstoffet karbon, og det bindes i stedet i havets bundlag, på samme måde som den gang der blev dannet kul, olie og gas.



Efter Houghton et al. 2001.

De fritlevende mikroalger varierer i størrelse fra et par mikrometer til 0,5 millimeter og er vigtige producenter af organisk stof og ilt på jordkloden.

Ændringer i havets biologi påvirker mennesker på Jorden

Stigningen i atmosfærens CO₂-indhold kan have alvorlige konsekvenser – ikke kun for klimaet – men også for havets kemi og dermed for mange af de organismer, som lever i havet.

Havene bliver varmere, og dermed kan de ikke binde så meget CO₂, da opløseligheden af CO₂ i vand aftager med temperaturen. I det varmere vand bliver det organiske materiale også nedbrudt hurtigere, og CO₂'en bliver dermed sendt hurtigere tilbage til atmosfæren. Når overfladevandet bliver varmere, holdes det koldere

og næringsrige bundvand væk fra de øverste lag, hvor Solens lys sikrer fotosyntese, og dermed at planktonalgerne binder CO₂.

Der er store huller i vores forståelse af havenes betydning for det globale kulstofkredsløb. Der er derfor stor usikkerhed om fremtidige temperaturstigninger på grund af det stigende indhold af CO₂ i atmosfæren. Det forsøger professor Katherine Richardson at ændre.

Island i fokus

Katherine Richardson undersøger sammen med en række forskere de historiske forhold mellem økosystem og klimaudvikling i havet nær Island.

Netop Island dækker over mere end 1.200 års historie, mens landet har

været beboet. Øen er relativt isoleret i Nordatlanten og udgør derfor et ideelt "laboratorium" for at undersøge klimaforandringernes indflydelse på samfundets levevis. Det gør forskerne ved at dykke ned i udviklingen i havalgernes biodiversitet i havet omkring Island over tid og ved at sammenholde informationerne fra lagene med det islandske samfunds udvikling.

Smeltende havis mindsker havets CO₂-optag

Når havet er tilstrækkeligt koldt, bliver der dannet havis. Når havvandet fryser, bliver salt presset ud af isen, og det tunge, salte havvand falder mod havbunden. Det kaldes for dybvandsdannelse. Det kolde vand, der forsvinder oppe fra overfladen, bliver erstattet af varmere overfladevand, der strømmer nordpå. Når det kolde vand synker til bunds, bliver CO₂ samtidig transporteret ned på flere kilometers dybde, hvor det er ude af kontakt med atmosfæren i hundredvis af år.

Der kan opløses mere gas i koldt vand end i varmt vand. Tænk for eksempel på de bobler, som stiger op til overfladen i en gryde med kogende vand. Jo koldere vandet er, des mere CO₂ kan det indeholde. Det kolde vand ved polerne optager derfor typisk mere CO₂ fra atmosfæren og indeholder mere CO₂ end havene på lavere breddegrader. Men jo mindre havis der dannes, jo mindre CO₂ vil der blive hevet ud af atmosfæren, og den globale opvarmning er i færd med at reducere mængden af havis ganske voldsomt.



Sammensætning af mikroalger ændrer sig nemlig som funktion af miljøforhold. Richardsons hypotese er, at sammensætningen af mikroalgernes samfund er vigtig i forhold til klimaudviklingen: Når forholdsvis store mikroalger dominerer planktonsamfundet, vil den biologiske pumpe være meget effektiv og overføre meget kulstof fra havets overflade til de dybe lag i havet. Det modsatte vil gælde, når små mikroalger dominerer samfundet, lyder hypotesen. Katherine Richardson vil derfor gerne forstå, om der er sammenhænge mellem planktonsamfundets økosystemstruktur og klimaudviklingen i Jordens historie.

DNA-spor skal give viden om algernes biodiversitet

Det er muligt at finde ud af, hvilke alger der har været på et bestemt tids-



punkt ved at tage boreprøver af havbunden.

I lagene i boreprøven ligger der DNA-spor fra de alger, der har været på det tidspunkt, som laget blev dannet på.

Sådanne DNA-spor hedder e-DNA (ecological DNA).

CO₂ gør havet surt og truer biodiversiteten

CO₂-balancen mellem hav og atmosfære følger Henrys lov. Den betyder, at den gasmængde, der bliver opløst i en væske, er direkte proportional med trykket af den pågældende gas over væsken. Det vil sige, at jo mere CO₂ der er i atmosfæren, des mere CO₂ vil der blive opløst i havet. Når CO₂ bliver opløst i havet, reagerer det med vand og danner kulsyre.

Kulsyren frigiver brintioner og danner bikarbonat. Jo flere brintioner – jo mere surt er vandet, og jo lavere er

pH-værdien. Altså, jo mere CO₂ der bliver opløst i havet, jo mere surt bliver havet. Men hvorfor er surt havvand overhovedet et problem?

En lav pH-værdi i havet betyder for eksempel, at korallers, muslingers og krebsdyrs skaller bliver tyndere og kan blive opløst. Det kan få konsekvenser for dyr højere oppe i fødekæden, hvis organismer som kalkdannende dyr længere nede i fødekæden bliver påvirket af forsuring. Det kan ultimativt svække arter og true havets biodiversitet.

Ud fra e-DNA kan forskerne bestemme biodiversitet og artssammensætning af algerne på de forskellige tidspunkter i historien. Viden om algerne biodiversitet sammenholdes med anden viden om for eksempel klima på det pågældende tidspunkt. På den måde får forskerne et indblik i, hvor meget og hvordan den biologiske pumpe har påvirket og også nu påvirker det globale klimaregnskab. Samtidig bliver viden om de kulturelle forhold på Island inddraget for at belyse samspillet mellem klimaforandringer og ændrede livsbetingelser.



Tre forskningseksempler: Havforskning bliver en prioritet

Der forskes i stigende grad i interaktionen mellem mennesker og hav, og hvordan vi kan forstå klimaforandringer gennem ændringer i havets biodiversitet. Tre eksempler på havforskning i relation til klimaforandringer er:

1. Københavns Universitet: Samspillet mellem klimaet, økosystemet og samfundet

Et helt nyt havforskningscenter rummer et unikt laboratorium, hvor både historiske og nutidige interaktioner mellem mennesker og klima afdækkes. Forskningen i centeret vil belyse samspillet mellem klimaet, økosystemet og samfundet med udgangspunkt i forandringerne i det nordlige Atlanterhav og på Island – både i historisk tid og længere tilbage i geologisk tid. Udgangspunktet er det moderne hav som baggrund for at forstå det islandske samfund i dag – ikke mindst i lyset af klimaforandringerne – men mange af de opnåede resultater er

relevante for det nordlige Atlanterhav generelt. Forskningen i centeret vil benytte sig af de nylige fremskridt inden for ecological-DNA-metodik, som i kombination med information om aktuelle økologiske processer kan give en helt ny forståelse af samspillet mellem klima, levende organismer og samfund.

Læs mere her: nyheder.ku.dk/alle_nyheder/2020/04/nyt-dansk-islandsk-havforskningscenter-aabner-paa-ku/

2. Aarhus Universitet: Kulstofkredsløbet fra nord til syd langs Galatheas rute

Det overordnede formål med projektet er at kombinere detaljerede biologiske undersøgelser af fødekædens struktur og processer, fra de mindste fytoplankton over dyreplankton til fisk, med målinger af CO₂-fluks mellem atmosfæren og havet og informationer om havets fysiske og kemiske karakteristika og havstrømme. På den måde bliver det muligt at foretage en global kortlægning af, hvor der sker en nettooptagelse af CO₂ i havet, og hvor der sker en afgivelse – og samtidig analysere, hvordan biologiske, fysiske og kemiske

parametre i havet påvirker denne CO₂-udveksling mellem ocean og atmosfære. Disse informationer er vigtige i forbindelse med udviklingen af modeller til forudsigtelse af fremtidens klima samt for at opnå en forståelse af de processer i havet, som styrer kulstofoptag og -lagring.

Læs mere her: www.galatea3.dk/dk/Menu/Ekspeditionen%2b2006-2007/Publikationer/Galatea%2b3%2b2006-2007.html

3. DTU Centre for Ocean Life: Oceanernes økosystemer under klimaforandringer

'Trait-based approach' kaldes den metode til at beskrive havets økosystemer, som forskere fra Centre for Ocean Life på Danmarks Tekniske Universitet (DTU) har udviklet. Metoden beskriver, hvordan de komplekse økosystemers funktioner og struktur i virkeligheden er et resultat af egenskaber hos havets organismer – for eksempel organismernes størrelse, føde og væksthastighed. Metoden skal give dybere forståelse af havets økosystemer og deres funktion i forhold til

produktion af biomasse, fordeling af næringsstoffer og lagring af CO₂ samt undersøge, hvordan økosystemerne reagerer på klimaforandringer.

Læs mere her: www.dtu.dk/om-dtu/nyheder-og-presse/dynamo1/2017/12/tema5_hvordan-bliver-havet-paavirket-af-klimaaendringer?id=6816dc5e-663f-4f61-83b0-fafb47703797

Havforskning som indgang til undervisning i Jordens økosystem

Vi ved alt for lidt om havets betydning i forhold til klimaforandringerne. Ifølge professor Katherine Richardson kan mikroorganismer i havet begejstre elever i grundskolen og udgøre en vej for dem ind i forskningsområdet.

Den antropocæne periode' lyder måske en smule uoverskuelig at beskæftige sig med. Men seks inspirationskataloger til naturfagslærere og -teams gør temaet konkret og relaterer det til autentiske problemstillinger, elever kan arbejde problembaseret og undersøgende med. De seks inspirationskataloger er målrettet forskellige klassetrin, og de sætter hver især fokus på et selvstændigt undertema i relation til Katherine Richardsons aktuelle forskning.

Figuren på modsatte side illustrerer temaets progression gennem inspirationskatalogerne, der dækker hele skoleforløbet fra 1. til 9. klasse. Figuren viser dermed også den faglige røde tråd i forhold til temaet.

I natur/teknologi i 1.-2. klasse får eleverne grundlæggende viden om

Jordens økosystem og klimaforandringer. Her skal de primært arbejde med vejrundersøgelser på baggrund af deres naturlige undring og nysgerrighed. Den undring kan eleverne i 3.-4. klasse bygge videre på og lære, at Jordens klima og miljømæssige forhold er et produkt af interaktionerne mellem alle levende organismer og geofysiske processer.

I 5.-6. klasse kan der bygges videre på elevernes viden og kompetencer fra indskoling, når de beskæftiger sig med økosystemet og kulstofkredsløbet. På den baggrund kan de få indsigt i, at den menneskeskabte påvirkning af kulstofkredsløbet betyder en forstærket drivhuseffekt. Efter undervisningen i natur/teknologi i indskoling og på mellemtrinnet kan eleverne i fællesfaglige forløb i 7. klasse bruge de enkelte fags erkendelses- og arbejdsformer til at

udvikle færdigheder i arbejdet med en problemstilling inden for temaet om naturlige klimavariationer.

I 8. klasse kan eleverne beskæftige sig med menneskets påvirkning af det globale klima og blive introduceret til den antropocæne periode. Undervisningen i 9. klasse forudsætter, at eleverne har arbejdet med fotosyntese og akkumulation af kulstof. På den baggrund kan de arbejde med fremtidsscenerier ved at trække tråde til de øvrige fem inspirationskataloger inden for temaet.

Inspirationskatalogerne danner et sammenhængende forløb gennem skoleforløbet, samtidig med at hvert enkelt katalog udgør et afrundet emne (undertema) i sig selv.

Klassetrin



Progression og den røde tråd

Inspirationskatalogernes undersøgelses- og aktivitetsforslag har progression fra det nære og lokale i indskolingen og til globale perspektiver i udskolingen. Graden af problem-basering i forslagene øges gennem skoleforløbet, ligesom der sker en udvikling fra det beskrivende over mere konkrete fænomener i indskolingen og på mellemtrinnet mod et højere abstraktionsniveau i udskolingen.

Gennem skoleforløbet får eleverne altså forudsætninger for at arbejde med Jorden som økosystem. Forløbet understøtter alt fra elevernes første tilegnelse af viden om vejr og vand i indskolingen til klimaforandringer og menneskets ansvar og muligheder for udvikling af bæredygtige samfund i udskolingen.

Mikroalger kan give børnene en forståelse af samspillet mellem mennesker og natur

De seks inspirationskataloger tematiserer store spørgsmål eller erkendelser, som er essentielle for forskning om havet og klimaforandringer – og som samtidig kan være kilde til nysgerrighed blandt eleverne. En nysgerrighed, der åbner døre til alt det, vi endnu ikke ved om havet og klimaforandringer. Eksempler er:

1. Den blå planet

Det er ikke uden grund, vi kalder Jorden for 'den blå planet'. Det meste af Jordens overflade er jo dækket af vand. De blå have sammen med de hvide skyer gør Jorden enestående i solsystemet. Havet påvirker Jordens klima og vejr, og både fortidens og fremtidens klima kan især ses i mikroalger.

2. Forandringer i klimaet

Menneskers energiforbrug har gennem mange år medført en stigende CO₂-udledning med konsekvenser for miljø og klima. Desuden har vi gennem århundreder gjort stadig større brug af naturens ressourcer, både hvad angår fødevarer, træ og andre råmaterialer. Det har medvirket til menneskeskabte klimaforandringer.

3. Fremtidsscenerier

De globale klimaforandringer medfører ændringer i levevilkårene for mennesker rundt om på Jorden, men der vil være store regionale forskelle på konsekvensernes karakter og omfang. Ændringer i klimaet har også tidligere haft indvirkning på menneskers levevilkår, og fremtidsscenerier om samspil mellem biosfære og mennesker kan være et nyttigt redskab til at nuancere forståelsen af, hvilken fremtid vi går i møde.



Ud af klasselokalet

Temaet *Hav og klima i den antropocæne tidsalder* inviterer til engagerende undersøgelser. Motivation kan stimuleres med varierende grad af elevstyring, ikke kun i indskoling, men gennem hele skoleforløbet med for eksempel:

- Undersøgelser af havvandets mikroorganismer
- Forsøg med at fryse saltvand og ferskvand
- Fotosyntese: Hvad sker der med alger i et iltfattigt rum?
- Scenariebaserede undersøgelser, hvor eleverne skal løse udfordringer i komplekse sammenhænge. For eksempel: Hvordan kan vi begrænse klimaforandringer, så vi sikrer fornuftige levevilkår for de fremtidige generationer?

Undervisningen kan bringes ud af klasselokalet gennem samarbejde med lokale virksomheder eller foreninger, der anvender beslægtet teknologi, som er kendt fra forskningen.

Lærere kan få inspiration til konkrete besøg eller samarbejder med virksomheder ved at kontakte det nationale videnscenter for skole-virksomhedssamarbejde Naturvidenskabernes Hus på Tektanken.dk. Men mindre kan også gøre det – samarbejde med en forælder, der arbejder med et relevant område såsom fiskeri, vandrensning eller energiproduktion kan være præcis lige så givende.

Udvikling af inspirationsmaterialerne

Der udvikles i alt 10 sæt inspirationsmaterialer om i alt 10 naturvidenskabelige temaer – herunder dette om *Hav og klima i den antropocæne tidsalder*. De øvrige temaer dækker over blandt andet bæredygtigt byggeri, vedvarende energi, rent ferskvand, biodiversitet, genetik og sygdomme, det teknologiske samfund, rumforskning og mørkt stof.

I hvert sæt indgår der et temamagasin, en film og seks inspirationskataloger med inspiration til undervisning i det pågældende tema på forskellige klassetrin. Fagudviklere fra professionshøjskoler har udviklet indholdet på baggrund af forskerens input og i samarbejde med arbejdsgrupper med lærere.

Jeg foreslog, at når vi på skolerne ikke kan genskabe de forhold, alger vokser under i store dybder med store tryk, så kan eleverne i stedet undersøge, hvordan de vokser i lufttomrum. Altså simpelthen undersøge spørgsmålet med omvendt fortegn. På de fleste skoler har man jo en vakuumpumpe, så vi kan lave et vakuum for at se planternes reaktion og vækst.

Naturfagslærer Mikkel Nørgaard,
Helsingør Realskole

Eleverne skal ikke tage det hele (red.: klimaforandringerne) på deres skuldre og tænke, at det ender galt. Både fordi de ikke kan holde det ud, og fordi vi risikerer at forme handlingslammede elever. Vores opgave har været at tænke den balance ind i materialet.

Fagudvikler Ditte Marie Pagaard,
Københavns Professionshøjskole

Seks inspirationskataloger om klimaforandringer

De seks inspirationskataloger, som inspirerer til undervisning i Katherine Richardsons aktuelle forskning, er tilrettelagt med henblik på de naturfaglige kompetenceområder og Fælles Mål:

**1.-2.
klasse**



Vejr og hav

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og modellering

Fælles Mål:
Færdigheds- og vidensområderne vand, luft og vejr; undersøgelser i naturfag; modellering i naturfag; ordkendskab i 2. klasse.



**5.-6.
klasse**

Temperatur, CO₂ og drivhuseffekt på den blå planet

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og perspektivering

Fælles Mål:
Færdigheds- og vidensområderne undersøgelser i naturfag; teknologi og ressourcer; natur og miljø; stof og energi; perspektivering i naturfag efter 6. klasse.

**3.-4.
klasse**



Algers betydning for klimaet

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og kommunikation

Fælles Mål:
Færdigheds- og vidensområderne undersøgelser i naturfag; naturen lokalt og globalt; vand, luft og vejr; formidling efter 4. klasse.



7.
klasse

Naturlige klimaforandringer

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og perspektivering

Fælles Mål:

Fysik/kemi: Jorden og universet; stof og kredsløb; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Biologi: økosystemer; modellering i naturfag; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Geografi: jordkloden og dens klima; naturgrundlag og levevilkår; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag.



8.
klasse

Menneskeskabte klimaforandringer

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og kommunikation

Fælles Mål:

Fysik/kemi: Jorden og universet; stof og kredsløb; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag

Biologi: økosystemer; modellering i naturfag; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Geografi: jordkloden og dens klima; demografi og erhverv; globalisering; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag.



9.
klasse

Fremtidsscenarier for Jordens klima

Kompetenceområder i fokus:
Modellering og perspektivering

Fælles Mål:

Fysik/kemi: Jorden og universet; stof og kredsløb; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag

Biologi: økosystemer; modellering i naturfag; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Geografi: jordkloden og dens klima; demografi og erhverv; globalisering; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag.

Læs mere ...

De seks inspirationskataloger er struktureret ud fra en fagdidaktisk ramme, som understøtter systematisk planlægning og udførelse af undervisningen. Rammen er grundigt udfoldet i 'Vidensnotat om kompetenceorienteret naturfagsundervisning'.

En proces for at arbejde i naturfagsteamet med inspirationskatalogerne til temaet 'Hav og klima i

den antropocæne tidsalder' ud fra den fagdidaktiske ramme er beskrevet i 'Udviklingsredskab til kompetenceorienteret naturfagsundervisning til naturfagsteams'.

Begge dele kan sammen med de seks inspirationskataloger hentes på emu.dk/grundskole/naturvidenssabsstrategien.

Du står med en del af en samlet videnspakke

Hent pakkens indhold her: emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien



Bokssæt med 10 temamagasiner



60 inspirationskataloger (10 temaer til seks klassetrin)

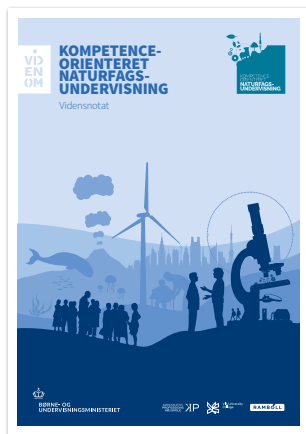


10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasiner præsenterer deres naturvidenskabelig forskning.



Podcasts



Vidensnotat
12 sider.



Planlægningsredskab
Otte sider til naturfagslærere og vejledere i grundskolen.



Eksemplarisk fællesfagligt forløb
16 sider til naturfagsteams og -lærere.



Udviklingsredskab
Fire sider til skoleledelserne.



PowerPoint-præsentation
Præsentation af de vigtigste pointer fra vidensnotatet.



Video
Speed drawing.



Udarbejdet af Rambøll Management Consulting,
Københavns Professionshøjskole og VIA University
College for Børne- og Undervisningsministeriet.

Eftertryk med kildeangivelse er tilladt.

Design & illustrationer
Campfire & co

Fotos
B2Bfilm ApS

ISBN
87-603-3277-8 (web udgave)
87-603-3278-6 (trykt udgave)



**BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET**