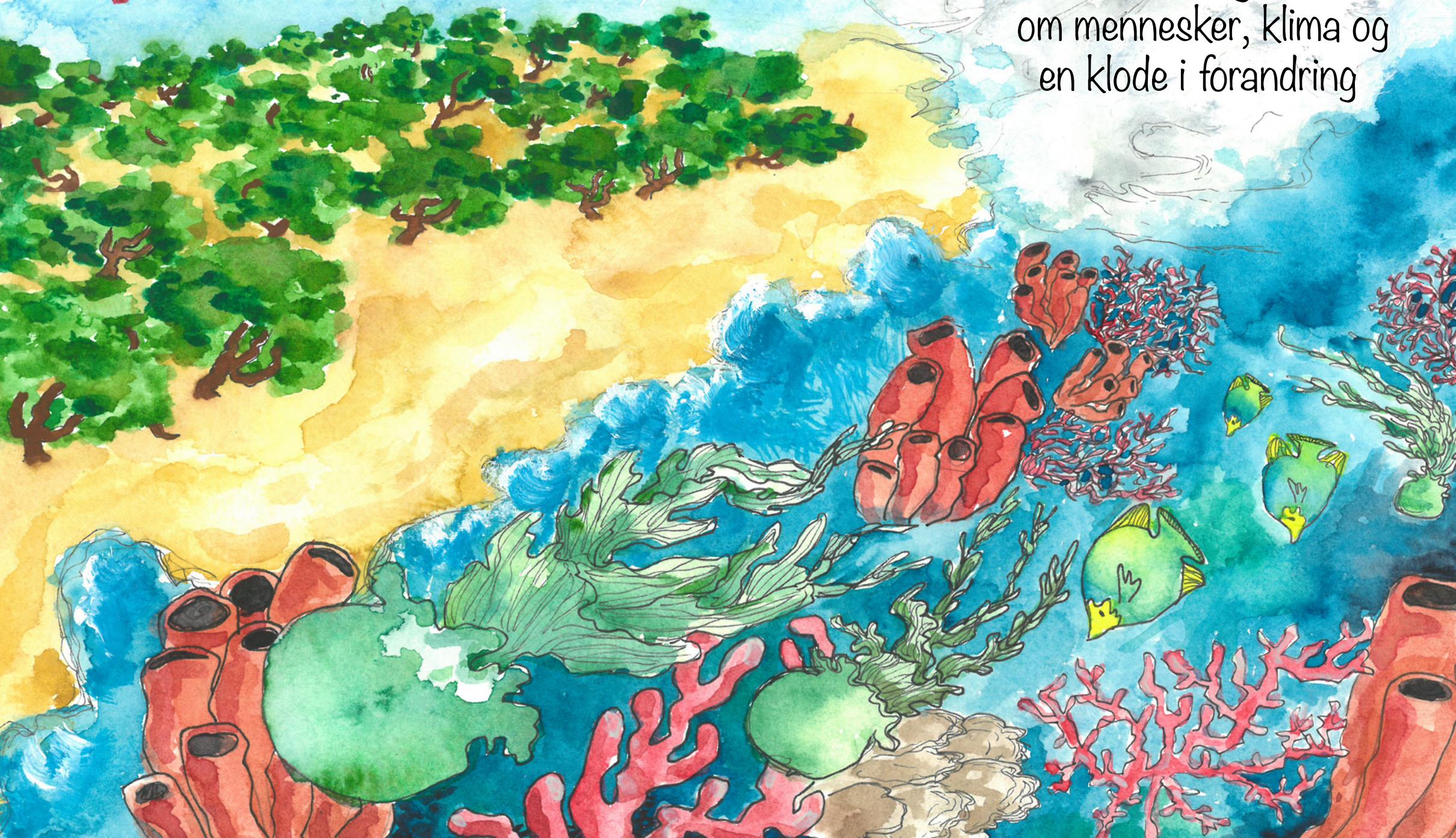


Kloden Kaldet

Et undervisningsforløb
om mennesker, klima og
en klode i forandring



Kloden Kalder

En virtuel rejse til klodens miljømæssige brændpunkter

1. udgave, 2021

Faget Kloden Kalder og det medhørende undervisningsmateriale er tilrettelagt, udarbejdet og skrevet af **Jeppe Graugaard**.

Undervisningsvejledningen er illustreret af Petrea Hvidberg Conradsen.

Materialet i denne undervisningsvejledning og på den tilhørende hjemmeside er licenseret under **Creative Commons Kreditering-IkkeKommerciel-DelPåSammeVilkår** – du må gerne remixe, ændre og bygge videre på materialet non-kommercielt, så længe du krediterer forfatteren og licenserer afledte værker under samme vilkår.



Projektet er blevet til med støtte fra



Læs mere på fagets hjemmeside www.klogenkalder.com og på materialebanken www.klogenkalder.tumblr.com.

Den virtuelle rejse er et læringsforløb på Kloden Kalder, et fag om global økologi, klimaforandringer og alternativerne til forbrugssamfundet. Rejsen foregår ved hjælp af en række audio-visuelle præsentationer som kan tilgås på hjemmesiden klogenkalder.com. Denne vejledning understøtter brugen af disse præsentationer med det sigte at skabe en dybere forståelse af menneskers rolle i de forandringer i livets fællesskab, der kommer til at præge Jorden de næste århundreder.

Indhold

Forord	6	Verdenshavene	53
Livets læring – Fra Grundtvig til Gaia Et essay om bæredygtig dannelse.	7	Selvom havet indgyder en følelse af uendelighed og permanens, er verdenshavene i hastig forandring. Denne lektion dykker under overfladen for at se på, hvilken rolle havene spiller i reguleringen af det globale klima, og hvordan de understøtter planetens liv.	
Introduktion til den virtuelle rejse Forslag til hvordan man kan bruge denne vejledning.	11	Verdens skove	63
Overblik Vi starter med at rejse ud i rummet for at kaste blikket tilbage på Jorden og se hvordan astronauter oplever kloden. På den videre rejse ser vi på de igangværende forandringer i naturen, som af nogle forskere kaldes ”den store acceleration”.	13	Skovene er hjemsted for størstedelen af landjordens plante- og dyrearter. I denne lektion rejser vi til de tropiske regnskove for at se, hvordan de sidste landskaber der er urørt af civilisationen er i forandring, og hvilken rolle de spiller for det globale klima.	
Jordens system Denne lektion afgrænsner nogle af livsvidenskabernes elementære begreber og ser på klimavidenskabens vigtigste konklusioner. Vi spørger hinanden hvordan vi opfatter fremtiden i lyset heraf og hvad den globale opvarmning betyder for vores liv.	23	Biodiversitet	73
Jordens lydlandskaber I denne lektion lytter vi til hvordan naturens lydlandskaber har udviklet sig de sidste årtier og undersøger hvordan lydbilleder kan give en ny forståelse af de forbindelser der findes i forskellige økosystemer og vores plads i naturen.	33	Som målestok for diversiteten af plante- og dyreliv, er biodiversitet en vigtig indikator for økosystemers helbred. Denne lektion stiller skarpt på hvordan økosystemer fungerer, og hvorfor hastigheden hvormed arter forsvinder i dag, kun har meget få paralleller i Jordens historie.	
Kryosfæren Vi rejser til klodens koldeste områder for at undersøge de steder hvor is dominerer landskabet og det klimatiske system. Vi oplever isbjerge kælve, gletsjere der svinder, og ser på hvad afsmeltingen af permafosten betyder for Jordens klima.	43	Etnosfæren	83
		Etnosfæren er en betegnelse for summen af menneskelige kulturer: alle de historier, drømme, idéer, intuitioner og kosmologier som menneskeheden har genereret siden tidernes morgen. I denne lektion tager vi på rejse i etnosfæren, og undersøger hvorfor kulturer lige nu forsvinder med stigende hast.	
		Earth care	93
		Hvordan forholder vi os til at leve med udsigten til at ødelæggelsen af naturen og kulturer accelererer? Denne lektion afslutter den virtuelle rejse med at kigge på hvordan vi skaber nye relationer imellem mennesker og natur.	

Velkommen til en virtuel rejse gennem Jordens system, som stiller skarpt på, hvordan det står til med naturen set i det store perspektiv – og menneskets rolle i de forandringer der er undervejs på vores klode. Denne publikation er tænkt som en vejledning og rejseplan for undervisere, studerende, autodidakte og andre videbegærige, der ønsker at forstå Jordens økosystem og de planetære forandringer vi står midt i. Den virtuelle rejse er udviklet som en del af faget Kloden Kalder som jeg underviser på Ry Højskole. Rejsen introducerer nogle af økologien og klimavidenskabens grundkoncepter for at forstå, hvordan det går med planeten målt på parametre som biodiversitet, temperatur, isdække, kulturel diversitet og naturens lydlandskaber.

Forløbet er tilrettelagt som et crash course, der i løbet af ni lektioner på cirka tre timer hver, giver en forståelse af de dynamikker der ligger bag de globale forandringer der er i gang i naturen, samt et indblik i hvad videnskaben fortæller om hvordan Jordkoden vil ændre sig de kommende årtier. Hver lektion introducerer et emne som ved hjælp af en Prezi-præsentation bliver en audiovisuel rejse gennem Jordens forskellige sfærer. Præsentationerne kan tilgås via hjemmesiden klodenkalder.com og indeværende vejledning uddyber det materiale der fremvises. Vejledningen skal derfor læses i sammenhæng med Prezi-præsentationerne, som er det primære undervisningsmateriale. Stort set alt det materiale der indgår i den virtuelle rejse er open source og frit tilgængeligt. Jeg håber du vil benytte dig af enhver mulighed for at sakse, remixe, dele eller anbefale materialet.

Kloden Kalder er et fag der har sit udspring i en frustration over den offentlige debat om klimaforandringerne. Alt for længe har klimaet været omtalt, diskuteret og forklaret i tekniske og videnskabelige termer der har et meget højt abstraktionsniveau. Det er et dårligt udgangspunkt for en bred folkelig forståelse og opbakning til den omstilling i vores individuelle og fælles liv, der er nødvendig for at undgå at ende der, hvor vi er på vej hen. Materialet der indgår i den virtuelle rejse er derfor udviklet med henblik på at gøre klimaforandringerne forståelige for sanserne og kroppen. Målet har været at styre udenom abstraktionerne og prøve at italesætte miljøet i dets eget sprog: hvordan lyder det når biodiversiteten ændres, eller hvordan ser det ud når en hedebølge skyller gennem havet, og kan vi leve os ind i den verden der forsvinder, når et sprog forstummer?

Jeg håber, at dette materiale kan være med til at levendegøre de forandringer, vi står overfor og kvalificere samtalen om klimaet, fremtiden, naturen og vores plads på Jorden som en enkelt node i livets store fællesskab. Kloden kalder – vi må lære at lytte, for at forstå hvor vi er på vej hen.

Jeppe Graugaard

Livets læring – Fra Grundtvig til Gaia

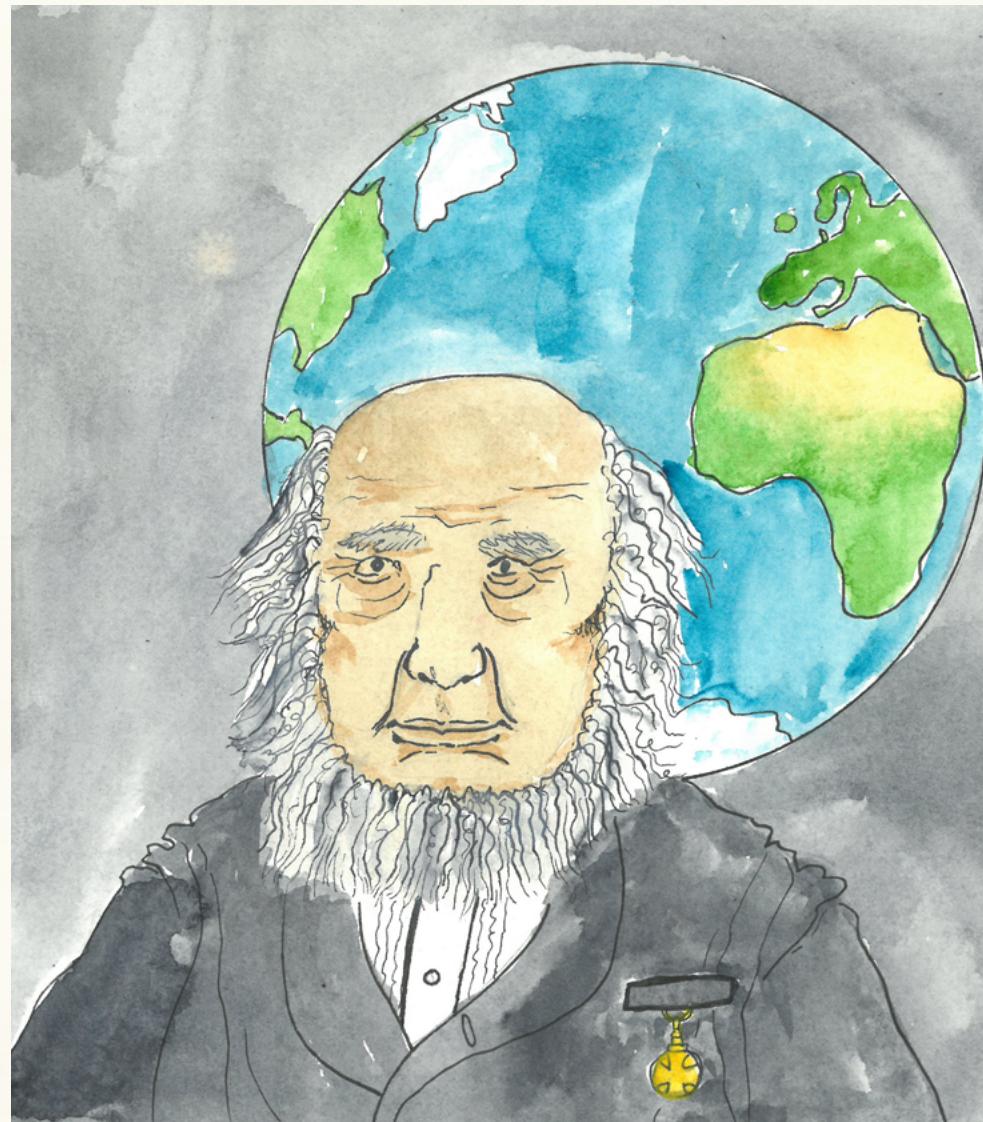
En dannelses, der gør unge mennesker i stand til at håndtere fremtidens sociale og økologiske udfordringer, bliver nødt til at oplyse den blindhed overfor livets forbundethed, som har ledt menneskeheden ind i den globale systemkrise, der er i gang med at forandre grundlaget for livet på Jorden uigenkaldeligt. De omvæltninger der udfolder sig i naturen, og som kommer til at præge resten af det 21. århundrede, er konsekvenser af en måde at *tænke om verden og være i verden*, der har gjort mennesker fremmede overfor de fundamentale relationer der opretholder vores eksistens. Det gælder alt fra de infrastrukturer, der tilvejebringer mad på bordet og tøj på kroppen, til de mikrobielle strukturer der er med til at regulere atmosfærrens sammensætning.

Derfor handler bæredygtighed og grøn omstilling om meget mere end forandringer og løsninger på problemstillinger i den ydre verden. Det gælder i lige så høj grad de indre processer der skaber

vores værdier, selvopfattelse og verdensbillede. Nødvendigheden af en indre omstilling bliver endnu tydeligere når man

tager de mange negative helbredsmæssige konsekvenser af forbrugssamfundet i betragtning: vores kroppe og sind har brug for nogle helt andre ting end den livsstil vores overforbrug lægger op til. Den relation til naturen vi som kultur er vokset op med giver bagslag i vores indre verden. Det må være et udgangspunkt for enhver relevant diskussion om fremtidens dannelsse.

Langt de fleste af os er analfabeter når det gælder naturens orden og levende systemers udvikling. Oplysning af denne analfabetisme har potentialet til at revolutionere både hvordan vi *tænker* om verden og hvordan vi *er* i verden fordi naturens love ikke bare er teori, men principper der *virker i os selv* og som vi kan afstemme vores liv med. Naturen på vores klode har en iboende evne til at opretholde liv, og bæredygtighed handler derfor dybest set om at danne fællesskaber der indgår i naturens kredsløb uden at reducere denne evne. Den slags fællesskaber findes der



heldigvis mange eksempler på, så grundlaget for en bæredygtig forandring er der.

Man kan med rette spørge om ikke højskolerne skal gå Forrest i udviklingen af de pædagogiske praksisser der skal klæde unge mennesker på til at håndtere fremtidens udfordringer? Det ville på mange måder være ganske enkelt. Højskolerne har fra begyndelsen interesseret sig for bæredygtighed i den bredeste forstand. Livsoplysning, demokratisk dannelsel og folkelig oplysning kan ses som uundværlige aspekter af en dannelsel som ønsker at skabe et bæredygtigt samfund og væredygtige borgere. ”Til skole”, sagde Løgstrup, ”hører oplysning ... om naturen vi er indfældet i med vort åndedraet og stofskifte, om universet vi er indfældet i med vores sanser”. Udviklingen af en ”bæredygtig dannelsel” ligger i direkte forlængelse af højskolernes tankegang og pædagogik.

Når vi synger at ”Oplysning være skal vor lyst / er det så kun om sivet”, giver vi stemme til en af grundtankerne i Grundtvigs skolesyn: oplysning handler om meget mere end faglighed og uanset hvad der undervises i på en højskole sigter det imod oplysningen om tilværelsen. Livsoplysning er en fordring om at vi alle får indsigt i livets grundvilkår og tilegner os de egenskaber der skal til for at leve et ”jævnt og muntert, virksomt liv på jord”.

At oplysningen om sivet kan fortælle os noget dybere om livet, er faktisk udtryk for en tankegang som er fuldstændig tidssvarende i det 21. århundrede. I Grundtvigs kosmologi er det umuligt at begribe den enkelte del uden at have et begreb om helheden, og det vil enhver systemtænker skrive under på i dag.

Selvom Grundtvig naturligt nok var præget af sin egen tids kosmologiske forestillinger, som er ude at trætte med det vi ved om livets udvikling og historie her halvandet århundrede senere, havde han alligevel fat i noget grundliggende, når han fortalte og skrev om livet som drivkraften i skaberværket – som et lys hvormed tilværelsen må forstås. Der er nemlig noget i denne forestilling der knytter an til det vi i dag ved om vores symbiotiske planet. Livet er en proces der – baseret på cellers evne til homostase, til at skabe variation og til at indgå i nye fællesskaber – kontinuerligt genopfinder sig selv i nye, mere komplekse og diverse former. Og livets mange former kan hver for sig anskues som systemer der indgår i større økosystemer, som indgår i biomer, som tilsammen udgør biosfæren, der regulerer Jordens forskellige kredsløb og klimatiske forhold.

Vi må se vores individuelle og fælles tilværelse i lyset af det vi ved om livet på Jorden. Hvis ikke vi forstår at et rum-

væsen ville kigge på Jorden og se en symbiotisk klode der består af økologiske og sociale fællesskaber på tværs af arter, fra de største pattedyr til de mindste bakterier, forstår vi ikke grundlaget for det liv vi opfatter som vores eget. Og så vil vi ikke være i stand til at handle i overensstemmelse med Jordens og naturens virkelighed. Det er den samklang vi som samfund er blevet døve for – en døvhed hvis konsekvenser vi nu oplever som klimaforandringer, masseudryddelse af arter og naturødelæggelser, der for blot få årtier tilbage ville synes helt igennem usandsynlige. Det er kun ved at lære at høre, se og føle vores samhørighed med livets fællesskab at vi kan ændre kurs.

Det må være kernen i en dannelsel der ønsker at skabe bæredygtighed. Men når man kigger ud i samfundet og vores globale civilisation, fristes man til at spørge, hvor oplysningen og fortællingen om livet mon er blevet af? Hvad skete der med forståelsen af mennesket som uløseligt forbundet med og bundet af naturen? Er vores natursyn blevet forkøblet af historien om den stærkestes overlevelse og genernes selviskhed? Findes fællesskabet og samarbejdet ikke også i naturen? Hvad skete der med kærligheden til og fascinationen af naturen? Hvor skal vi lede efter en fortælling om livet der kan bære os igennem klima- og biodiversitetskriserne?

Det må være en af højskolens fremmeste opgaver i dag at genfortælle historien om livet og tilskynde en dannelse der åbner muligheder for at vi genfinder vores plads i naturen – hverken over eller udenfor den. I dag ved vi, at selvom alle levende væsner ikke er lige komplekse, er de lige udviklede. Alle former for liv der findes på kloden lige nu er resultatet af mere end tre milliarder års udvikling, hvad enten det er bakterier, flagermus, mennesker eller blåhvaler. Hvis ikke vi respekterer alle arters grundlæggende ret til at være her, nedbryder vi en orden der er større end os og som danner grundlaget for vores eksistens. Vi modarbejder faktisk den proces – eller den kraft og det lys, som Grundtvig måske ville have sagt – der udfolder sig i alle levende systemer.

For ifølge livsvidenskaberne er livet ikke en ting, men en proces – og ovenikøbet en proces som er karakteriseret af kognition, læring og kreativitet. I dette perspektiv er vi mennesker ikke bare individer der eksisterer i samspil med vores omgivelser, vi er *holobionter*, hvilket vil sige at vi i os selv er økosystemer der består af et væld af organismer der tilsammen udgør en krop som er i konstant udveksling med vores omverden. Vi er en del af en proces og et fællesskab der i kraft af sin egen eksistens – sin evne til selvopretholdelse, vækst, diversitet – opretholder grundla-

get for liv på Jorden. Livets fællesskab er på den måde det næststørste fælleskab på planeten der udgøres af alle arter og holobionter der består af celler.

Det største fællesskab er Gaia, koblingen af livet og materien på Jorden, der tilsammen udgør et selvregulerende system. En planet der, som en lille ø i det uendelige verdensrum, er i stand til at opretholde grundlaget for liv, kognition, bevidsthed og kreativitet. Det er et fællesskab, hvor vi allesammen hører til. Det er en del af os, ligesom vores mikrobiota er en del af os. Vi er hver især forankret i et fællesskab der forlænger vores individuelle jeg ud i verden: i de økosystemer vi bevæger os i, i hele biosfæren med al dens forskellighed, ja helt ud til jordkloden som helhed. Det ”vi” kalder ”os”, strækker sig meget langt ud i verden. Dette er en forståelse som har potentialet til at forandre vores væren.

Grundtvigs virke var centreret om at almuen, den fattige, uoplyste bondebefolkning, skulle begynde at opfatte sig selv som en del af et folk – sammen med borgerskabet, adelén og kongen. Omfanget af det projekt er svært at forestille sig i dag. Dengang ville en bonde måske opfatte en dansk adelsmand som ligeså anderledes som en hvilken som helst anden europæisk adelig. For Grundtvig var det folkelige forankret i det almenmenne-

skelige. For ham handlede livsoplysning i høj grad om at alle skulle lære deres leveværd som menneske at kende. I dag kan vi godt forestille os menneskeheden og at vi i principippet allesammen er lige meget mennesker. Vi er på vej til at have taget skridtet fra folk til art (selvom det nogle gange kan føles som om der er lang vej endnu).

Det næste skridt må være for os mennesker at udvikle eller genopdage bevidstheden om at vi er en del af livets fællesskab og dermed også af den levende Jords fællesskab. Ikke som et højere udviklet væsen der skal træde ned blandt pøblen, men på lige fod med alle andre levende væsner. Vi mennesker er uvilkårligt født ind i to almene fællesskaber: det ene er det menneskelige og det andet er biosfæren. Bevidsthed om livets fællesskab må være en del af den dannelse vi tilsigter på højskolen. Og det er ikke kun et spørgsmål om at bedrive en pædagogik der er tilpasset tiden. Det er et spørgsmål om at bevidstheden om livets fællesskab kan blive afgørende for, hvordan den globale økologiske krise, vi befinner os midt i, kommer til at udvikle sig.

Der findes nogle grundliggende regler vi som mennesker bliver nødt til at respektere for at biosfæren kan blive ved med at understøtte os. De regler bør vi

alle kende. Livet har sine veje og vi kan enten følge dem eller vi kan ignorere dem. Men så snart vi lukker øjnene for livets principper og negligerer livets fællesskab, navigatorer vi uden kompas og løber den risiko at vores vej ender blindt. Det gør en verden til forskel om vi formår at åbne os for den måde livet udfolder sig, og indretter vores tilværelse tilsvarende, eller om vi påtvinger verden vores forestillinger om, hvordan den bør være. Det handler ikke bare om bevidsthed eller væren – vi kan rent faktisk forlade os på de mønstre livet tegner i naturen, hvis vi kan genkende dem.

Dette er samtidig et perspektiv som åbner for nye organisations- og handleformer. Vi behøver ikke at opfinde bæredygtige fællesskaber fra bunden. Vi har meget at lære af den måde økosystemer er indrettet og fungerer. Vores demokratiske processer, økonomiske systemer og lovmæssige rammer kan faktisk indrettes i overensstemmelse med naturens grundprincipper. Det findes der også eksempler på fra andre kulturer. Hvis vi først kan opdage vores blindhed og døvhed overfor livet og naturens orden, er der masser af materiale at lære af. Det sværreste er at mærke det *fravær* i vores dannelse der har givet os et fattigt natursyn og et fragmenteret verdensbillede. Og derfor er det, når det kommer til stykket, måske heller ikke helt

enkelt for højskolerne at udvikle en “bæredygtig dannelse”.

Det kræver at vi i undervisningen tør sætte vores blindhed og døvhed under luppen. Det kræver eksperimenter, fejltrin og forlis. Men hvis vi begynder med begyndelsen, og undervejs lærer lidt om livet, om naturen og om Jordens system, behøves det ikke være svært. Meir Goldschmidt anså dannelse som ”den udviklede evne til at være opmærksom” og hvis vi bare bruger opmærksomheden rigtigt skal dannelsen nok opstå af sig selv. Når man bliver i stand til at være opmærksom på noget nyt i sig selv og i verden, udvides ens syn på virkeligheden, ens selvforståelse, tænkemåde eller væremåde. Måske er bæredygtig dannelse så simpel som at udvikle vores evne til opmærksomhed på forholdet imellem mennesker og natur.

Fortællingen er vigtig: den rammesætter vores handleformer, værdier, natursyn og selvforståelse. Det vidste Grundtvig og derfor blev fortællingen om livet, lyset og livsoplysningen helt central i udviklingen af den dannelse der foregår i højskoleverdenen. I dag kan det virke gammeldags når vi synger om et ”jævnt og muntert, virksomt liv på jord” og at ”alting ventes i naturens orden”. Men det er ikke desto mindre aktuelt, og ja, endda

påtrængende, når det gælder samtalen om fremtidens dannelse. I en tid der er præget af en global økologisk krise, som er forårsaget af os mennesker, er fortællingen om livet måske vigtigere end nogensinde. Måske har vi glemt at blive ved med at fortælle historien om livet – også i højskolen.

Den samfundsmæssige fortælling om den globale opvarmning har placeret klimaforandringerne langt væk i tid og sted, samtidig med at den primært har italesat løsningerne som globale i skala. På den måde har klimaforandringerne længe været for abstrakte, og løsningerne for komplicerede, til at de grundlæggende problematikker har føltes vedrørende for almindelige mennesker. Derfor er der en omfattende pædagogisk udfordring i at gøre planetære forandringer i naturen, som kan føles hypotetiske og immaterielle, begribelige og håndgribelige.

Det er den udfordring faget Kloden Kalder tager op. Den virtuelle rejse, som denne undervisningsvejledning understøtter, er et forsøg på at lave et grundmateriale, der kan bruges i undervisnings sammenhænge eller som selvstudie til at oplyse vores miljø-analfabetisme og udvikle vores evne til opmærksomhed på relationen imellem mennesker og natur.

Introduktion til den virtuelle rejse

Kloden Kalder er et fag der handler om hvad der sker med naturen på kloden lige nu og hvor vi finder alternativerne til forbrugssamfundet. Faget består af flere moduler, hvoraf den virtuelle rejse er den del der danner grundlaget for en forståelse af naturens tilstand, global økologi og klimavidenskab. Den virtuelle rejse består af ni Prezi-præsentationer som hver introducerer forskellige dele af, og perspektiver på, Jordens system. Denne undervisningsvejledning understøtter disse præsentationer med mere baggrundsinformation, vejledning i de forskellige øvelser og tips til de samtaler der kan opstå undervejs i forløbet.

Materialet er skabt for at kunne give mine elever og andre interesserede en indføring i de grundproblematikker den globale opvarmning præsenterer. Det er min oplevelse, både som forsker og underviser, at de forandringer i naturen vi står midt i som oftest bliver formidlet i tekniske og abstrakte termer. Derfor er målet med den virtuelle rejse at præsentere klima- og miljøforandringerne på en måde som kan forstås af sanserne og med kroppen. Her kan oversigtsgrafer også have sin ret, men som udgangspunkt har hensigten været at

skabe et undervisningsmateriale der ikke kræver nogen forhåndsviden, og som de fleste lægfolk selv kan sætte sig ind i.

Efter en grundig undersøgelse af eksisterende undervisningsmaterialer, fandt jeg ikke noget der uden videre kunne overføres til min undervisning på en høj-

Det primære undervisningsmateriale på den virtuelle rejse er en række Prezi-præsentationer som kan tilgås på hjemmesiden:

klodenkalder.com

Denne undervisningsvejledning giver en indføring i brugen af disse præsentationer og skal læses i sammenhæng med dette materiale.

skole. Faktisk var der, da faget startede i 2016, meget lidt brugbart materiale. Derfor har jeg prøvet at udarbejde den virtuelle rejse så den kan bruges af andre undervisere. Forløbet er et mix af audio-visuelt materiale, historiefortælling, øvelser og samtaler. Det kan bruges i sin helhed, men man kan også udvælge dele af de forskellige lektioner eller bare hente inspiration i det bagkatalog som er at finde i

vejledningens henvisninger og fagets materialebank på klodenkalder.tumblr.com. Materialebanken rummer 1000+ artikler, dokumentarer og andet undervisningsmateriale organiseret efter emne.

Hver lektion er tilrettelagt så den tager cirka tre timer timer at gennemføre med et kvarters pause undervejs. Prezi-præsentationerne, som kan tilgås via hjemmesiden klodenkalder.com, fremviser det audiovisuelle materiale som danner omdrejningspunktet for lektionens fortællinger, øvelser og samtaler. Nærværende vejledning forklarer indgangsvinklen for lektionerne, uddyber hver slide og giver forslag til hvordan de kan præsenteres. Alle slides er nummereret med et symbol 1 som også er at finde i vejledningen så man på den måde kan navigere igennem materialet. De referencer i vejledningen der findes online er farvemarkeret og vil i den elektroniske version åbne det relevante link i en browser, hvis man klikker på det. Samtlige hyperlinks er angivet i slutningen af beskrivelsen af hver lektion.

Jeg har en fortælling, der fungerer som min røde tråd for hver lektion, og efterhånden som jeg kender de forskellige fakta

bliver de lettere at huske. Men det kræver stadig forberedelse at præsentere materialet – desværre udvikler klimaforandringerne og -videnskaben sig med en hast der gør at materialet skal opdateres hvert semester. Hvis du ønsker at bruge en eller flere af præsentationerne i deres helhed, er mit bedste tip derfor at sætte dig ordentligt ind i stoffet inden du tager andre med på rejsen. Men derudover kræver det ikke en særlig viden at formidle materialet. Det er derimod en fordel at være øvet i at holde en fælles samtale og rumme de tanker og følelser der er forbundet med et så stort og altomfavnende emne som klimaforandringerne.

Som enhver der har givet en PowerPoint-præsentation ved, kan det være en fin balance at have et slideshow at læne sig op af – det er let at lade sig styre af sine slides. Derfor vil jeg anbefale at du tænker på Prezi-præsentationen som det sekundære og din egen fortælling som det primære. Præsentationerne skal understøtte din undervisning og ikke omvendt. Hvis der opstår en spændende diskussion, eller det er vigtigere, at I sætter jer udenfor og snakker, så gør det. Følg de spørgsmål og samtaler der opstår undervejs. De forskellige præsentationer er af forskellige længder da nogle af dem indeholder flere øvelser og diskussionspunkter end andre. Nogle af præsentationerne slutter af med

visningen af en dokumentarfilm som evt. kan byttes ud med samtaler eller øvelser.

Det er en fordel at have en udmærket projektor og et sæt gode højtalere. Jo større og skarpere billede og lyd desto bedre! Jeg bruger en klikker/laser-pegepind til at skifte slides. På den måde er jeg fri for at skulle sidde ved computeren og kan pege på billederne uden at stå foran projektoren. Jeg har ofte nogle af de bøger med som jeg refererer til i lektionerne og læser op af dem. Det er en fordel at finde måder at skabe afveksling og bryde fokusset på skærmen. Hold pause når du synes at kunne mærke det bliver svært at holde opmærksomheden.

Den virtuelle rejse og den medfølgende undervisningsvejledning skal ikke ses som en færdig pakke, men som et inspirationsmateriale man kan opbygge sit eget læringsforløb omkring eller bruge i uddrag. Forløbet kan skrues sammen som man vil, og lektionerne behøves ikke præsenteres i den rækkefølge der beskrives her. Illustrationerne i denne vejledning er udarbejdet med henblik på at man kan få en fornemmelse af, hvordan materialet og de forskellige øvelser *kan* bruges og udfoldes, men der findes ikke nogen anden måde at gå til det på end improvisationen og opmærksomheden på eleverne. Hvis du bruger materialet og gør dig erfaringer

med det, eller har forslag til at udvide materialet, vil jeg meget gerne høre om det.

Selvom der ikke er nogen forudsætninger for at bruge dette materiale kan man med fordel læse følgende værker, som har inspireret mig i mine egne studier og undervisning:

Lee Kump, James Kasting & Robert Crane (1999) *The Earth System*, Prentice Hall

Mike Hulme (2009) *Why We Disagree About Climate Change*, Cambridge University Press

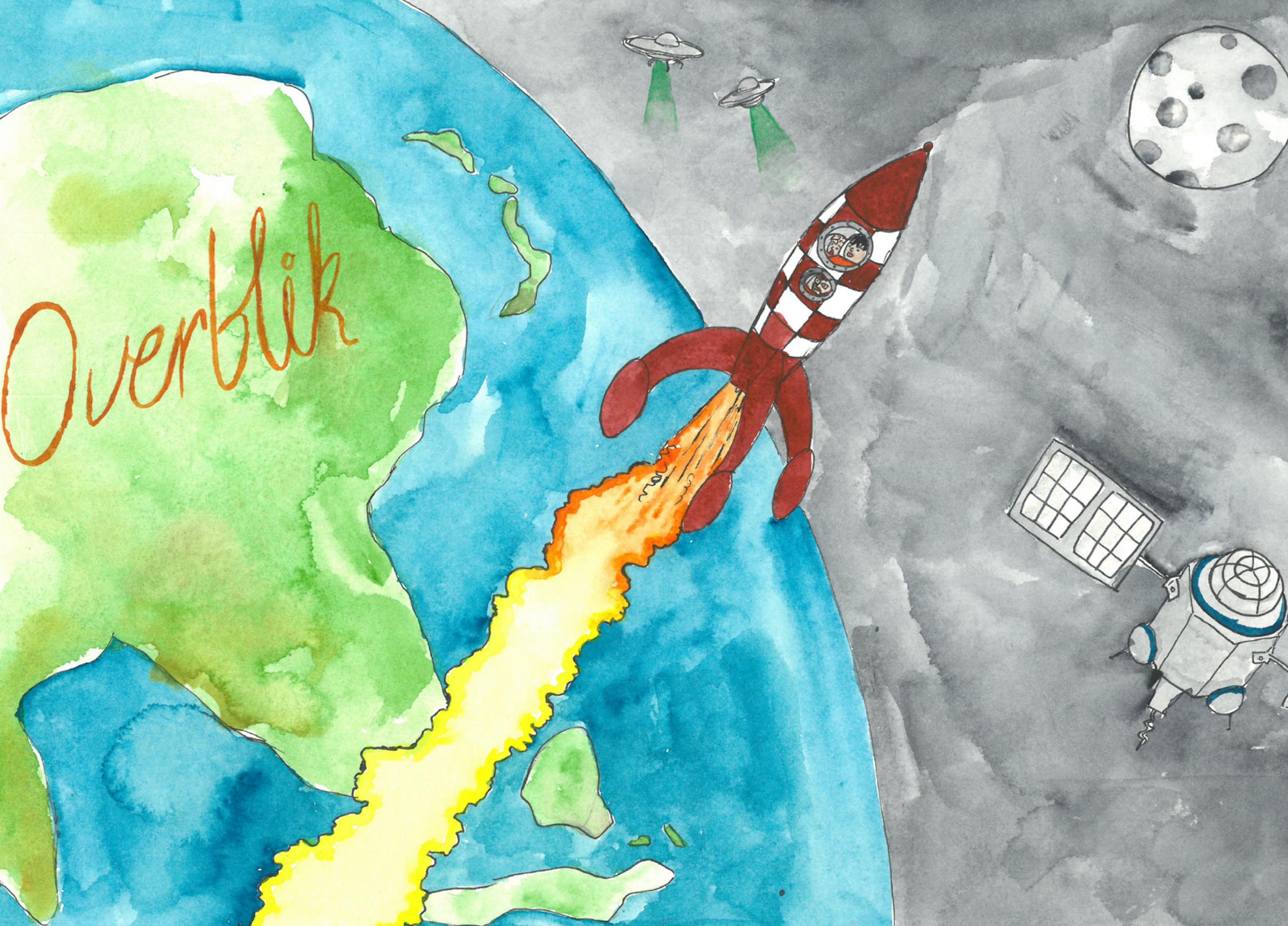
David Archer & Stefan Rahmstorf (2010) *The Climate Crisis*, Cambridge University Press

Fritjof Capra & Pier Luigi Luisi (2016) *Liv. System. Helhed.*, Forlaget Mindspace

Endelig vil jeg påpege at ingen fortælling er singulær og at man altid skal spørge ind til den position der fortælles fra. Klimavidenskaben er ikke en neutral sfære at hente sine historier fra og man bør finde sin egen vej igennem andres fortællinger.

Det er mit håb at dette materiale kan understøtte og kvalificere undervisning i de globale forandringer vi som art står midt i – både på højskoler og i andre uddannelsesinstitutioner. Vi står med et fælles ansvar for at de næste generationer lærer at se sig selv som en integreret del af livets store fællesskab.

Overblik

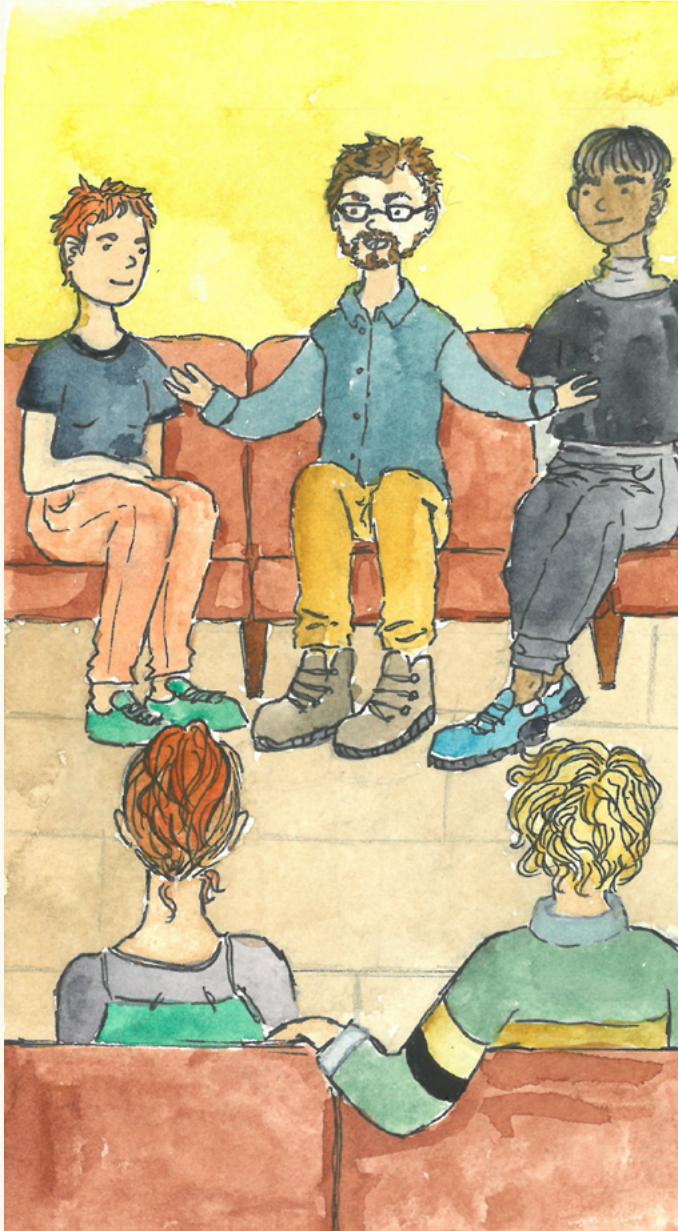


Overblik

*"Overblik" er en reference til forfatteren Frank Whites begreb **the Overview Effect**, som betegner det kognitive skift nogle astronauter oplever når de ser tilbage på Jorden fra rummet. I denne lektion starter vi den virtuelle rejse med at undersøge den oplevelse og reflektere over, hvornår vi selv føler os forbundet med Jorden. Brug fortællingerne om billederne **"Earthrise"** og **"Pale Blue Dot"** til at vække billede af den levende klode til live. Målet er at få vores antenner op og mærke suset i maven, når vi ser os selv som en del af en levende planet som, set imod det store verdensrum, er usandsynligt lille.*

*Denne oplevelse står i kontrast til tidsperspektivet i **"Den Store Acceleration"** og de sidste århundreders sociale og miljømæssige trends, der sætter den store ramme for vores fælles fremtid. Når man holder udviklingen de sidste 250 år op imod Jordens palæo-klimatiske fortid, bliver det tydeligt, hvad der er på færde. Timen slutter med et blik på hvilke produktions- og forbrugsmønstre, der ligger til grund for vores rovdrift på naturens ressourcer. Hvis timen indgår i et længere forløb, er det selvfølgelig vigtigt at forbinde dagens lektion og tema til dette.*

FORSIDESLIDE: Velkommen! Første gang holdet mødes er det vigtigste selvfølgeligt at se hinanden og få følelsen af at være sammen om undervisningen. På Ry Højskole har eleverne allerede været i gang i 6 eller 7 uger når Kloden Kalder starter,



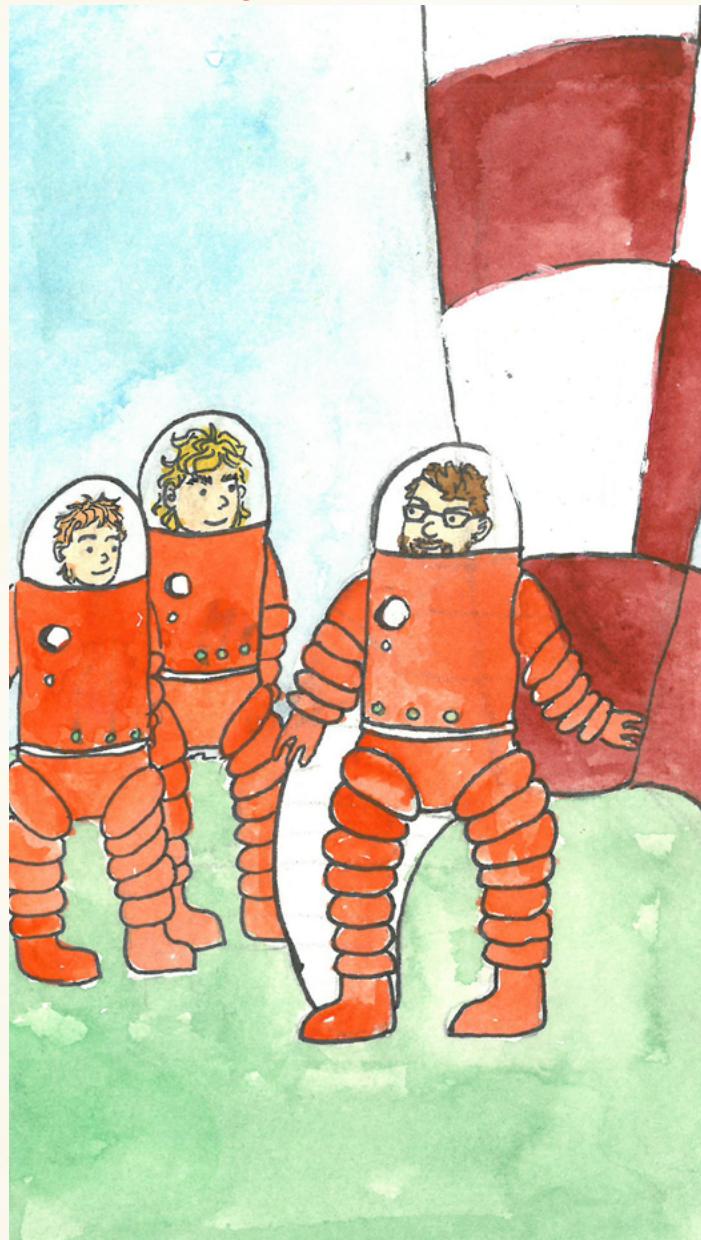
og derfor har næsten alle mødt hinanden før i forskellige sammenhænge. Jeg bruger som regel en halv times tid på navnerunde og snak. Hvis man starter faget med en helt ny gruppe, er det sikkert en god idé at bruge lidt længere tid på at lære hinanden at kende.

Vi starter med at fortælle hinanden, hvorfor vi er her i samme lokale lige nu? Hvorfor har du valgt faget, hvorfor har du valgt at kigge nærmere på naturen, kloden og klimaet lige nu? Hvad ved du allerede, hvilke spørgsmål går du rundt med? Hvordan mødte du din sidemand, hvad drømte du i nat eller hvordan har du det her til morgen?

Inden vi går i gang med dagens lektion, giver jeg en hurtig og overordnet introduktion til faget, grundtankerne og hvordan lektionerne og de praktiske moduler er tilrettelagt. Jeg viser også, hvordan man kan bruge hjemmesiden, materialebanken og undervisningsvejledningen. Det vil sige, at der er gået omkring 45 minutter inden den virtuelle rejse begynder...

1 Introducér dagens tema: det store blik på kloden og på de sociale og miljømæssige trends, der kommer til at forme resten af det 21. århundrede. Oprids de kernebegreber vi kommertil at bruge i løbet af dagens lektion:

- The Overview Effect
- Den Store Acceleration
- Den antropocæne tidsalder
- Økologisk fodafttryk, økologisk gæld, og biokapacitet
- Planetære grænser



2 Vi starter den virtuelle rejse med en tur ud i Rummet. Præsenter kortfilmen **“Overview”**. Der er inspiration at hente på **Overview Institute’s** hjemmeside. Afspil klippet (19:10 min).

Efter I har set kortfilmen kan I tage en snak om, hvad I har set: hvad bed I mærke i, hvad var spændende? Diskuter idéen om ”overblikseffekten” og hvordan filmen konkretiserer ”det vi ved, men som vi ikke oplever”. Fra rummet er atmosfæren ”en tynd film” om jordkloden, hvorimod den virker uendelig når vi kigger ud i rummet fra Jorden. Her kan du f.eks. introducere Timothy Mortons idé om klimaforandringerne som et **”hyperobjekt”** – noget man kan studere og beregne, men som ikke kan observeres direkte.

3 Fortæl om billedet **“Earthrise”** og den ændring i vores fælles verdensbillede det repræsenterer. Billedet blev taget af Bill Anders i 1968 på Apollo 8 missionen og er blevet beskrevet som ”det mest indflydelsesrige miljøfotografi nogensinde”. Se f.eks. **Global Oneness Project’s dokumentar** om billedet for inspiration.

4 Fortæl om billedet **“Pale Blue Dot”** der blev taget af rumsonden **Voyager 1** i 1990 i en afstand af 6 milliarder kilometer fra Jorden på opfordring af Carl Sagan. Prøv her at fortælle din egen historie om Jorden

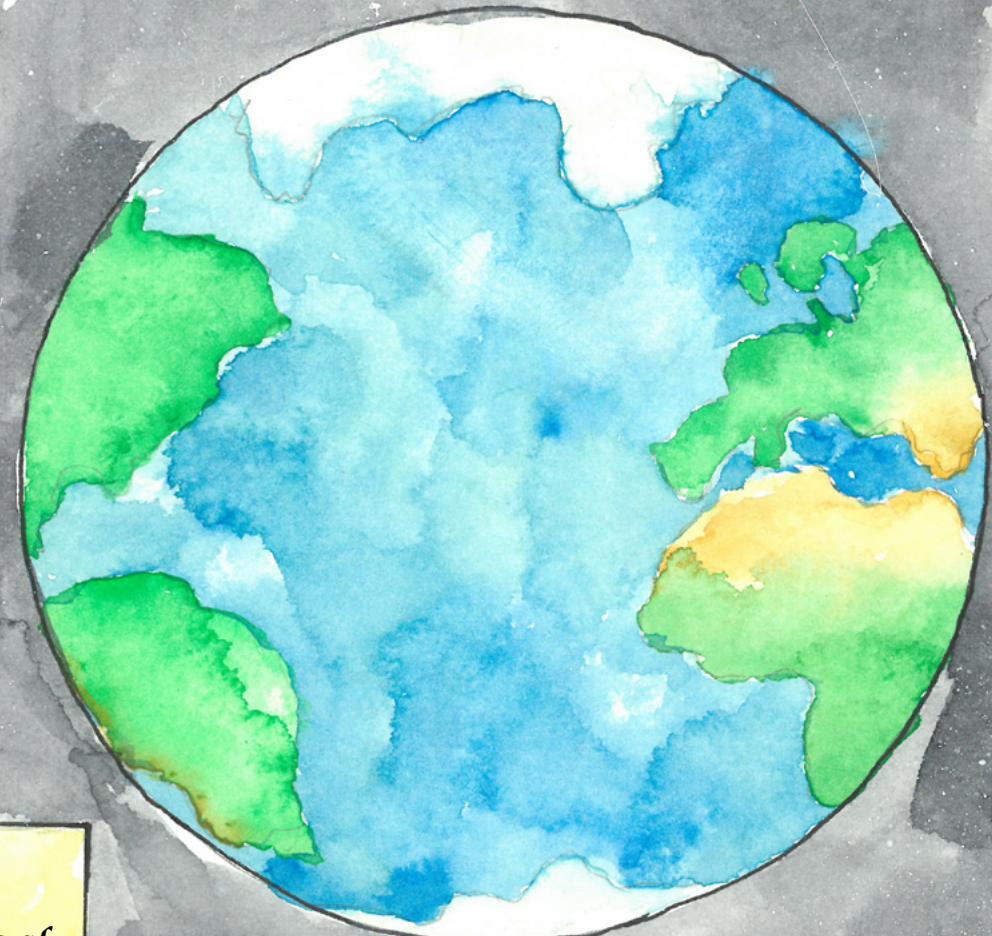
som en planet i Solsystemet omkring to tredjedele fra centeret af Mælkevejen. Du kan f.eks. bruge Thomas Berry og Brian Swinnes bog **”The Universe Story”** som inspiration (se evt. **Swimme fortælle om vores placering i kosmos**).



Bibelens fortælling om naturen:

"Og Gud velsignede dem og sagde til dem: »Bliv frugtbare og talrige, opfyld jorden, og underlæg jorden; hersk over havets fisk, himlens fugle og alle dyr, der rører sig på jorden!«"

Første Mosebog, 1:27-28



Det systemiske blik på Jorden:

Klodens miljø- og klimaforhold styres af et globalt netværk af biologiske og geologiske processer der igennem forskellige feedback-mekanismer regulerer atmosfærrens sammensætning. Som et levende system er Jorden selvregulerende og optimerer forholdene for livets udvikling.

James Lovelocks Gaia-teori

Det mekanistiske verdensbillede:

Sind/sjæl og krop er fundamentalt adskilte – rationel tænkning er det der gør mennesket særegent. Organismer, menneskekroppen inkluderet, er som automater der ikke kan føle glæde eller smerte.

Descartes sjæl-legeme dualisme

Kontekstualiser blikket på Jorden som "en bleg blå prik" i det uendelige Rum (historisk, teknologisk, bevidsthedsmæssigt): diskuter de forskellige religiøse og ideologiske syn på naturen, som har præget samfund igennem tiden. Her kan du f.eks. trække på Jens-André Herbeners idé om tre historiske "økologiske syndefald" (agerbruget, monoteismen, den industrielle revolution), som udlægges i hans bog "Naturen er hellig: klimakatastrofe og religion".

5 Vi "vender tilbage til Jorden" og prøver at lande nogle af de reflektioner, der er opstået på den første del af den virtuelle rejse, inden vi holder en pause. Det overordnede spørgsmål er, *hvordan vi bevæger os fra en forståelsesramme, der som udgangspunkt ser verden som afgrænset og opslittet (imellem individer, kulturer, nationer, sprogstammer, arter, osv.), til et verdenssyn, der forstår, at vi alle er forbundet og indbyrdes afhængige: dele af et hele der inkluderer hele biosfæren og Jorden?* Denne slide stiller tre konkrete spørgsmål:

1. *Har billederne af Jorden fra rummet kraften til at vække undren og en følelse af forbundethed med vores klode?*

» Måske oplever vi ikke alle **savikalpa samadhi** når vi ser en optagelse af Jorden fra rummet, men hvad oplever I når I ser billederne? (Diskuter f.eks. **Bruno Latours** begreb "den kritiske zone" og kritik af "overblikseffekten".)

2. *Hvornår har du oplevet at føle dig forbundet med Jorden?*

» På en gåtur i skoven, ved havet, i en luftballon? Hvor, hvornår, hvad skete der, hvordan oplevede du det?

3. *Hvordan kan vores kultur blive mere forbundet med Jorden?*

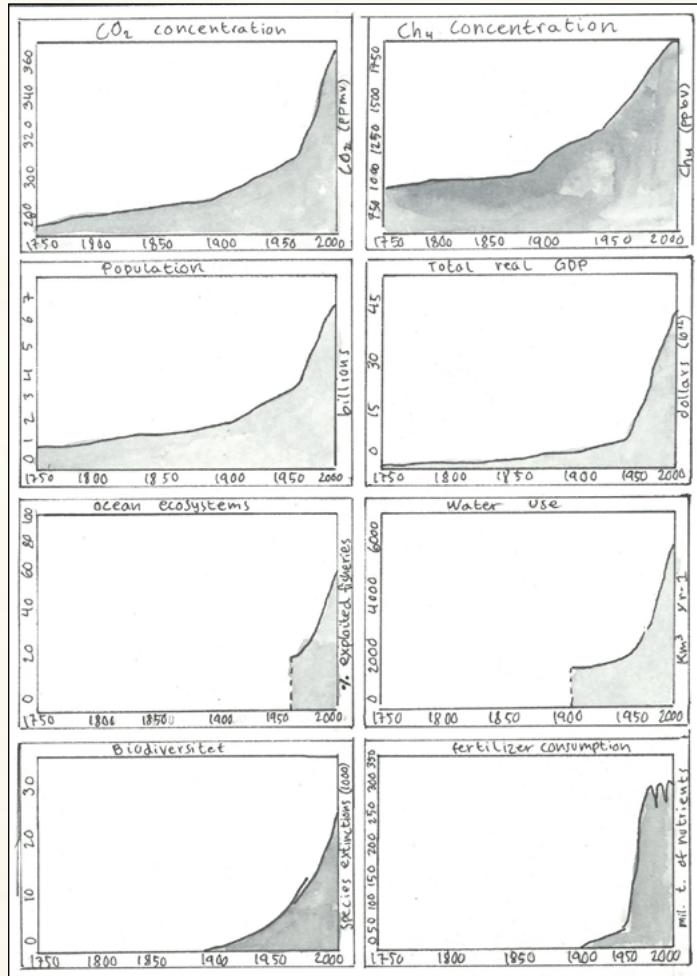
» Hvordan bliver vi alle mere bevidste om, at vi er indlejrede i naturens kredsløb, og hvordan indretter vi samfundet i samklang med denne grundlæggende virkelighed?

Målet er her at anskueliggøre, hvordan den historie vi fortæller om vores plads i naturen og på Jorden, stiller os i en bestemt relation til andre levende væsner: vi passer kun på det, vi kan relatere til og holder af. Det er min erfaring, at denne diskussion sagtens kan tage 20 minutter, men det afhænger af gruppen. Hvis du synes det trækker i langdrag, så bare hold pausen tidligt. Vi er ved at være halvvejs.

FORSIDE SLIDE: Vi holder et kvarters pause.



6 Perspektiver den globale opvarmning ud fra teksten (eller læs bare højt). Jeg bruger fortællingen om **dampmaskinens** betydning for den industrielle revolution som et omdrejningspunkt i historien om udviklingen af et økonomisk system, der bygger på og er afhængigt af fossile brændstoffer (se f.eks. **dette sammendrag** af de forskellige vinkler på historien). Du kan også hente inspiration til din fortælling hos **Global Carbon Atlas**.



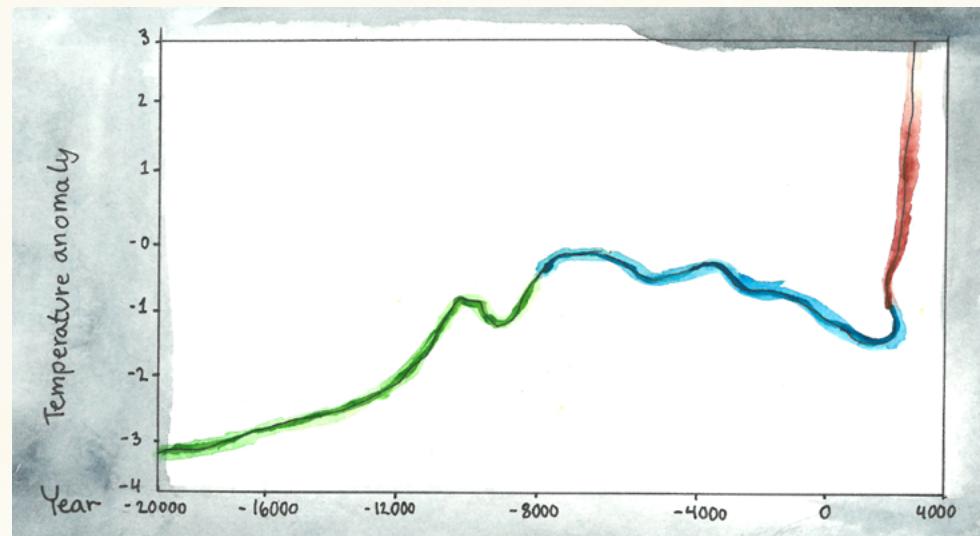
En af grundtankerne i Kloden Kalder er at prøve at gøre klimaforandringerne konkrete og forståelige igennem sanserne. Når eleverne præsenteres for grafer, som de gör på slide 8, er det derfor vigtigt at de relateres til den virkelighed de fortæller noget om. Den øgede mængde af CO₂ i atmosfæren i perioden 1750-2000 bør derfor kædes sammen med de handlinger og aktiviteter som er årsagen – som f.eks. brugen af kul som brændstof og varmekilde.

7 Disse grafer viser udvalgte samfunds- og miljø-mæssige tendenser for perioden 1750-2000 (graferne er hentet fra rapporten **"Global Change and the Earth System"**). Jeg har en personlig historie om disse grafer, som jeg fortæller her: da jeg så dem første gang og fremskrev dem til 2008 (hvor jeg var i gang med at læse min MSc Climate Change) blev jeg overvældet af oplevelsen af, at vi i det 21. århundrede lever midt i en eksponentiel udvikling, som ingen kan kontrollere eller ved hvor ender. Prøv på samme måde at "fremskrive" graferne til i dag og peg på, "hvor" på kurverne vi er lige nu for at vise, hvor hurtigt disse trends udvikler sig (du kan f.eks. finde en opdatering af koncentrationen af CO₂ i atmosfæren [her](#)). Hvis du selv har haft en stærk oplevelse med at kigge på klimaforandringerne eller klodens tilstand, så fortæl om den.

Den skarpe opadgående kurve efter 1950 danner baggrunden for fortællingen om **Den Store Acceleration** og forslaget om **den antropocæne tidsalder** som betegnelsen for en ny geologisk epoke. Introducér disse begreber her. For mere inspiration se f.eks. **Anthropocene Working Group** eller artiklen **"Generation Anthropocene"**. The Anthropocene Project og the Royal Canadian Geographical Society har også udviklet undervisningsmaterialer om emnet.



8 Denne slide sætter perioden fra 1750-2000 i perspektiv. Fortæl om vigtigheden af at sætte data i kontekst: hvis vi vil vide, om udviklingen de sidste århundreder virkelig kan kaldes en acceleration, bliver vi nødt til at vide noget om den større tidshorisont. Derfor zoomer vi i de næste to visualiseringer tilbage i tiden. Først kigger vi på de sidste 22.000 år med denne animation af en grafik af Jordens middeltemperatur lavet af Randall Monroe aka [xkcd](#).



Klippet på Slide 8 anskueliggør at konteksten for de foregående grafer er en voldsom stigning i atmosfærrens middeltemperatur.

Inden animationen afspilles, forklar hvordan man skal læse grafikken ud fra videoens still-billede. Tid angives på y-aksen til venstre, mens x-aksen viser Jordens middeltemperatur. Den stiplede linje viser middeltemperaturen sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1961-1990 (midterlinjen, der angiver 0°C). Her introduceres **forskellen på vejr og klima**: vejrs er det, vi ser når vi kigger ud af vinduet, mens klima udregnes som gennemsnittet af vejrfordelene over tid (som regel en 30-års periode).

Afspil klippet (6:41 min).



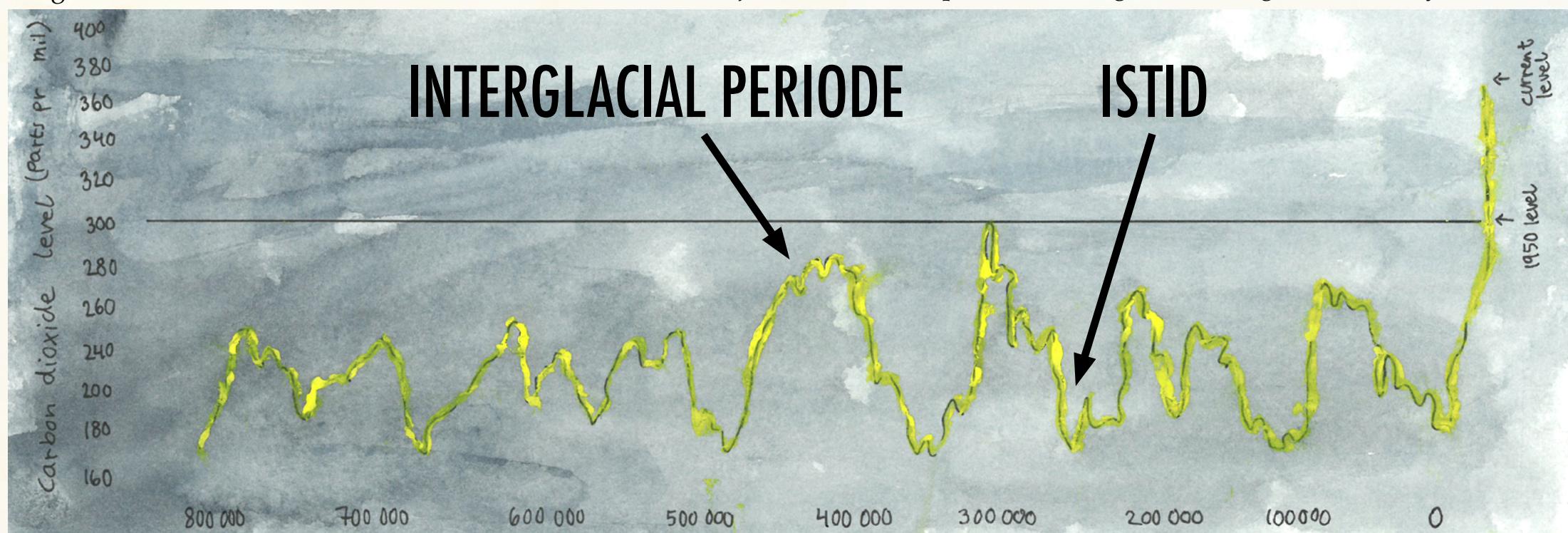
9 Denne graf sætter de sidste 22.000 år i perspektiv. Her kan du fortælle om betydningen af kurvens top og bund: fordi der er et sammenfald mellem niveauet af CO₂ og atmosfærens temperatur, kan vi se, hvornår der har været istider ud fra grafen. Bemærk, at niveauet af CO₂ ikke har været så højt, som det er i dag, på noget tidspunkt i løbet af de sidste 3 millioner år – dengang var Jordens middeltemperatur 2-3°C varmere end den før-industrielle tid og vandstanden i havene 15-25m højere.

10 Efter at have set Den Store Acceleration i den helt store tidshorisont vender vi tilbage til samtiden og det globale overforbrug af naturens ressourcer. Denne slide

introducerer begreberne økologisk fodaftryk (ecological footprint), økologisk gæld (ecological debt eller deficit) og biokapacitet. For ikke at overskride naturens evne til at regenerere Jordens biomasse bør vi begrænse vores ressourceforbrug til ca. 1,7 "globale hektarer" (et udtryk for Jordens samlede produktion af fornybare ressourcer per hektar biologisk produktion). Dette er kladens biokapacitet. Når menneskehedens forbrug af ressourcer (det økologiske fodaftryk) overstiger denne grænse, tærer vi på de ressourcer fremtidige generationer skal leve af og skaber økologisk gæld. Det er dette forhold, der ligger bag udsagnet om, at vi har brug for ressourcer svarende til 1,75 jordklode for at oprethol-

de den globale civilisation (ca. 4,5 for at leve, som vi gør i Danmark). Det økologiske fodaftryk er opfundet og udregnet af Global Footprint Network som også udregner Earth Overshoot Day. Du kan læse mere om begreberne og udregningsmetoden for det økologiske fodaftryk i denne rapport. Bemærk at konceptet er omdiskuteret, se f.eks. denne artikel.

11 Introducér konceptet planetære grænser og ni centrale processer, som regulerer Jordens system. Dette er en anden måde at anskue menneskehedens samlede påvirkning af naturen. Når en grænse overskrides, øges risikoen for bratte og uoprettelige forandringer i Jordens system.





12 Diskuter *hvordan* de trends, vi ser i Den Store Acceleration, er forbundet med det globale forbrug af naturens ressourcer. Åben op for en fælles samtale om, hvorfor vores ressourceforbrug stiger så voldsomt – her er masser af emner at tage fat på: f.eks. økonomi/vækst, teknologi, markedsføring, neoliberal ideologi, forbrugskultur, natursyn (du kan f.eks. påpege hvordan ordet "ressourcer" indebærer en særlig relation imellem mennesker og natur, hvor mennesket står udenfor naturen som forbruger af den). Måske kan du hente inspiration i Fritjof Capras betragtninger om **kvalitativ vs. kvantitativ vækst**.

Introducér the **Story of Stuff** og afspil videoen (21:25 min).

13 Afrundende diskussion, spørgsmål og opfølgning på dagens begreber. Jeg pointerer her, at "klimakrisen" i lige så høj grad handler om kultur, som den handler om miljøet og bruger diskussionen som anledning til at pege frem imod de ting vi laver i fagets praktiske undersøgelser af alternativer til forbrugssamfundet.

14 Fortæl om, hvor eleverne kan finde ud-dybende materialer, og hvordan de kan bruge hjemmesiden og materialebanken.



Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/ZIXohwvv4OHMsBGyddJ/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-overview>

Det store blik på Jorden

James Lovelock (1979) *Gaia – A New Look at Life on Earth*, Oxford University Press

Brian Swimme og Thomas Berry (1992) *The Universe Story*, Harper Collins

Natursyn

Ole Jensen (2019) *På kant med klodens klima*, Ek-sisten

Jens-André P. Herbener (2015) *Naturen er hellig – klimakatastrofe og religion*, Informations Forlag

Menneske og natur

Timothy Morton (2018) *Being Ecological*, Pelican Books

Bruno Latour (2018) *Ned på Jorden*, Informations Forlag

Miljøkrisen som systemkrise

Jason W. Moore (2016) *Anthropocene or Capitalocene?*, PM Press

Lester R. Brown (2003) *Plan B: Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble*, W. W. Norton & Company

Nafeez Mosaddeq Ahmed (2010) *A User's Guide to the Crisis of Civilization*, Pluto, Macmillan. Se også dokumentaren *The Crisis of Civilisation*: <https://graspthenettlefilm.com/portfolio/the-crisis-of-civilization>

Miljøkrisen som kultukrise

Paul Kingsnorth og Dougald Hine (2009) *Uncivilisation – The Dark Mountain Manifesto*

Alastair McIntosh (2008) *Hell and high water*, Birlinn

John Michael Greer (2013) *Not the future we ordered*, Karnac

Miljøkrisen som konsekvens af moderne produktion og forbrug

Annie Leonard (2011) *The Story of Stuff*, Free Press

Hyperlinks

Frank White: https://overviewinstitute.org/dt_team/frank-white/

The Overview Effect: https://en.wikipedia.org/wiki/Overview_effect

Earthrise: <https://en.wikipedia.org/wiki/Earthrise>

Pale Blue Dot: https://en.wikipedia.org/wiki/Pale_Blue_Dot

Den Store Acceleration: https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Acceleration

Den antropocæne tidsalder: <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthropocene>

Den antropocæne tidsalder 2: <http://www.anthropocene.info/>

Økologisk fodastryk: https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_footprint

Økologisk gæld: https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_debt

Biokapacitet: <https://en.wikipedia.org/wiki/Biocapacity>

Planetære grænser: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

Overview, kortfilm: <https://vimeo.com/55073825>

Overview Institute: <https://overviewinstitute.org/>

Hyperobjekt: <https://www.hcn.org/issues/47.1/introducing-the-idea-of-hyperobjects>

Global Oneness Project, "Earthrise" kortfilm: <https://www.globalonenessproject.org/library/films/earthrise>

Voyager 1: https://en.wikipedia.org/wiki/Voyager_1

Brian Swimme, "Where are we?": <https://youtu.be/sZckDXoFSy0>

Jens-André Herbener, økologiske syndafald: <http://www.kulturverk.com/2015/07/16/naturen-er-hellig/>

Savikalpa samadhi: <https://en.wikipedia.org/wiki/Savikalpa>

Bruno Latours kritik: <http://www.bruno-latour.fr/node/755>

Dampmaskinen: https://en.wikipedia.org/wiki/Steam_engine

Fossil kapital, sammendrag: <https://theecologist.org/2016/apr/27/fossil-capital-rise-steam-power-and-roots-global-warming>

Global Carbon Atlas: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/outreach>

Global Change and the Earth System: http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680007761/1376383137895/IGBP_ExecSummary_eng.pdf

CO₂ i atmosfæren: <https://www.co2.earth/>

Anthropocene Working Group: <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>

Generation Anthropocene, artikel: <https://www.theguardian.com/books/2016/apr/01/generation-anthropocene-altered-planet-for-ever>

The Anthropocene Project: <https://theanthropocene.org/education/>

Royal Canadian Geographical Society: <https://anthropocene.canadiangeographic.ca/>

xkcd: <https://xkcd.com/>

Forskellen på vejr og klima: https://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/climate_vs_weather.html

CO₂ og atmosfærens temperatur: <https://www.ncdc.noaa.gov/global-warming/temperature-change>

CO₂ i atmosfæren, historisk: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

Global hektar: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_hectare

Danmarks fodastryk: <http://data.footprintnetwork.org/#/>

Global Footprint Network: <https://www.footprintnetwork.org/>

Earth Overshoot Day: <https://www.overshootday.org/>

Danmarks globale fodastryk, WWF rapport: <http://www.sydhavnstippen.dk/wp-content/15-rapport-globalt-fodastryk-i-danmark-2006.pdf>

Footprint diskussion: http://www.andreasaltelli.eu/file/repository/footprint_PUBLISHED.pdf

Kvalitativ vækst, Capra: <https://www.fritjofcapra.net/qualitative-growth/>

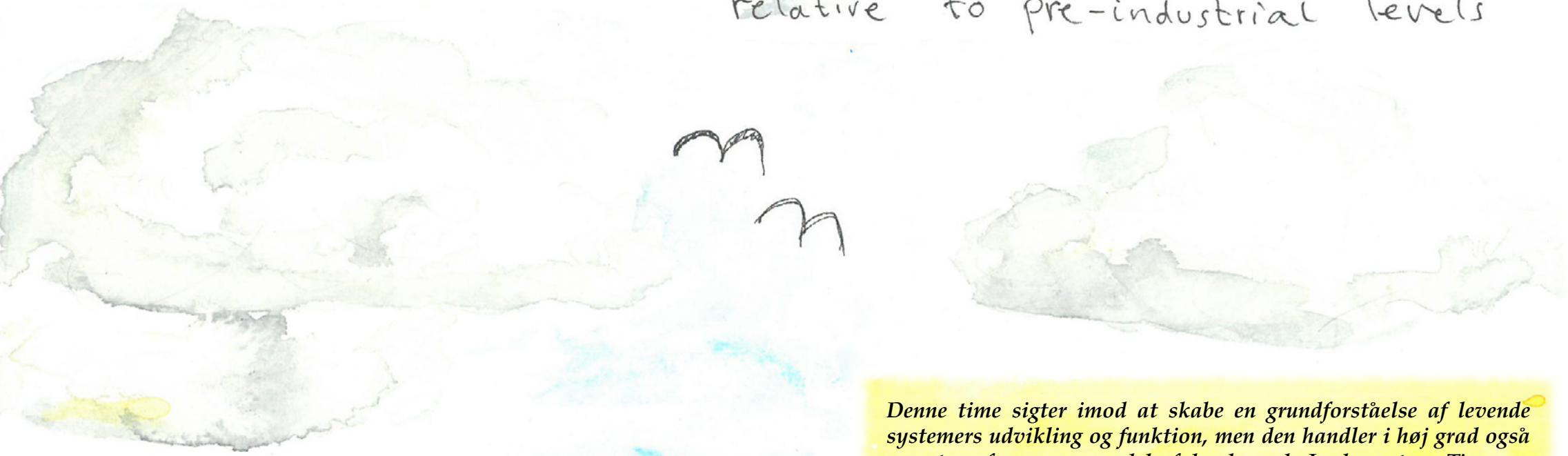
The Story of Stuff: <https://www.storyofstuff.org/>



Jordens
System

Jordens system

without new policies to mitigate climate change, projections suggest an increase in global mean temperature: in 2100 of 3.7 - 4.8 °C, relative to pre-industrial levels



Denne time sigter imod at skabe en grundforståelse af levende systemers udvikling og funktion, men den handler i høj grad også om atmosfæren som en del af den levende Jordens system. Timen er en introduktion til Jorden forstået som et selvregulerende system og giver samtidig et indblik i, hvordan det klimatiske system er i forandring. Målet er at forstå naturlige systemers homostase, de fundationale dynamikker som regulerer atmosfæren samt kulstofkredsløbets betydning for klodens temperatur. Præsentationen har mange slides og er den mest tekniske lektion på den virtuelle rejse, men hvis eleverne kan forstå disse grundlæggende koncepter, har de en forståelse der kan sætte resten af rejsen i det rette perspektiv. Det er derfor vigtigt at tage tiden til at forklare koncepterne og tjekke elevernes forståelse. Timen slutter med en diskussion af elevernes syn på fremtiden i lyset af dagens rejse.

FORSIDESLIDE: Kort introduktion til dagens time. Knyt eventuelt an til timen "Overblik": i dag går vi fra det store blik på kloden og naturen til at kigge nærmere på, hvordan temperaturen på Jordens reguleres, og hvilken rolle atmosfærens drivhusgasser spiller. Atmosfæren er omdrejningspunktet for denne time.

1 Introducér de overordnede emner vi skal kigge på sammen i dag. Timen starter med en fortælling om livets udvikling, hvorefter vi kigger på nogle af de grundlæggende systemteoretiske begreber: **tilbagekoblinger**, **feedbackmekanismer** og **homøostase**. Det gør vi for at forstå, hvordan Jordens system fungerer. Så undersøger vi **kulstofkredsløbet**, **Jordens energibalancen** og udviklingen af indholdet af CO₂ i atmosfæren. Vi slutter med et blik på, de konsekvenser klimaforandringerne har for livet på kloden de næste årtier og en samtale om hvordan eleverne ser på fremtiden.

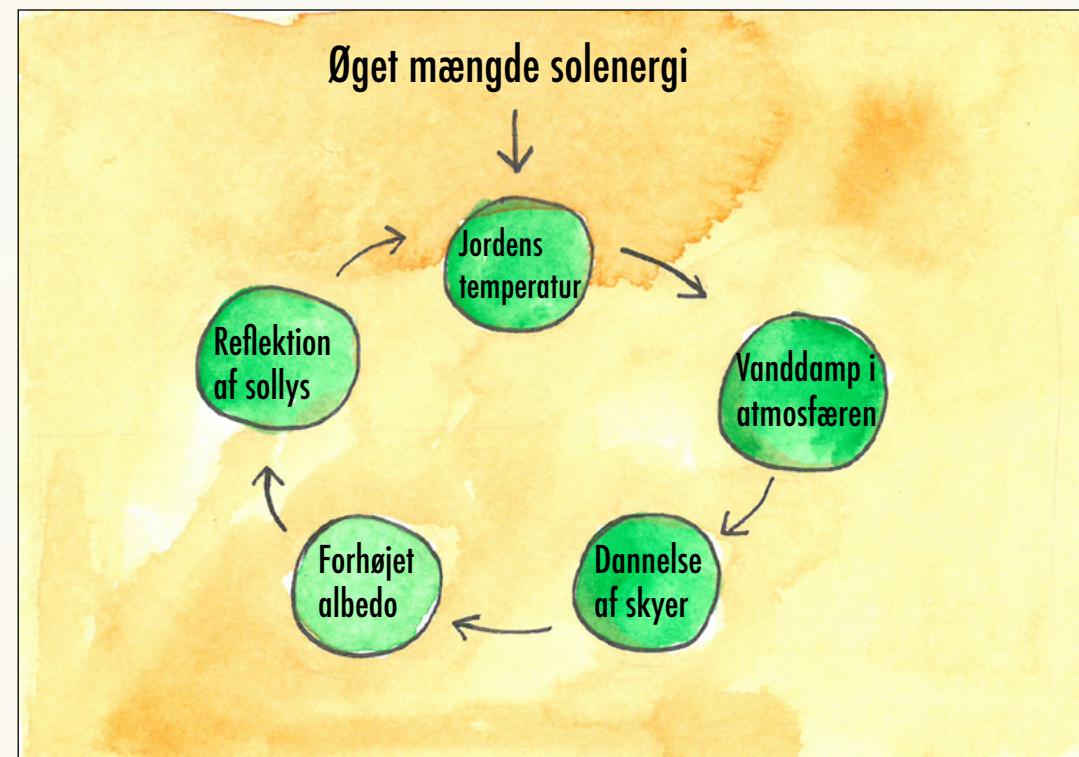
2 - 7 Disse slides understøtter en fortælling om livets udvikling på Jorden. Et af udgangspunkterne for denne lektion er **James Lovelocks** opdagelse af, at levende organismer er med til at regulere atmosfærens sammensætning (som formuleret i **Gaia teorien**). Forståelsen af at livet er med til at regulere Jordens forskellige kredsløb, er en revolution i den videnskabelige opfattelse af livet på Jorden. Derfor starter timen med en fortælling om livets udvikling der rammesætter det systemiske blik på Jorden. Meget af denne fortælling er hentet fra dokumentaren om biologen Lynn Margulis, "**Symbiotic Earth**", og hendes bog "**Symbiotic Planet**". Fortællingen formidler nogle af pointerne fra essayet i forordet til denne undervisningsvejledning. Jeg har lavet en virtuel morgengsamling, "**Fortællingen om livet**", hvor du kan hente inspiration til din egen fortælling. Her kan du også se teksten til det billedmateriale der er brugt på slide **3 - 7**.

8 Fortæl om **Amsterdam-erklæringen**. Læs den eventuelt højt og fortæl om dens **videnskabshistoriske betydning**.

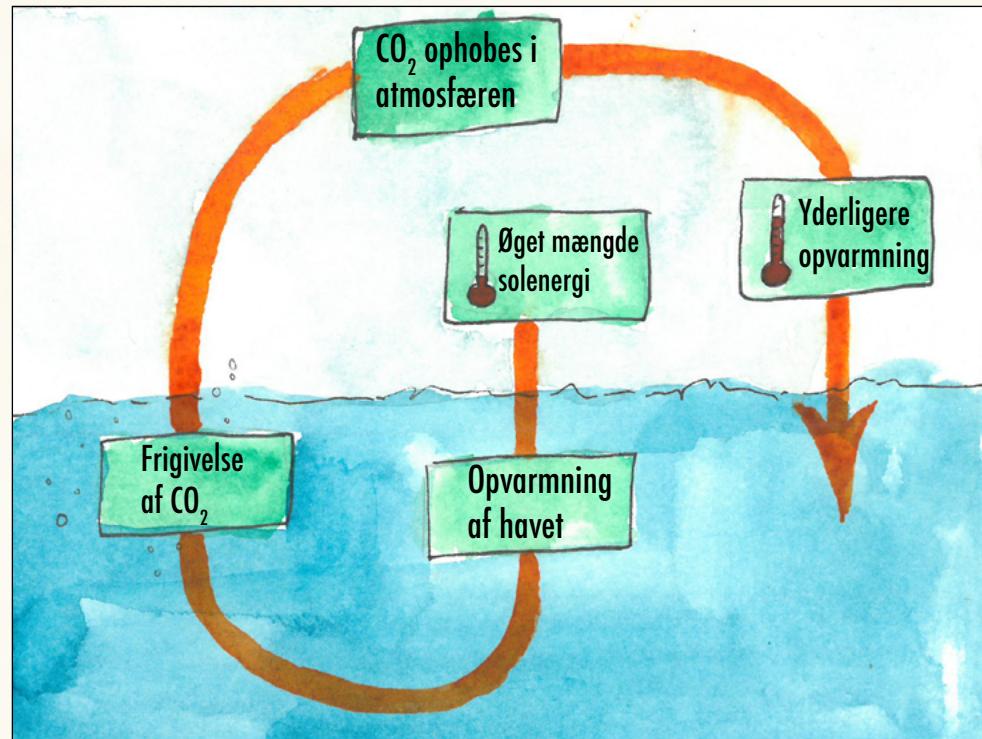
9 - 12 Forklar hvordan Jorden som system består af fire sfærer som igen består af andre elementer: **hydrosfæren**, **geosfæren**, **atmosfæren** og **biosfæren**. På den måde er Jordens system som en russisk dukke, hvor de forskellige dele er indlejrede i hinanden.

13 Introducér **tilbagekoblinger** (feedback) i naturens systemer. En tilbagekobling er ganske enkelt en proces, hvor en påvirkning af en komponent i et system medfører en reaktion. Denne kan være forstærkende (positiv) for det oprindelige signal eller dæmpende (negativ). Tilbagekoblinger er måden hvorpå naturlige processer reguleres. Brug f.eks. kroppens **evne til at svede** som eksempel. Se en forklaring af begrebet med eksempler fra klimasystemet [her](#).

14 Forklar negative tilbagekoblingsmekanismer ud fra eksemplet nedenfor, hvor mere varme i atmosfæren skaber øget for-



Eksempel på negativ feedbackmekanisme



Eksempel på positiv feedbackmekanisme



Homøostase er evnen til at opretholde en ligevægtstilstand

dampning af Jordens vandmasser og dermed øger skydækket, hvilket reflekterer mere sollys tilbage til rummet. Her reagerer systemet på den første påvirkning med en modsatrettet respons. Negative feedbackmekanismer virker stabiliserende på et system ved at regulere dets tilstand hen imod dets ligevægtspunkt. "Negativ" betyder altså dæmpende og ikke dårlig!

15 Forklar positive tilbagekoblingsmekanismer. I eksemplet til venstre medfører en varmetilførsel til atmosfæren at havene opvarmes og frigiver CO₂, hvilket forårsager yderligere opvarmning som frigiver mere CO₂, osv., osv. Man kan også tænke på positive feedbackmekanismer som en ond cirkel eller spiral, hvor det indledende signal forstærkes igen og igen. Et andet eksempel er afsmeltingen af isen på polerne, hvor den hvide overflade, som har en høj **albedo**, erstattes af mørkeblåt havvand, som absorberer mere energi fra solen og dermed forstærker effekten af opvarmningen. Positive feedbackmekanismer virker altså destabiliserende i det klimatiske system, og dette er årsagen til at forandringerne i Jordens klima kan forekomme meget hurtigt, når først et systems evne til at opretholde ligevægt bliver forringet væsentligt.

16 Afspil videoen (5:10 min).

17 **Homøostase** er et levende systems evne til at regulere sit indre miljø så det opretholder en dynamisk ligevægt overfor påvirkninger udefra. Denne evne til selvregulering findes også i økosystemer, hvor cirkuleringen af grundstoffer i det biokemiske kredsløb opretholdes af organismer og sikrer stabilitet. Økosystemer har en tendens til at udvikle sig hen mod en tilstand af balance (**klimaks**). Feedbackmekanismer, særligt negative tilbagekoblinger, spiller en central rolle i økosystemers selvregulering af deres tilstand. Brug dette slide til at opsummere og tjekke forståelsen. Hvis eleverne har styr på disse principper og kan se hvordan systemer (selv)reguleres, har de den grundforståelse der skal til, for at forstå de fleste af de problematikker vi skal undersøge på den videre rejse rundt i Jordens system.



James Lovelock er en britisk videnskabsmand og opfinder, som opdagede at Jorden fungerer som et selvregulerende system, da han i 60erne arbejdede for NASA. Han kaldte sin teori for **Gaia hypotesen**. Teorien var fra starten omdiskuteret, da den blev anset for at modstride principippet om naturlig selektion i evolutionsteori. Derfor udviklede Lovelock **Daisyworld** modellen som ansueliggjorde at feedbackmekanismer kan opstå ud fra naturlig selektion.

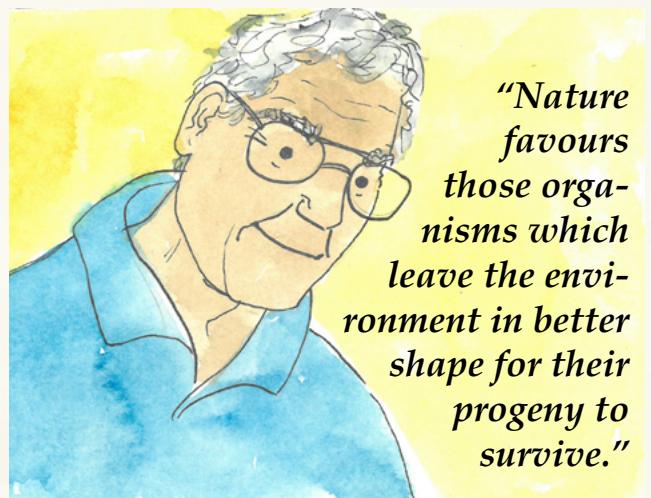
18 Dette slide introducerer James Lovelocks **Gaia teori** som foreslår at homøostase foregår på planetær skala, og at Jordens klima reguleres ved hjælp af forskellige feedbackmekanismer der involverer biosfæren. Gaia teorien er fortsat omdiskuteret, men dens grundlæggende indsigt, at livet er tæt koblet med udviklingen af dets miljø, er bredt accepteret. Lovelock er i sig selv en spændende og kontroversiel personlighed. Han har en usædvanlig historie, som hænger sammen med "det store blik" på kloden og forståelsen af Jorden som et selvregulerende system. Fortæl eventuelt først lidt om Lovelocks liv og opdagelser. Du kan finde ud af mere om Lovelocks historie i BBC dokumentaren "**Beautiful minds**".

Introducér Daisyworld som en forklaringsmodel for hvordan selvregulering fungerer i Jordens system. Daisyworld er en computersimulation af en planet, hvor der lever to slags planter: hvide og sorte margueritter. Planeten kredser om en sol der, ligesom vores sol, gradvist bliver varmere. Da solen bliver så varm at temperaturen på Daisyworld bliver høj nok til at margueritterne kan gro, begynder de sorte margueritter, som har en lav albedo og let optager varme, at sprede sig.

Efterhånden som temperaturen stiger overtager de hvide margueritter, som har en høj albedo og reflekterer varme.

På den måde opretholder de to planter, selvom de er underlagt principippet om naturlig selektion, en temperatur på planeten som er gavnlig for deres vækst i længere tid, end hvis de var alene i Daisyworld. Senere versioner af Daisyworld, der introducerer arter som kaniner og ræve, viser at tilstedevarelsen af flere arter forbedrer systemets evne til at regulere temperaturen. Selvom modellen er for simpel til, at man kan overføre dens resultater direkte på Jordens system, viser den, hvordan feedbackmekanismer i økosystemer kan resultere i højere klimatisk stabilitet, som gavner alle de arter der lever der.

Afspil videoen (6:44 min).



19 I systemteorien findes der tærskler for, hvor stor en påvirkning et økosystem kan udsættes for og bevare sin oprindelige tilstand: når naturlige systemers dynamiske balancepunkt bliver forskubbet af en forcering (påvirkning) udefra kan systemet nå en sådan tærskel ("tipping point"), hvorefter det hurtigt destabiliseres og bevæger sig i retning af en ny tilstand. Se f.eks. **denne uddybende forklaring**.

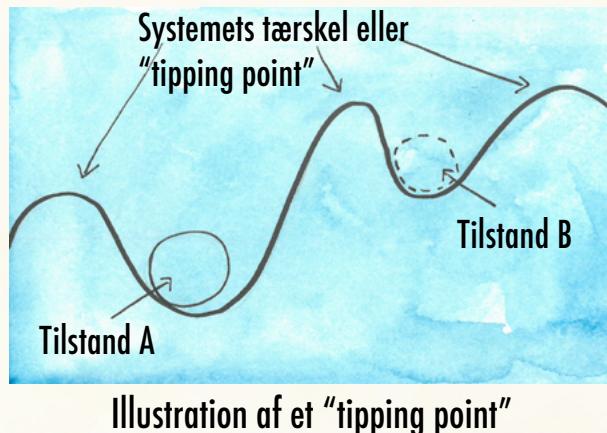


Illustration af et "tipping point"

20 Sådanne tipping points findes også i det klimatiske system. Det er denne tankegang der ligger bag **"Hothouse Earth"** scenariet, hvor forskellige tipping points i Jordens system aktiverer hinanden og **bratte klimaforandringer** aktiveres.

21 Dette kort er en oversigt over, hvor i Jordens system der findes tipping points eller tipping elements.

Det er altså værd at holde øje med, hvad der sker disse steder på Jorden, hvis man vil følge med i klimaforandringerne udvikling.

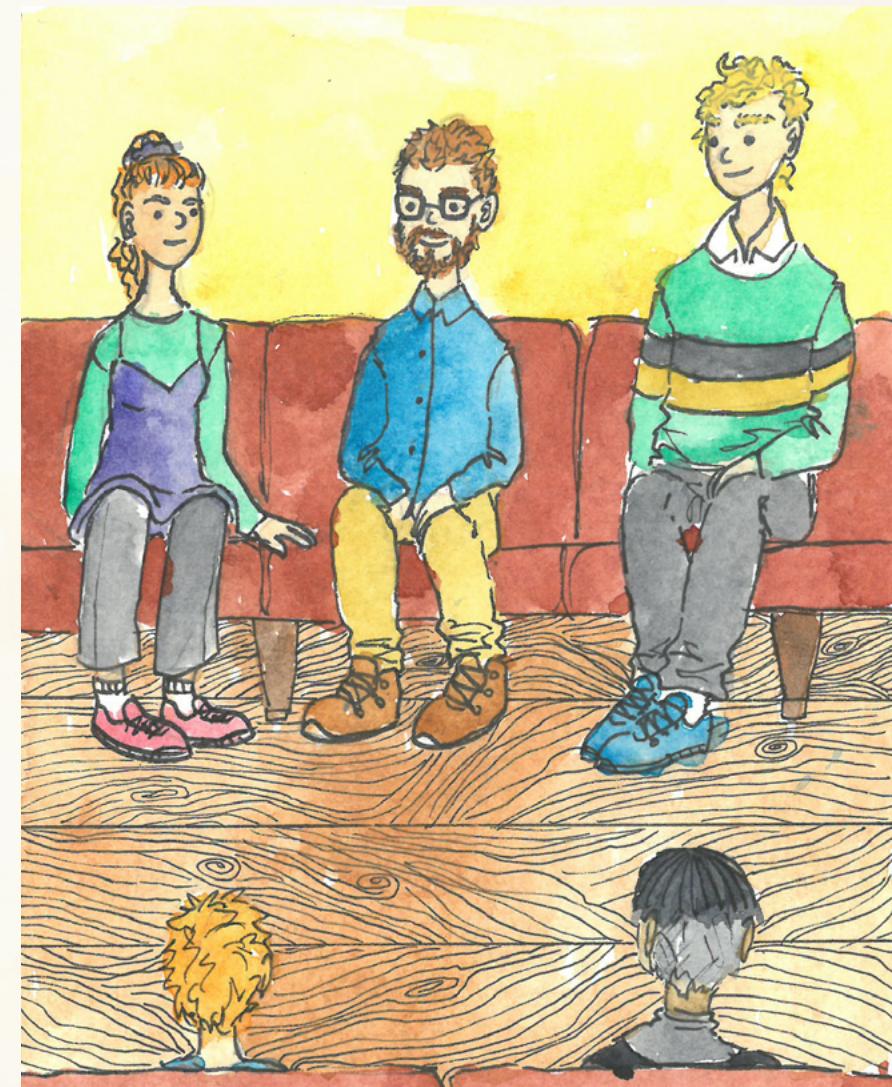
22 Opsummer denne del af timen der har beskæftiget sig med det systemiske blik på Jorden.

FORSIDESLIDE: Vi holder et kvarters pause.

23 Velkommen tilbage. I den næste del af timen kigger vi på Jordens klimatiske system som fordelingsmekanisme for solens energi. Herefter tager vi et blik på fremtidens klimaforandringer og snakker om, hvordan vi hver i sær ser på fremtiden.

Fortæl om hvordan klima er en konsekvens af solenergiens rejse igennem Jordens system. Solen opvarmer områderne ved ækvator mere end polerne og energien fordeles igennem klimasystemet rundt på hele kloden. Der er mange "kosmiske" faktorer der påvirker energitilstrømningen til Jorden: **excentricitet, hældning og præcession**. Disse faktorer skaber forskellige cyklusser som påvirker Jordens energibalancen.

24 Fortæl hvordan solens intensitet



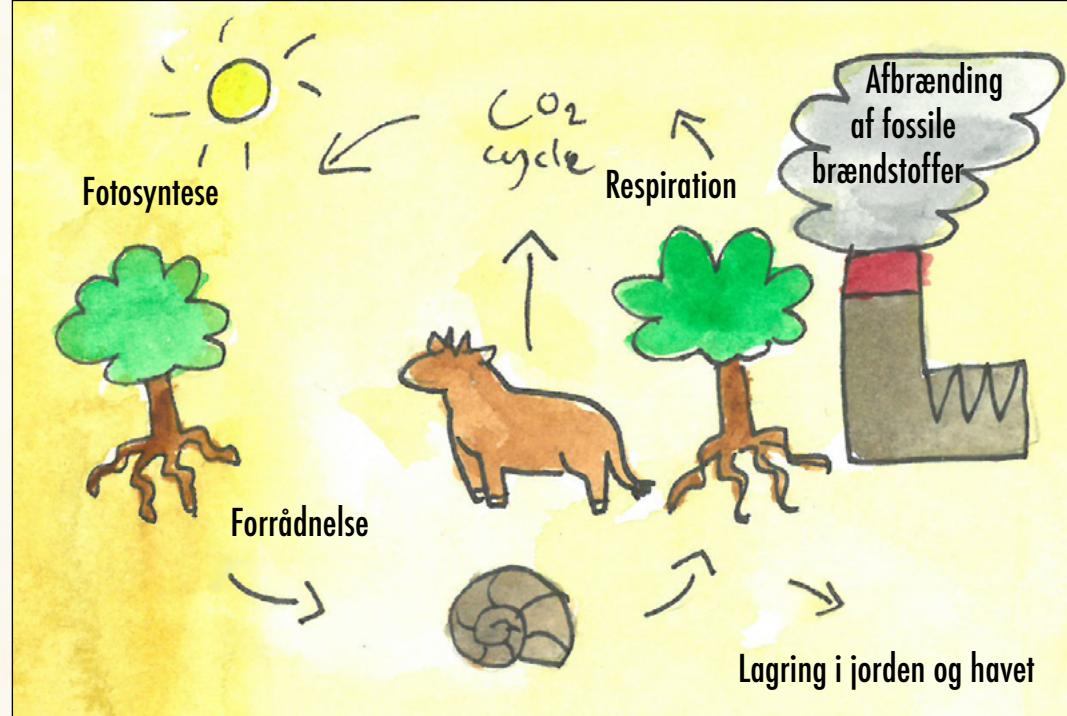
Denne time er klart den mest krævende og har et højt abstraktions- og informationsniveau. Sørg for at holde pauser undervejs og overvej om du skal lave nedslag i materialet i stedet for at bruge det hele. Du kan forsikre eleverne om at, hvis de har forstået tilbagekoblinger, homostase og tipping points, har de forstået de grundlæggende mekanismer der skal til for at forstå rigtig meget af det klimatiske system.

på kort sigt er afgørende for, hvor meget energi der strømmer til Jorden. Solen har en cyklus på omkring 11 år der også påvirker Jordens klima.

- 25** Introducér **Jordens energibalancen**. Her kan du starte med at fortælle om den globale opvarmning som en forskydning imellem, hvor meget energi der strømmer til Jorden, og hvor meget energi Jorden afgiver tilbage til rummet. Det vi oplever som klimaforandringer er altså en ophobning af energi i Jordens system som skyldes væksten af drivhusgasser i atmosfæren.

Afspil videoen (4:25 min).

- 26** Kulstof er et grundstof i mange drivhusgasser, og derfor er det vigtigt at forstå **kulstofkredsløbet**, hvis man vil forstå ophobningen af CO_2 og CH_4 (metan) i atmosfæren. Grundproblematikken er, at vi mennesker har tilført kulstof til atmosfæren i en grad,

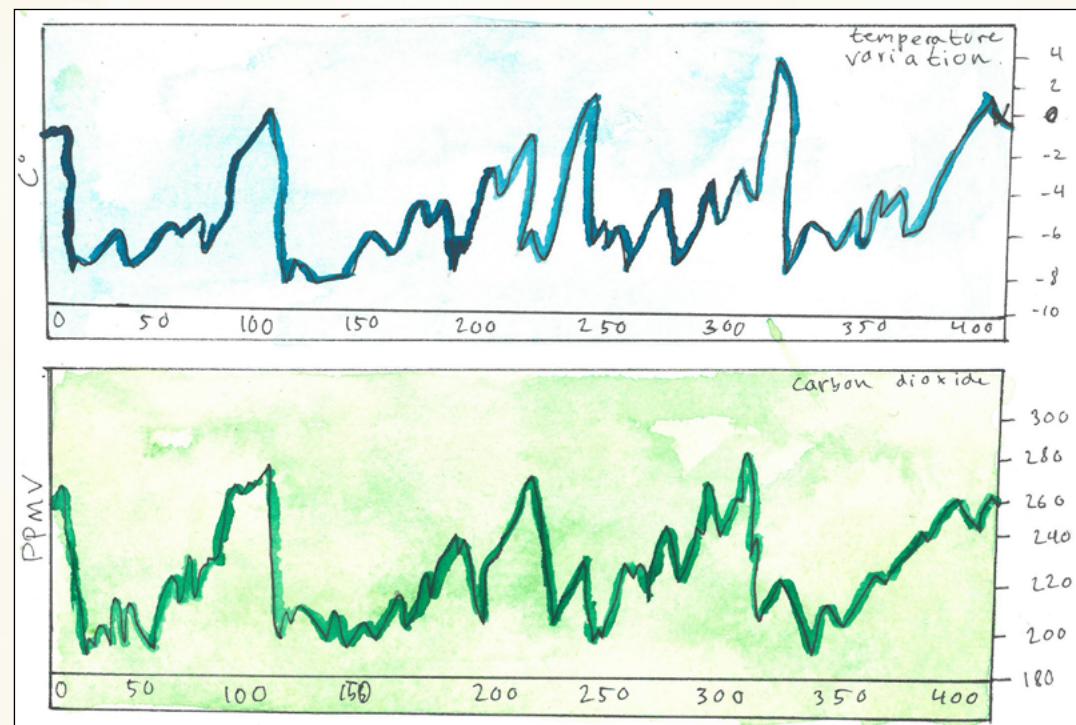


Eksempler på kulstofkredsløbets processer

så de negative feedbackmekanismer i Jordens system, som tager kulstof ud af atmosfæren, ikke kan nå at følge med.

Afspil videoen (3:10 min). Klippet viser, hvordan CO_2 opfører sig i atmosfæren i løbet af et år. Jeg skruer altid helt ned for lyden og forklarer lidt om, hvad vi ser. Læg mærke til, hvor på kloden CO_2 befinner sig og hvornår den frigives i større mængder. I den nordlige halvkugles sommer- og vækstperiode trækkes der mere CO_2 ud end der frigives. Skovene i Siberien er afgørende for, hvornår dette kan ses på videoen: vi er helt henne i juni før effekten slår ind.

- 27** Vi har ret præcise **indikatorer** af fortidens middeltemperatur fra Jordens geologi. Vi har også præcise målinger af niveauet af CO_2 i atmosfæren fra **iskerneboringer** i Arktis og Antarktis. Når man sammenholder CO_2 i atmosfæren og klodens middeltemperatur er det tydeligt at temperatur og CO_2 hænger sammen. Nogle



Jordens middeltemperatur sammenholdt med niveauet af CO_2 i atmosfæren

klimaskeptikere afviser de videnskabelige beviser for klimaforandringerne, fordi denne sammenhæng er en **korrelation og ikke en årsagssammenhæng**. Det bunder i en **misforståelse af hvordan Jordens system fungerer**. Der er mange faktorer ud over CO₂ der påvirker middeltemperaturen på Jorden, men CO₂ har været den **dominerende faktor de sidste 40 år**.

28 Vis hvordan temperaturen er steget i takt med niveauet af CO₂ i atmosfæren de sidste 140 år. Se f.eks. [Carbon Briefs "State of the climate"](#) for mere baggrund omkring udviklingen af klimaet de sidste år.

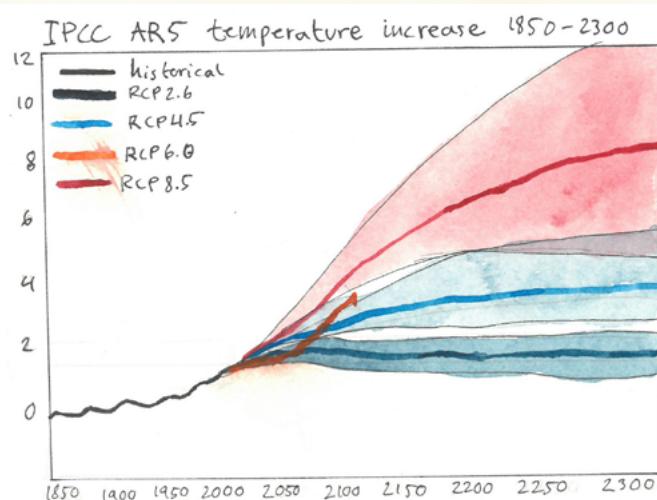
29 Jeg har inkluderet denne graf og linket til [Our World in Data](#), fordi der af og til er nogen der gerne vil vide mere om hvordan CO₂-udledningerne er fordelt på lande, befolkningsgrupper og sektorer. Det er ikke vigtigt at gå i dybden med dette nu, og det kan være, at der på dette tidspunkt bare er brug for at få hovederne ud af graferne, men Our World in Data er en god ressource, hvis du skal give et breakdown af det globale CO₂ udslip.

FORSIDESLIDE: Tag en puster. Den sidste del af dagens time handler om, hvad fremtiden bringer, og hvordan vi forholder os.

30 Fortæl om hvordan det internationale samfund arbejder med klimaforandringer

under **UNFCCC** og hvad **IPCCs** rolle er. Det vigtige her er at eleverne forstår målet med at begrænse den globale opvarmning til **2 °C** (se f.eks. [denne artikel](#)).

31 I følge IPCC er det sandsynligt at klodens middeltemperatur vil overstige 2 °C i 2100. Det er kun det mest optimistiske scenarie (RCP 2.5), hvor udledning af CO₂ falder fra nu af og stabiliseres ved i 420 ppm i atmosfæren i 2100, som med sik-



kerhed holder sig under de 2 °C. Se f.eks. [denne del af sammendraget](#) af IPCCs femte hovedrapport.

32 IPCC beskriver 450 ppm CO₂ i atmosfæren som et niveau hvor vi har 66% chance for at begrænse opvarmningen til 2 °C i 2100 (selvom denne vurdering **ignorerer effekten af andre drivhusgasser**). **"Kulstofbudgettet"** er loftet for, hvor mange tons CO₂ vi kan udlede, hvis vi skal nå at be-

grænse den globale opvarmning.

Afspil videoen (8:48 min) som forklarer, hvordan kulstofbudgettet fungerer. Du kan evt. stoppe videoen ved 4:46 min, hvor Kevin Anderson har forklaret, hvordan **Negative Emission Technologies** (NET) er en vigtig del af fremskrivningerne. Pointen her er, at målsætningen om at begrænse den globale opvarmning til 2 grader, forlader sig på teknologier der ikke findes endnu.

33 Diskuter chancerne for at vi reelt kan begrænse opvarmningen til 1,5 eller 2 °C, og hvor CO₂ udledningerne er på vej hen. For mere baggrund kan du f.eks. læse [Kevin Andersons blog](#). I [denne artikel](#) fortæller han om, hvordan han ser



chancerne for at nå målet om 2 °C. **Bemærk:** det er vigtigt hvordan vi taler om de scenarier klimavidenskaben opstiller. Se f.eks. [denne artikel af Mike Hulme](#) om fortællingen om at "vi er løbet tør for tid".

34 Hvad betyder "2 °C"? Hvordan kom-



Der er mange tanker og følelser i spil, når det gælder samtalen om fremtiden, så det er vigtigt at være forberedt på at rumme dem, og lade de tanker og følelser der er opstået i løbet af undervisningen komme op til overfladen. Nogle gange er der ikke så meget at sige, fordi deltagerne er i deres egen proces og skal have tid til at forstå perspektivet – så kommer det som regel frem senere i forløbet.



mer verden til at se ud i løbet af dette århundrede? Her er det vigtigt, at du har en god forståelse af de forskellige scenarier – brug evt. **ekstramaterialet til denne time** for mere baggrund. Afspil den første video (4:46 min) som handler om konsekvenserne af 1,5 - 4 °C opvarmning. I video 2 (3:11 min) forklarer forskellige klimaforskerne, hvordan de opfatter betydningen.

35 Diskuter hvordan vi forholder os? Dette er den vigtigste del af dagens lektion. Prøv at holde diskussion så personlig og nede på jorden som muligt. Se om du kan få deltagerne til at fortælle konkret om, hvordan de ser på fremtiden, hvilke følelser der er i spil, og hvordan det på-

virker dem lige nu og her. Det er min erfaring at diskussionen tager en halv times tid med de fleste grupper. Min egen **tilgang til fremtiden** og mit syn på **samtalen om klimaforandringerne** kan måske være til inspiration, men det er en ny samtale hver gang den opstår. Jeg fortæller altid om de mange mennesker på kloden, der arbejder for at vende udviklingen, og om hvad vi skal lave i fagets undersøgelser af alternativerne til forbrugssamfundet. Slut eventuelt af med at vise videoen om begrebet "tavaha" som et eksempel på den kulturforsvarende forandring der er undervejs (6:42 min).

36 Henvisninger til mere baggrund om dagens emner på fagets hjemmeside.

Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/Ecbsuvr6sb4pgFmU5MHO/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-earthsysten>

Introduktion til Earth System Science

Will Steffen et al. (2020) *The emergence and evolution of Earth System Science*, Nature Reviews Earth & Environment vol. 1, pp 54–63

Jorden som system

Will Steffen et al. (2004) *Global Change and the Earth System*, Springer

Jordens energibalancé

David Archer og Stefan Rahmstorf (2010) "Earth's energy budget" i *The Climate Crisis – An Introductory Guide to Climate Change*, Cambridge University Press

Hyperlinks

Tilbagekoblinger: <https://da.wikipedia.org/wiki/Tilbagekobling>

Feedbackmekanismer: https://www.global-klima.org/Kap%204/s4_5b.html

Homøostase: <https://da.wikipedia.org/wiki/Hom%C3%B8ostase>

Jordens energibalancé: <https://www.dmi.dk/klima/temaforside-energiens-rejse-i-klimasystemet/drivhuseffekten/>

Kulstofkredsløbet: <https://da.wikipedia.org/wiki/Kulstofkredsl%C3%B8b>

James Lovelock: <http://www.jameslovelock.org>

Gaia teorien: https://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_hypothesis

Symbiotic Earth: <https://vimeo.com/ondemand/symbioticearthhv>

Symbiotic Planet: <https://www.basicbooks.com/titles/lynn-margulis/symbiotic-planet/9780465072729/>

Fortællingen om livet: <https://patternwhichconnects.com/blog/fortaellingen-om-livet/>

Amsterdam-erklæringen: <http://www.igbp.net/about/history/2001amsterdamdeclarationonearthsystem-science.4.1b8ae20512db692f2a680001312.html>

Udviklingen af Earth System Science: <https://futureearth.org/2015/12/14/the-evolution-of-earth-system-science/>

Hydrosfæren: <https://da.wikipedia.org/wiki/Hydrosf%C3%A6re>

Geosfæren: <https://da.wikipedia.org/wiki/Lithosf%C3%A6re>

Atmosfæren: https://da.wikipedia.org/wiki/Jordens_atmosf%C3%A6re

Biosfæren: <https://da.wikipedia.org/wiki/Biosf%C3%A6re>

Eksempel på tilbagekobling: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zwj4xfr/revision/5>

Introduktion til tilbagekoblinger: https://ruc-forsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/60946889/BP1__Tilbagekoblingsmekanismer_for_den_globale_opvarmning.pdf

Albedo: <https://da.wikipedia.org/wiki/Albedo>

Økologisk klimaks: [https://da.wikipedia.org/wiki/Klimaks_\(%C3%B8kologisk\)](https://da.wikipedia.org/wiki/Klimaks_(%C3%B8kologisk))

Daisyworld: <https://en.wikipedia.org/wiki/Daisyworld>

Beautiful Minds – James Lovelock: <https://youtu.be/QqwZJDEZ9Ng>

Forklaring af tipping points: <http://oceantippingpoints.org/our-work/glossary>

Hothouse Earth Scenario: <https://www.pnas.org/content/115/33/8252>

Bratte klimaforandringer: <https://www.nap.edu/catalog/10136/abrupt-climate-change-inevitable-surprises>

Tipping points i Jordens system: <https://www.pnas.org/content/105/6/1786>

Excentricitet: [https://da.wikipedia.org/wiki/Excentricitet_\(astronomi\)](https://da.wikipedia.org/wiki/Excentricitet_(astronomi))

Haeldning: <https://da.wikipedia.org/wiki/Akseh%C3%A6ldning>

Præcession: <https://da.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A6cession>

Jordens energibalancé: https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_energy_budget

Kulstofkredsløbet: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle/page1.php>

Klima-indikatorer: [https://en.wikipedia.org/wiki/Proxy_\(climate\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Proxy_(climate))

Iskerneboringer: https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_core

CO₂ halter efter temperatur: <https://www.skepticalscience.com/co2-lags-temperature.htm>

CO₂ korrelation vs. årsag: <https://www.skepticalscience.com/co2-temperature-correlation-intermediate.htm>

CO₂, den dominerende faktor: <https://skepticalscience.com/CO2-is-not-the-only-driver-of-climate.htm>

State of the Climate: <https://www.carbonbrief.org/category/in-focus/state-of-the-climate>

Our World in Data: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

UNFCCC: https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Framework_Convention_on_Climate_Change

IPCC: https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change

2 °C: <https://www.carbonbrief.org/two-degrees-the-history-of-climate-changes-speed-limit>

Hvorfor 2 °C er vigtige: <https://theconversation.com/why-is-climate-changes-2-degrees-celsius-of-warming-limit-so-important-82058>

Sammendrag af IPCCs femte hovedrapport: https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_futurechanges.php

Samlet effekt af drivhusgasser på jordens temperatur: <https://www.skepticalscience.com/why-450-ppm-is-not-safe.html>

Kulstofbudgettet: https://en.wikipedia.org/wiki/Emissions_budget

Negative Emission Technologies: <https://www.carbonbrief.org/explainer-10-ways-negative-emissions-could-slow-climate-change>

Kevin Anderson: http://kevinanderson.info/Anderson_interview

we have a 5 percent chance of success: <https://www.dw.com/en/2c-we-have-a-5-percent-chance-of-success/a-41405809>

fremtidsudsigterne: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.619>

Termisk ekspansion: <https://www.geus.dk/natur-og-klima/tilpasning-til-klimaaendringer/havniveaustigninger>

Samtal om fremtiden: <https://patternwhichconnects.com/blog/giving-up-hope/>

Samtal om klimaforandringerne: <https://refiguring.net/>

Jordens Lydlandskaber



Biofonien
er smuk i dag...

Ja!

Jordens lydlandskaber

I denne time lytter vi til nogle af klodens lydbilleder for at prøve at forstå, hvordan lyden i naturen forandrer sig. Timen er en introduktion til feltet **soundscape ecology**, som bruger optagelser af forskellige habitaters lydlandskaber til at danne et billede af økosystemers udvikling. Hensigten med denne time er at give en anderledes indgang til, hvordan man kan forstå klima- og miljøforandringer. Nogle af de lydlandskaber vi lytter til har gennemgået en dramatisk forandring i løbet af de sidste årtier: de kan derfor bruges som konkrete og sanselige eksempler på klimaforandringernes konsekvenser.

Et centralt omdrejningspunkt i timen er **soundscape ecologist Bernie Krauses** arbejde, fordi hans historie giver en personlig og levende indgang til at fortælle om udviklingen i jordens lydlandskaber. Hvis du ønsker at bruge denne del af materialet, er det vigtigt at kende lidt af Krauses historie. De to interviews, jeg har lavet med ham, giver et godt indblik i hans verden: *Reparing the silent spring* og *Hearing a silent spring*. Det klart bedste indblik i hans arbejde er bogen *The Great Animal Orchestra*, som forklarer hans "niche teori" og indeholder fascinerende felthistorier.



I dag handler det om Jordens lydlandskaber og hvordan lyden af naturen har forandret sig i den antropocæne tidsalder, hvilket vil sige siden midten af det 20. århundrede. Vi begynder timen med at lytte til vores omgivelser og de lyde der findes i det lydlandskab, vi befinner os i. Så lad os gå udenfor og finde et sted, hvor vi komfortabelt kan sidde og lytte i fem minutters tid...

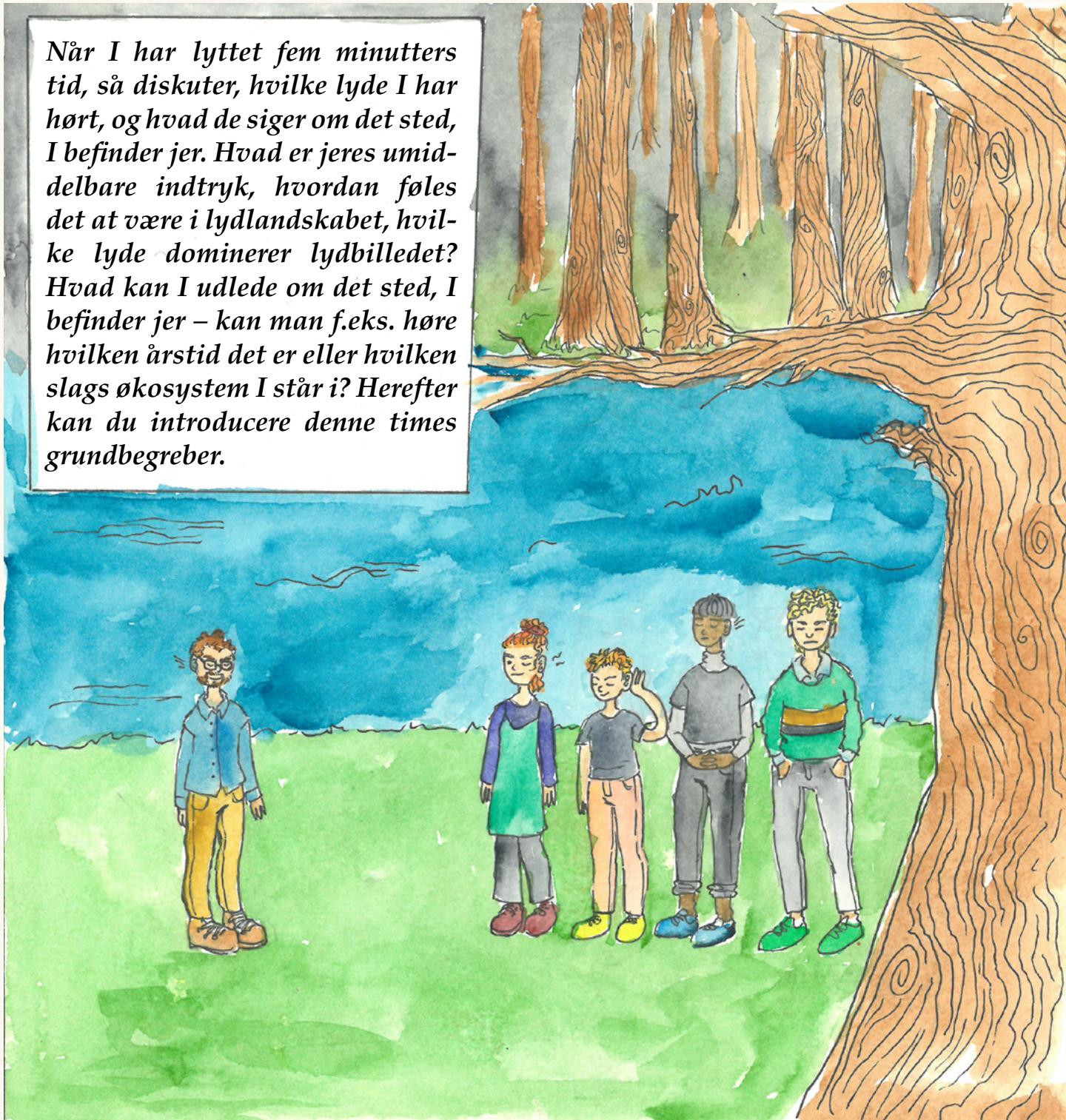
FORSIDESLIDE: Inden dagens virtuelle rejse begynder laver vi en lille lytteøvelse for at introducere nogle af denne lektions kernebegreber. Derfor starter vi med at gå udenfor og finde et godt sted at lytte. Det kan i princippet være hvorsomhelst, så længe det er komfortabelt at stå eller sidde sammen i 15-20 minutter.

Vælg et sted hvor der er så mange forskellige lydkilder som muligt, og der ikke er én bestemt lyd der dominerer lydbilledet. På Ry Højskole går vi ned til Gudenåen, hvor vi kan høre vandet, vinden, fuglene og trafikken, men det kan også være et sted, der er domineret af byens lyde. Det vigtige er ikke, *hvad* vi lytter til, blot at vi lægger mærke til de forskellige elementer, der findes i lydbilledet.

Det er enkelt at lytte, men ikke nødvendigvis let, når tankerne ræser afsted! Det er ofte lettere at lytte med lukkede øjne. Bed eleverne lægge mærke til, hvordan oplevelsen af tid og rum ændres, når man lytter, og hvordan opmærksomheden tiltrækkes af lydene omkring dem. Måske hjælper det at fortælle, at øvelsen ikke går ud på at diskrimere imellem de forskellige lyde de hører, men blot at lægge mærke til så mange forskellige lydkilder som muligt.

Når alle har fundet sig godt tilrette, lytter vi sammen i stilhed, og lader opmærksomheden vandre ud i landskabet.

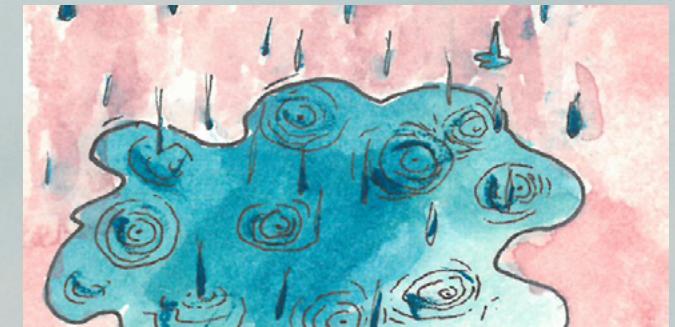
Når I har lyttet fem minutters tid, så diskuter, hvilke lyde I har hørt, og hvad de siger om det sted, I befinner jer. Hvad er jeres umiddelbare indtryk, hvordan føles det at være i lydlandskabet, hvilke lyde dominerer lydbilledet? Hvad kan I udlede om det sted, I befinner jer – kan man f.eks. høre hvilken årstid det er eller hvilken slags økosystem I står i? Herefter kan du introducere denne times grundbegreber.



I *soundscape ecology* inddeler man et lydlandskab i tre overordnede lydkilder:



Biofonien er lyden af alle de organismer, der findes i et givent lydlandskab.



Geofonien er de lyde, der genereres af geologiske træk, som f.eks. vand eller vind.



Antropofonien er lyde, vi mennesker laver. En underkategori heraf er **teknofoni**, som betegner elektro-mekanisk støj.



Tjek forståelsen af begreberne "biofoni", "geofoni" og "antropofoni" ved at lade eleverne beskrive alle lyde, de forbinder med hver af de tre former for lydkilder. Herefter kan du fortælle lidt mere indgående om feltet soundscape ecology, introducere de karakteristika man lytter efter i et lydlandskab og se om I kan genkende dem i lydlandskabet.

Miljøforskere studerer, ved hjælp af lydoptagere og data-visualiserings-software, relationen imellem forskellige lydkilder i et landskab for at kunne tegne et billede af lydlandsbets struktur. I feltet *soundscape ecology* undersøger man de lydmæssige relationer imellem forskellige organismer og bruger den information, der ligger i økosystemers akustiske struktur til at vurdere deres sundhedstilstand.

Ved at sammenholde optagelser af et bestemt habitat over tid kan man både udlede enkelte arters forhold og bedømme, hvordan et økosystem overordnet set, udvikler sig. Man vurderer et lydlandskabs tilstand ud fra tre karakteristika:

- Lydkildernes **diversitet**
- Lydlandskabets **densitet** eller **fylde**
- Dets specifikke **tekstur** (dette beskrives "richness" på engelsk og betegner hvor "rigt" eller frodig lydbilledet er).

Relationen imellem de forskellige lydkilder og deres særlige karakteristika bestemmer lydlandsbets unikke struktur. Når du vurderer, at lytningen og diskussionen er ved at være mættet, kan du runde af og gå indenfor igen.

- 1 Fortæl kort om **Schafers definition af lydlandskaber** (*soundscapes*) og opsummer dagens grundbegreber, inden vi går videre.
- 2 I næste del af timen tager vi på en lydrejse (på omkring 40 minutter) rundt i nogle af klodens lydlandsbaber. Bed eleverne finde sig til rette i lokalet og slå lyttelapperne ud. Det er en fordel at sidde behageligt eller ligge ned. Jeg plejer at mørklægge lokalet og finde nogle madrasser frem, så eleverne kan slappe af og fokusere på at lytte.

Fortæl gerne om *hvorfor* vi foretager denne rejse, og om hvordan lydlandskaber kan gøre forandringer i naturen sanselige. Bed eleverne om at lukke øjnene og forklar, at vi starter med at lytte til en række forskellige lydlandskaber, som vi derefter vil snakke lidt om. Vi slutter med at lytte til et interview med Bernie Krause, en af pionererne indenfor soundscape ecology.

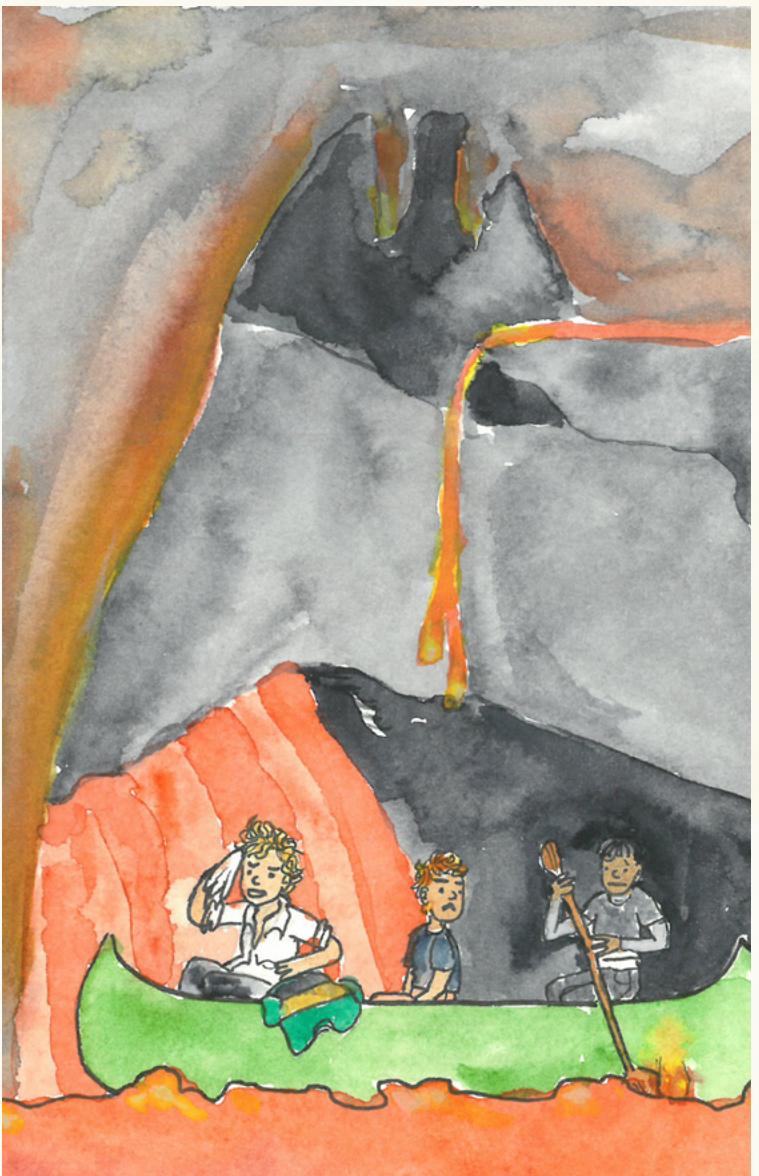
Vi lytter nu til forskellige lydlandskaber. Du kan selv sammensætte og afspille de optagelser, du synes er mest interessante – f.eks. fra [Listening Earth's Soundcloud](#) (du kan også finde flere lydarkiver i [materialebanken på Tumblr](#)). Jeg afspiller som regel 7-8 forskellige lydlandskaber fra forskellige habitater. Afspil så meget af hvert klip, du synes er passende, men nok til at man kan nå at lytte efter og forestille sig, hvor vi befinder os (jeg plejer at afspille omkring 2,5 minutter af hvert klip). Nedenfor finder du nogle af Listening Earth's optagelser, som jeg bruger, men brug gerne dine egne, hvis du selv har nogle, du foretrækker. Det handler om at lytte bredt til hele lydlandskabet, men for sjov afspiller jeg nogle gange sære dyrelyde, som eleverne kan prøve at gætte.

- Biebrza, Polen: [Morning Soundscapes from the Biebrza Marshes: Album Sample](#)
- New South Wales, Australien: [Hydrophone Recording from Salt Caves Dam, Pilliga Forest, Late Afternoon](#)
- Arusha, Tanzania: [Equatorial Africa - The Forests of Arusha - Album Sample](#)
- Tepepare Island, Solomon Islands: ['Coral Beach' - Album Sample](#)
- Victoria, Australien: [Summer Frog Chorus, featuring Pobble bonks, Marsh Frogs and Crinias](#)
- Californien/Southern Nevada: [Mojave, An American Sound scape - Album sample](#)
- Mount Meru, Tanzania: [Colobus Monkeys calling at Mount Meru, Tanzania - intro by Andrew Skeoch](#)

Gør rummet behagligt og mørkt til lydrejsen. For at lytteoplevelsen bliver sammenhængende uden tekniske afbrydelser er det vigtigt at forberede og lytte til de klip du vil afspille inden timen. Hav klippene åbne i din browser så du bare kan klikke igennem dem og cross-fade imellem dem når rejsen er i gang.



Læg mærke til klippenes lydsignatur så du ikke skifter mit i et crescendo. Man kan ikke auto-fade på Soundcloud, men du kan skrue lydniveauet ned manuelt, husk bare at skrue op igen når du afspiller næste klip! Vær opmærksom på, at nogle af klippene kan starte med tale – det må man skippe manuelt.



Afslut med at afspille klippet af vulkanisk aktivitet fra Jacob Kirkegaards værk **"Eldfjall"** som et eksempel på geofonien.

Herefter snakker vi om, hvad vi har hørt. Hvilke lydlandskaber synes I særligt om? Hvilke lyde lagde I særligt mærke til?

Forklar hvor de enkelte klip er fra og brug gerne terminologien, vi introducerede i den første lytteøvelse (biofoni/ geofoni/ antrofoni og densitet/diversitet/tekstur).

Afspil [interviewet med Bernie Krause fra NPR](#) (13:03 min). Hvis der er spørgsmål eller kommentarer så tag dem op, men vi tager diskussionen om Krauses pointer senere – vi vender tilbage til Krause og hans oplevelser med at optage lydlandskaber efter pausen.

3 Vi ser et indslag om hvordan biologer bruger optagelser af lydlandskaber til at forstå habitater, økosystemer og arters udvikling. Afspil video (13:45 min).

FORSIDESLIDE. Vi holder et kvarters pause.

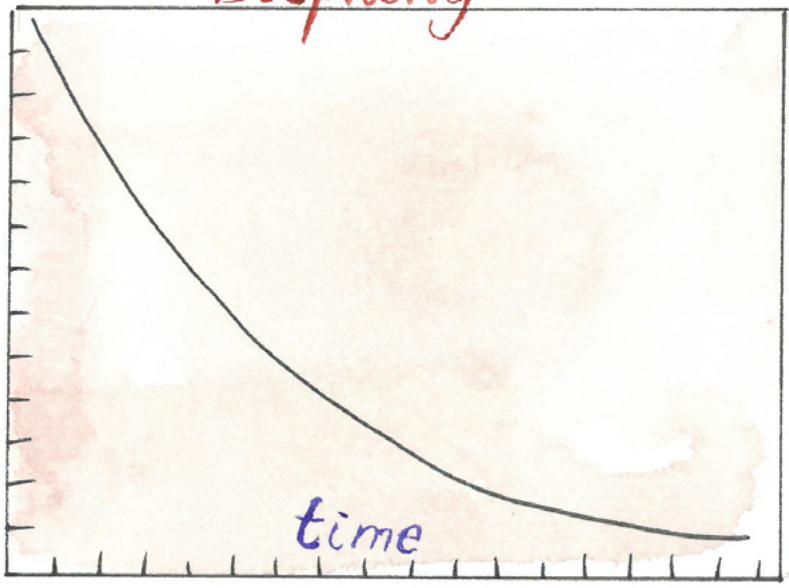
4 Den næste del af timen har Bernie Krause som omdrejningspunkt. Jeg forlader mig på mit eget møde med Krause og fortæller historien om, hvordan jeg stødte på [en artikel af John Vidal i The Guardian](#) om hans arbejde på et tidspunkt i min forskning, hvor jeg ledte efter måder at gøre klimaforandringerne konkrete og sanselige. Det var især dette billede af "en stilhed der spreder sig i naturen" der slog mig:

"A great silence is spreading over the natural world even as the sound of man is becoming deafening. Little by little the vast orchestra of life, the chorus of the natural world, is in the process of being quietened. There has been a massive decrease in the density and diversity of key vocal creatures, both large and small."

Bernie Krause

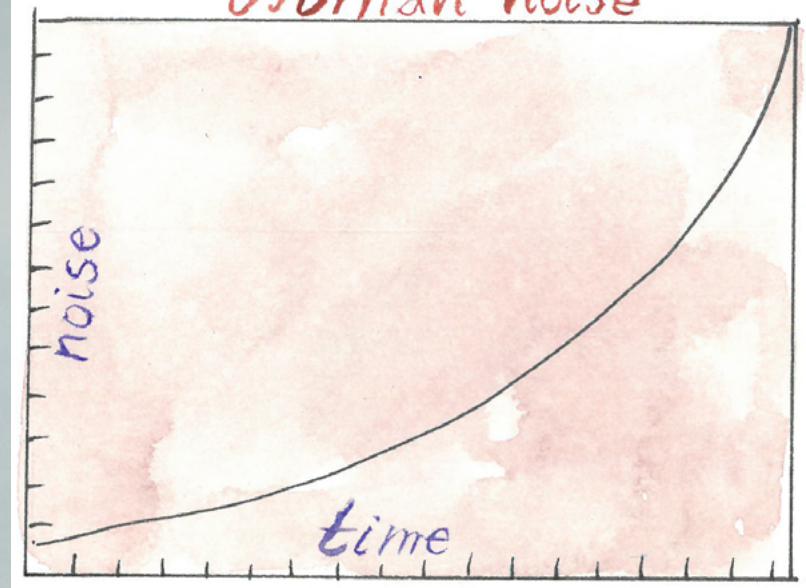


Biophony



Krause fortæller, at han har oplevet en dramatisk forandring i de forskellige lydlandskaber, han har optaget igennem de sidste 50 år. Fælles for dem er, at diversiteten, densiteten og teksturen er væsentligt forringet, altsimens lyden af teknofonien vinder frem overalt. Han vurderer, at halvdelen af de lydlandskaber, han har optaget, i dag ikke længere er genkendelige. Krause har optaget mere end 4.500 timer fra lokationer på hele kloden.

Human noise



Her fortæller jeg lidt om Krauses personlige historie – han har en spændende fortid som studieguitarist (han tog over fra Pete Seeger i "The Weavers"), komponist af filmmusik (til bl.a. "Rosemary's Baby" og "Apocalypse Now") og elektronisk musiker (i duoen Beaver & Krause). Nogle gange læser jeg de første par sider i **The Great Animal Orchestra** højt (s. 3-4). Der er masser at materiale at trække på i bogen eller i **de to interviews**, jeg har lavet med ham. Nogle af de punkter, jeg runder, er f.eks.:

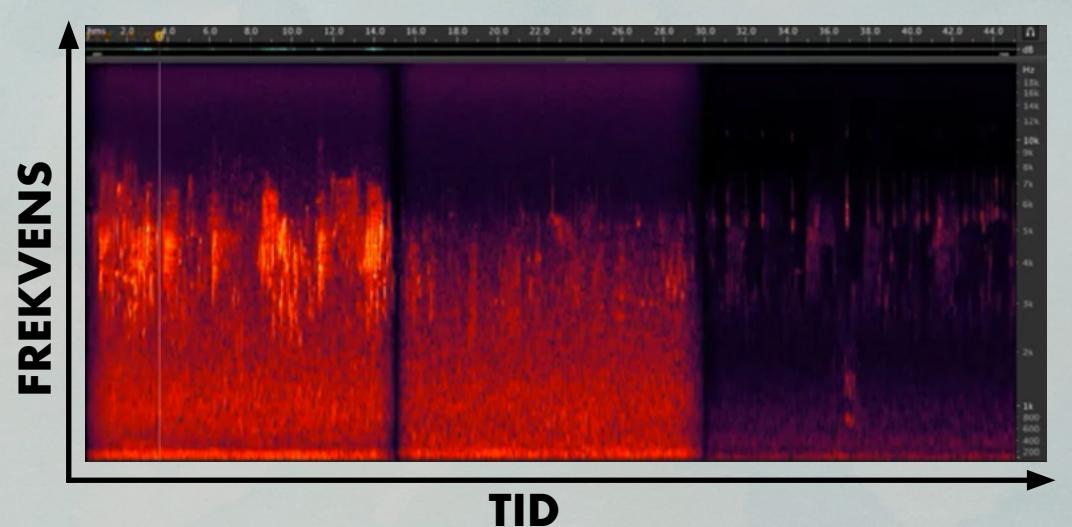
- Krause begyndte med at optage lydlandskaber i sit arbejde med filmmusik. Hans tilgang med at optage med stereomikrofoner var en omvæltning af måden man dokumenterede naturen på: indtil da havde man som regel store parabolter med ud for at optage enkelte arter i stedet for hele lydlandskabet.
- Selvom han var succesfuld som musiker, vendte han tilbage til skolebænken for at uddanne sig indenfor bioakustik. Hans studier var med til at grundlægge feltet soundscape ecology og han er ophavsmann til begreberne "biofoni", "geofoni" og "antropofoni". Se f.eks. **Krauses artikler på ResearchGate**.

- Krauses "niche hypotese" forklarer, hvordan arter tilpasser frekvensen af deres lyde til det akustiske landskab de lever i og på den måde udvikler sig i forhold til deres bestemte "akustiske båndbredde" i lydlandskabet.

- I følge Krause defineres tid på samme måde bioakustisk ligegyldigt hvor på kloden, man befinner sig: "choruses in any healthy habitat in the planet go like this: first the insects establish their acoustic territory and niches. As soon as they establish theirs, the reptiles and amphibians join the chorus. Then come the birds. And, finally, the mammals".

5 Vi ser en kort video om Bernie Krause, hans optagelser og hans studie. Afspil videoen (3:26 min).

6 Diskuter betydningen af Krauses observation, at biofonien er for nedafgående, altsimens lyden af mennesker tager til de fleste steder på kloden. (Du kan evt. trække på Krauses pointer i NPR interviewet, som vi lyttede til under slide 2). Forklar hvordan et spektrogram læses og afspil videoklippen, som Krause har opta-



Et spektrogram er en visuel representation der viser et spektrum af forskellige frekvenser og deres variation over tid. Typisk vil y-aksen angive frekvens imens x-aksen viser tidsdimensionen. Amplituden, eller swingningshøjden, af de forskellige frekvenser kan aflæses i farveintensiteten for hvert punkt i grafen. Ved at sammenholde spektrogrammer fra det samme lydlandskab, optaget i henhold til procedure, er det muligt at visualisere den auditive udvikling af et økosystem over tid.

get over en årrække ved Sugarloaf Mountain i Californien (00:46). (Du kan læse om klippets betydning [her](#).) Nogle af de spørgsmål og pointer, jeg plejer at tage op, er:

- Hvordan forholder eleverne sig til tanken om, at dette er lyden af masseuddøen eller den antropocæne tidsalder?
- Krause fortæller, at larmen fra mennesker spreder sig på samme tid som stilheden i naturen gør det. Konsekvenserne opleves ikke kun af dyr (som f.eks. frøkoret Krause optog i Yosemite eller [livet i havet](#)), mennesker påvirkes også. Bare i Europa er 100 millioner mennesker utsat for et støjniveau, som påvirker deres helbred negativt, og der er årligt omkring 12.000 for tidlige dødsfald pga. støjforurening [ifølge Det Europæiske Miljøagentur](#).

- Viden om økosystemers lydlandskaber kan bruges til at mindske menneskers indvirkning på naturen (som f.eks. [i skovbrug](#) eller [undersøiske geologiske undersøgelser](#)).

- Krause betrager lydlandskaber som et "akustisk spejl", vi kan se os selv og vores kultur i. Hvad siger udviklingen i teknofonien om os som kultur? (Ronald Reagans indenrigsminister, [James Watt, sagde f.eks.](#): "Noise is power. And the noisier we are as a country the more powerful we appear to be to others".)

7 Bernie Krause fortæller ikke kun om hvordan lydlandskaber er under forandring, men også om hvordan lydlandskaber er en kilde til menneskelig musik, kreativitet og velvære. F.eks. [bruges lyden af naturen terapeutisk](#) og Krause har en teori om, at vi alle har et "[totem-lydlandskab](#)". Han mener også, at musik har rod i naturens lyde. (I kan f.eks. lytte til [Louis Sarnos optagelse af Bayaka-folket](#) og du kan fortælle om Bayaka-folket og [Louis Sarnos](#)



"Lyden af stilheden der spreder sig i naturen" er et sanseligt billede på klimaforandringerne konsekvenser. Ved hjælp af sanselige oplevelser, historiefortælling og digital formidling kan betydningen af forandringerne i Jordens system gøres mere anskuelige og forståelige. Diskuter med eleverne hvordan de tror, man kan gøre de globale forandringer i naturen og i Jordens klimatiske system konkrete og forståelige for sanerne? Hvad har de oplevet med dagens lytning?

historie.) Afspil videoen (6:31 min), hvor Krause fortæller om, hvordan naturens lyde og menneskers kultur hænger sammen.

8 Videoen på slide 7 introducerer udstillingen **Le Grand Orchestre Des Animaux**. Besøg den **interaktive hjemmeside** som bruger Krauses optagelser til at lære om lydlandskaber. Hvis I har tid, eksperimenter med at lytte til de forskellige lydlandskaber og bruge hjemmesidens forskellige features. Ellers kan eleverne lege med hjemmesiden i deres egen tid.

9 Brug spørgsmålene på dette slide til at spørge ind til elevernes oplevelser med dagens lytning og til at diskutere, hvordan klimaforandringerne kan gøres konkrete og forståelige for sangerne. Slut evt. historien om Bernie Krause af med at læse s. 223-224 i *The Great Animal Orchestra*. N.B.: Krauses hus, inkl. hans udstyr og hardware med hans lydarkiv, **brændte ned i de store skovbrande i Californien 2017**.

10 Vi slutter timen med at høre om hvordan lyden i det Arktiske Ocean er i forandring. For mere baggrund se f.eks. denne udgave af WWF udgivelsen *The Circle*. Afspil videoen (11:55 min).

11 Afrunding og henvisninger til hjemmesiden og baggrundsmateriale.



Hovedingredienserne i denne lektion er lytning og historiefortælling. Så længden af timen afhænger også af historierne, der fortælles, og hvor meget eleverne har lyst til at diskutere lytte-oplevelserne. Materialet kan varieres så historiefortællingen nedtones, og de audio-visuelle oplevelser varer længere. Her er forslag til ekstra materiale, der kan erstatte eller supplere de indslag, jeg har skrevet ind i timen:

- **Bernie Krauses TED-talk** (14:48 min)
- Udendørs **lytning med en stereo-optager** og hovedtelefoner på (jeg bruger en Zoom H1 optager)
- Udsendelsen **“The Last Sound”** (45:46 min) på NPR podcasten *Invisibilia*
- En tour i lydarkivet **Record the Earth**
- Audio-visuelle oplevelser fra arkivet **Soundscape Exploration**

Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/cZe8Ot05D2CQhSDpj3bx/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-soundscape>

Soundscape ecology

Bernie Krause (2008) *Anatomy of the Soundscape*,

Journal of the Audio Engineering Society, vol. 56, no. 1/2, pp. 73 - 80

Pijanowski et al. (2011) *Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape*, BioScience, Vol 61, Issue 3, pp. 203–216

Bernie Krause

Wild Sanctuary hjemmeside: <http://www.wildsanctuary.com/>

Bernie Krause (2012) *The Great Animal Orchestra: Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*, Little Brown/Hachette

Bernie Krause (2015) *Voice of the Wild*, Yale University Press, Connecticut.

Hyperlinks

Soundscape ecology: https://en.wikipedia.org/wiki/Soundscape_ecology

Bernie Krause: https://en.wikipedia.org/wiki/Bernie_Krause

Repairing the silent spring: <https://dark-mountain.net/repairing-the-silent-spring-a-conversation-with-bernie-krause/>

Hearing a silent spring: <https://patternwhichconnects.com/blog/hearing-a-silent-spring/>

The Great Animal Orchestra: <https://www.amazon.com/Great-Animal-Orchestra-Finding-Origins/dp/031608686X>

Shafer om lydlandskaber: https://quote.ucsd.edu/sed/files/2014/01/schafer_1.pdf

Listening Earth: <https://soundcloud.com/listeningearth>

Listening Earth, Biebrza: <https://soundcloud.com/listeningearth/morning-soundscapes-from-the-biebrza-marshes-album-sample>

Listening Earth, New South Wales: <https://soundcloud.com/listeningearth/hydrophone-recording-from-salt-caves-dam-pilliga-forest-late-afternoon>

Listening Earth, Arusha: <https://soundcloud.com/listeningearth/tropical-africa-the-forests-of-arusha>

Listening Earth, Solomon Islands: <https://soundcloud.com/listeningearth/coral-beach-album-sample>

Listening Earth, Victoria: <https://soundcloud.com/listeningearth/summer-frog-chorus-featuring>

Listening Earth, Mojave: <https://soundcloud.com/listeningearth/mojave-an-american-soundscape>

Listening Earth, Mount Meru: <https://soundcloud.com/listeningearth/colobus-monkeys-call-in-the>

Eldfjall: <http://fonik.dk/works/eldfjall.html>

NPR interview med Krause: <https://www.npr.org/2013/09/27/216100454/how-does-listening-to-nature-teach-us-about-changing-habitats>

Bernie Krause interview: <https://www.cbc.ca/player/play/2690129242>

John Vidal's artikel om Bernie Krause: <https://www.theguardian.com/environment/2012/sep/03/bernie-krause-natural-world-recordings>

Krauses artikler på ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Bernie_Krause

Introduktion til klippet optaget ved Sugarloaf Mountain: <https://www.worldlisteningproject.org/world-listening-day-2015-with-bernie-krause/>

Støjforurening i havet: https://e360.yale.edu/features/how_ocean_noise_pollution_wrecks_havoc_on_marine_life

Rapport om støjforurening i Europa: <https://www.eea.europa.eu/articles/noise-pollution-is-a-major>

Artikel om soundscape conservation: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-011-9635-x>

Artikel om marine soundscape ecology: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p760.pdf

Naturlyde og terapi: <https://europepmc.org/article/med/24035670>

Louis Sarnos optagelse af Bayaka-folket: <https://www.youtube.com/watch?v=0TrXTwA0yv8>

Bayaka-folket: https://en.wikipedia.org/wiki/Aka_people

Dokumentar om Louis Sarno: <http://songfromtheforest.com/>

Les Grand Orchestre Des Animaux: <https://www.fondationcartier.com/en/online-projects/mini-site>

The Great Animal Orchestra interaktiv hjemmeside: <https://www.legrandorchestredesanimaux.com/en/>

Skovbrandender tog Krauses hus: <https://www.kqed.org/science/1917478/amid-the-north-bay-fire-ruins-a-lost-sanctuary-for-natures-music>

The Circle om lyden i det Arktiske Ocean: <https://arcticwwf.org/newsroom/the-circle/underwater-noise/>

Bernie Krauses TED-talk: https://www.ted.com/talks/bernie_krause_the_voice_of_the_natural_world?language=en

"The Last Sound" podcast: <https://www.npr.org/2020/03/25/821648089/the-last-sound>

Record the Earth: <https://www.recordtheearth.org>

Soundscape Explorations: <http://soundexplorations.blogspot.com/>

Udendørs lytte-øvelse med stereo-optager og hovedtelefoner: <https://www.theverge.com/2016/8/28/12609724/record-your-own-soundscapes>

Kryosfæren



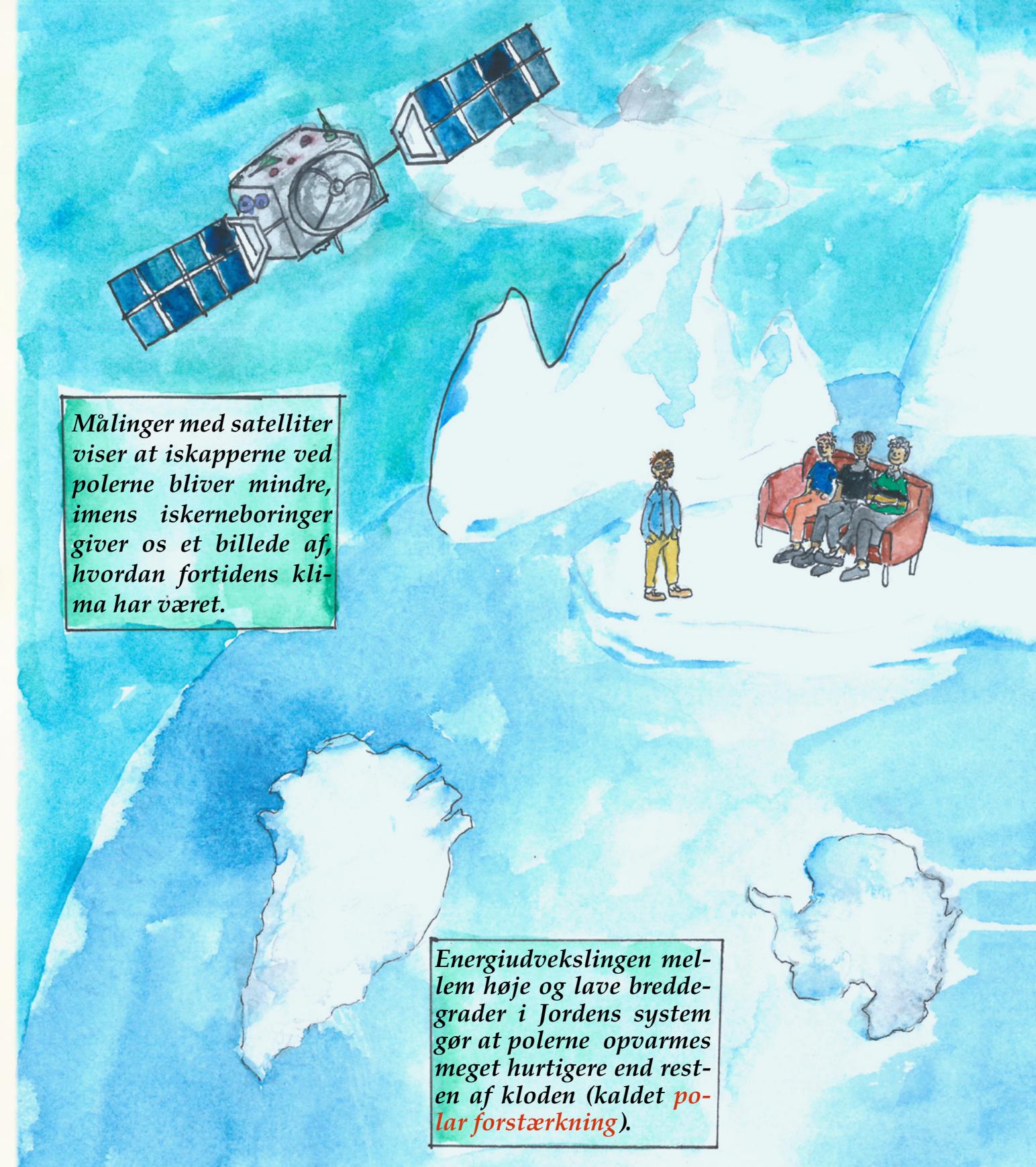
Kryosfæren

I denne del af den virtuelle rejse ser vi på, hvordan det står til i klodens koldeste områder: **kryosfæren** består af alle sne- og isdækkede steder på Jorden. Målet er at give eleverne en forståelse af de grundlæggende dynamikker, der påvirker Jordens iskapper, gletsjere og permafrost, samt et overblik over udviklingen i Arktis og Antarktis.

Timen er delt op i tre dele: den første stiller skarpt på iskapperne i Arktis og Antarktis. Her kigger vi samtidig på, hvad albedo betyder, hvordan iskerneboringer fortæller os om fortidens klima og hvilke dynamikker, der er i spil når, gletsjere smelter og kollapser.

Anden del kommer nærmere ind på permafosten, gletsjerne i disse områder og de mekanismer, der udløser CO₂ og CH₄ (metan) fra den frosne jord, når den tør. Vi ser også på, hvorfor forskere mener, permafostens metan kan udgøre et potentiel "tipping point" og gassens rolle i fortidens klimaændringer.

I den sidste del ser vi dokumentarfilmen "**Chasing Ice**" som følger James Balogs projekt "**Extreme Ice Survey**". Dokumentaren giver et godt indblik i udviklingen af mange af den nordlige halvkugles gletsjere og er visuelt et mesterværk, der anskueliggør kryosfærens centrale problematikker.





Kryosfæren spiller en afgørende rolle i Jordens klima bl.a fordi is og sne reflekterer solens energi tilbage til rummet.

Forandringerne i kryosfæren har drastiske konsekvenser for de mennesker og organismer, der lever i klodens koldeste områder. Arktiske folk oplever f.eks., at både vejret og deres jagtområder bliver mere uforudsigelige. Dyre- og plantelivet er samtidig i hastig forandring – nogle arters levegrundlag forsvinder, imens nye arter vandrer mod polerne.

FORSIDESLIDE: Introducér dagens time. Du kan fortælle, at kryosfæren er en vigtig del af Jordens klimasystem, og at cirka 10 procent af landjordens overflade er dækket af is og sne. Spørg hvad de allerede ved om Jordens frosne områder og om kryosfærrens rolle i Jordens system.

1 Fortæl om destinationerne for dagens virtuelle rejse. Vi skal besøge klodens koldeste områder og se, hvordan det går med iskapperne på polerne og permafosten. Samtidig kigger vi på, hvordan isen bevæger sig og forandrer sig. Man er i de seneste årtier blevet i stand til at kortlægge isens bevægelser meget præcist ved hjælp af satelliter. Is er en vigtig datakilde i klimavidenskaben, da man kan se fortidens atmosfære i de små luftbobler, der i tidens løb er fanget i iskapperne. Vi slutter timen med at tage på rejse sammen med fotografen James Balog til nogle af den nordlige halvkugles største gletsjere i dokumentaren "Chasing Ice".

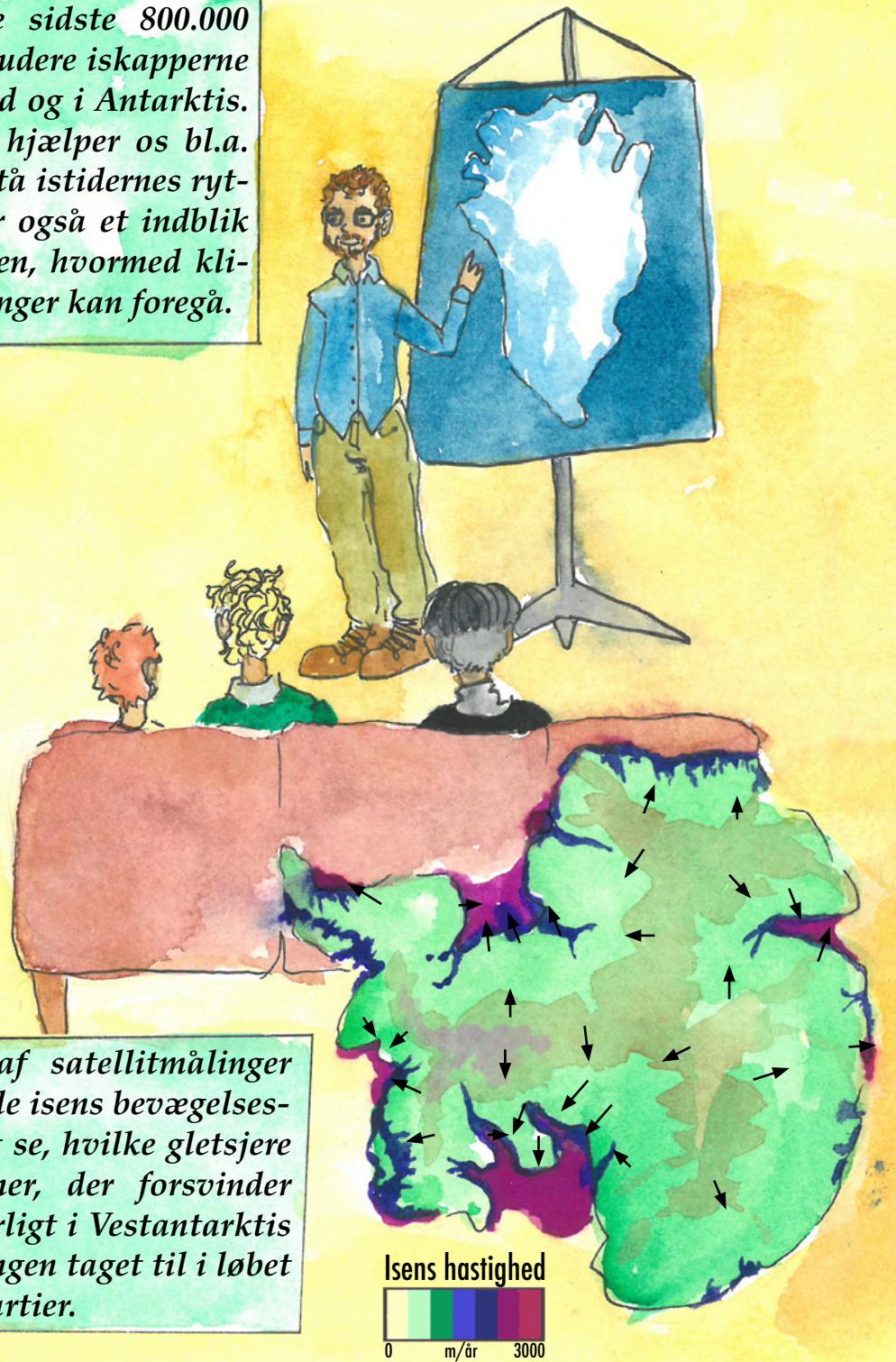
2 Her kan du kort præcisere, hvad begrebet "kryosfæren" dækker over: samtlige Jordens iskapper og gletsjere, havis, snedækket landjord og områder med **permafrost** (steder hvor jorden eller havbunden er frossen mindst to år i træk). Kryosfæren påvirker det globale klima igennem mange forskellige feedback-mekanismer, som bl.a. har indvirkning på Jordens havstrømme, skydække, energibalance og atmosfærrens drivhusgasser.

Afspil video (5:12 min).

3 Fortæl ud fra oversigtsgrafen, hvordan forandringerne i kryosfæren påvirker klimasystemet. Grafikken er hentet fra [denne artikel](#), som giver et godt overblik over de forskellige dynamikker, der er i spil i Arktis. Du kan også finde mere baggrund på [NOAAs Arctic Report Card](#), som opdateres hvert år. Det er værd at fortælle at der er forskellige mekanismer i spil i hhv. Arktis og Antarktis. Det kigger vi nærmere på i de næste slides (en god introduktion til forandringerne i Arktis og Antarktis er professor Eric Rignots research briefing [How Ice is Melting and What We Should Do About It](#)).

Afspil video (4:12 min).

De sidste årtier har vi fået et ret præcist billede både af atmosfærrens sammensætning og Jordens temperatur igennem de sidste 800.000 år ved at studere iskapperne på Grønland og i Antarktis. Disse data hjælper os bl.a. med at forstå istidernes rytme og giver også et indblik i hastigheden, hvormed klimaforandringer kan foregå.



4 Siden målingerne af havisen med satelliter over Arktis begyndte i 1978, har vi vidst, at **isdækket bliver mindre år for år**. Havisen når sit minimum i september, hvor vinteren begynder at sætte ind og isen igen vokser. Illustration øverst i højre hjørne viser forskellen imellem september 1984 og 2016. Set i forhold til isens gennemsnitsstørrelse mellem 1981-2010 forsvinder havisen i Arktis nu med **omkring 13% hvert årti**. Isen er nu omkring **1 million km² mindre end gennemsnittet fra 1981-2010** (hvilket nogenlunde svarer til størrelsen af Egypten). Men det er ikke kun størrelsen, der forandrer sig, det er også sammensætningen af havisen: i 1985 var en tredjedel af isen mere end fire år gammel, **i 2019 var det kun 1,2%**. Ældre is er tykkere og har et lavere saltindhold, så den smelter ikke så hurtigt som ny is, der er mere ustabil.

Oversigtsgrafen nederst i højre hjørne viser udviklingen af den arktiske havis mellem 1979-2020. Med henvisning til formen på grafen refererer forskere til denne graf som **den Arktiske dødsspiral**: fremskriver man udviklingen på denne graf bliver Arktis issfri om sommeren fra omkring 2035. Det er accepteret i forskningsmiljøet at Arktis kan blive permanent issfri ved udgangen af det 21. århundrede.

Opvarmningen i Arktis foregår **dobelt så hurtigt som resten af kloden** og forandringerne er kommet hurtigere end mange forskere forventede få årtier tilbage. Det er dels fordi, afsmeltingen af Arktis er gået fra at være en konsekvens af den globale opvarmning til at være en drivkraft bag klimaforandringerne. Det er flere **positive feedbackmekanismer** involveret i den hurtige opvarmning i Arktis (vi har undersøgt dette emne i timen Jordens system). Hovedårsagen er, at **albedo-effekten** er **blevet mindre** efterhånden som isen er skrumpet – illustrationen i venstre side af denne slide viser, hvordan isen reflekterer mere sollys tilbage til rummet.

Andre potentielle feedbackmekanismer er ændringer i vind- og havstrømme, tilvæksten af alger og planter, samt optønningen af mikro-organismer i den frosne jord, som producerer drivhusgasser (sidstnævnte kigger vi på i næste del af timen).

Temperaturforskellen imellem Arktis og resten af kloden bliver gradvist mindre, hvilket påvirker den **Nordatlantiske Oscillation** (som er trykforskellen imellem Island og Acorerne). Dette forårsager, at vindstyrken i perioder bliver svagere og derfor **begynder den arktiske jetstrøm at "slingre"**, hvilket sender varm luft indover indlandsisen og Nordpolen (og kold luft ned over Nordamerika, Europa og Asien). Denne forstyrrelse påvirker også cirkulationen i havene.

5 Afsmeltingen af **indlandsisen** på Grønland er ligeledes taget til i løbet af de sidste årtier – hvor omkring 26 gigaton (Gt) is smeltede hvert år mellem 1992-1997, forsvarer cirka 244 Gt om året mellem 2012-2017 (grafen og tallene på denne slide tager udgangspunkt i **IMBIEs artikler**). Samtidig med at lufttemperaturen stiger og den arktiske jetstrøm forandres, **opvarmes indlandsisen nedefra** af havstrømme på øst- og vestsiden af Grønland.

Brug grafen øverst i venstre hjørne til at give et indblik i, hvor hurtigt det går.

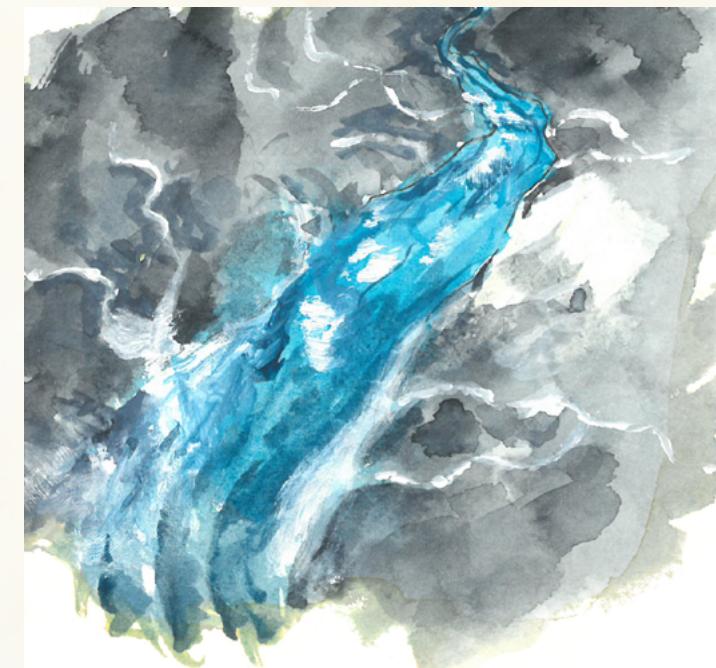
3902 Gt kan være svært at forholde sig til. Du kan fortælle at 1 Gt er 1 mia. tons eller 1 kubikkilometer. **NASA bruger billedet**, at det svarer til man hældte 120 millioner svømmebassiner i olympisk størrelse i havet hvert år i 26 år. Du kan også bede eleverne forestille sig et overfladeareal på størrelse med Fyn, Bornholm og Mors dækket af en iskappe der er 1km tyk. Eller at hele verdenshavet var dækket af et islag på 1,08 cm. (Det er nogenlunde samme mængde vand som hele menneskeheden bruger på et år.)

Indlandsisen bevæger sig igennem gletsjere, der munder ud ved havet, hvor den brækker af (kælver) i isbjerge. Da indlandsisen befinner sig over land udvides vandstanden i havene når isbjerge kælver eller isen smelter og løber i havet. Fra 1992-2018 har afsmeltingen af indlandsisen på Grønland **hævet vandstanden med 1,08 cm**. Fremskriver man den gennemsnitlige afsmelting i denne periode, vil afsmeltingen af indlandsisen bidrage til en stigning på 7-13 cm i havenes vandstand i 2100. Hvis hele indlandsisen smelter, vil det betyde en **havstigning på 7,2 m**.

Afspil video (3:36 min).

6 Denne slide er med, for at vise hvordan indlandsisen er i forandring. En stigende mængde mørke partikler, som f.eks. sod

fra skovbrande, aflejres på isen. De danner, sammen med ekstremofile **"gletsjer alger"**, der blomstrer op om sommeren og farver store områder på isen sort, en "mørk zone" langs iskappens rand, hvor isens albedo nedsættes væsentligt. Det er anslået af gletsjer alger er skyld i op til **13% af afsmeltingen på indlandsisens overflade i sydvest-Grønland**.



Mange forestiller sig at indlandsisen er en stor hvid overflade, men mange steder langs randen er isen dækket af smeltevandsøer og farvet grå eller sort af sod og alger.

Samtidig dannes der i højere grad smeltevandssøer på indlandsisen, som også ændrer overfladens albedo og skaber smeltevandsfloder, der løber ud og ned igennem isen. De kan danne **"smeltevandsbrønde"** (**moulins**) som borer sig ned igennem

isen og finder vej til bunden af iskappen, hvor isen er forankret. Vandet fungerer som "smøremiddel" og trykket "løfter" isen op, hvilket accelererer isens bevægelse og dermed hastigheden hvormed nye isbjerge kælver. Når vandet forbinder sig i kanaler under iskappens overflade og finder vej ud til havet, udlignes trykfor-

i den Antarktiske halvø, Vestantarktis, og Østantarktis. Overordnet set er **2720 Gt is smeltet fra Antarktis i perioden 1992-2017**.

Tabet er størst i Vestantarktis (-94 Gt om året) efterfulgt at den Antarktiske halvø (-20 Gt om året). Østantarktis anslås at være vokset med ca. 5 Gt om året i perioden. Afsmeltingen er tiltagende over hele perioden.

Brug kortet over Antarktis nederst i højre hjørne til at vise hvilke områder, der er tale om.

Det er nogle andre processer der er i gang her end i Arktis: isen smelter hovedsageligt nedefra. Varmen kommer fra den Antarktiske circumpolare havstrøm, som drives af en stærk vestenvind

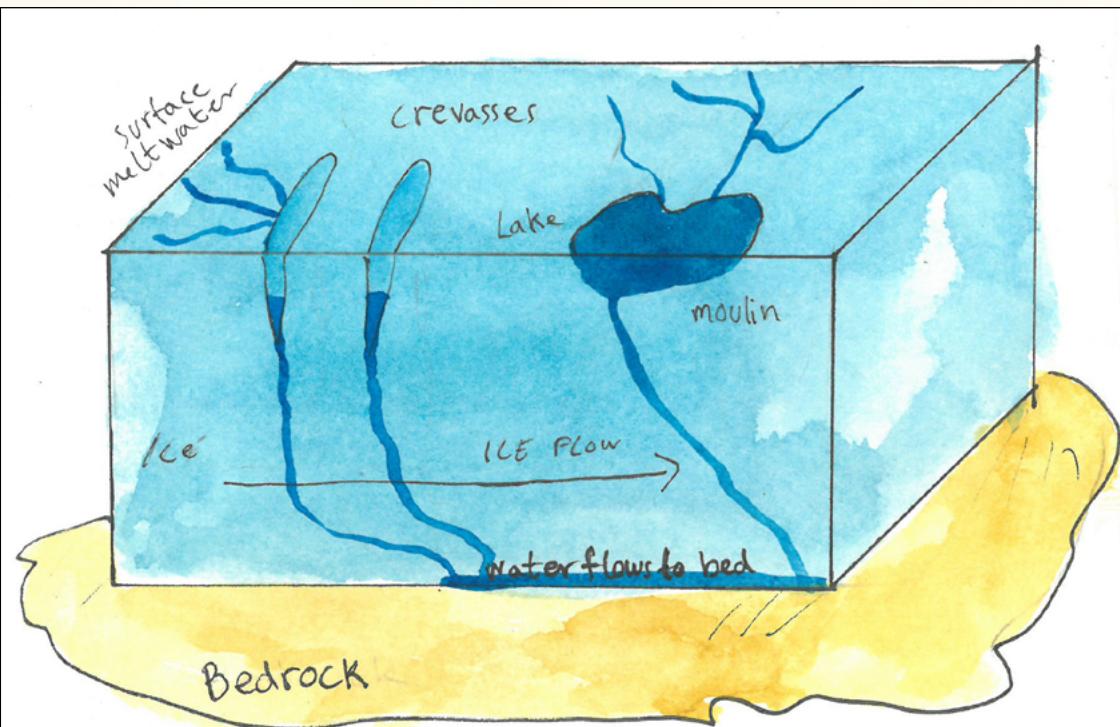
skellen og isen "falder ned" igen. Langt det meste af afsmeltingen finder sted ved kanten af iskapperne.

der opstår pga. forskellen i lufttrykket mellem Sydpolen og ækvator (**Southern Annular Mode**). Den globale opvarmning forstærker trykforskellen og dermed også det vindsystem, der sender mere varmt vand imod Antarktis. Afsmeltingen af de

2720 Gt is fra 1992-2017 på grafen på denne slide har medført en stigning af havspejlet på 7,6 mm.

8 Illustrationen øverst i højre hjørne viser, hvad der sker, når en gletsjer smelter nedefra. Ved polerne er det koldeste vand ved overfladen og det varmeste ved bunden. Efterhånden som en gletsjer smelter, når havvandet det forankringspunkt, hvor gletsjeren hviler på bunden (**grounding line**). Hvis hældningen på bunden skråner nedad bag dette punkt, nedsættes gnidningsmodstanden hurtigt og afsmeltingen accelererer (dette forklares også i videoen på dette slide). Kortet nederst i højre hjørne viser hvor på Antarktis, isen bevæger sig hurtigst mod havet.

Isdynamikker er svære at efterligne i computermodeller, og virkeligheden overhaler hele tiden forskernes fremskrivninger. Som f.eks. med Larsen B isbræmmen som **kollapsede på spektakulær vis i 2002**. Billedet nederst i venstre hjørne viser denne hændelse. Syv isbræmmer er kollapsede i Antarktis siden 1989. Forskere er særligt bekymrede for de seks gletsjere i Amundsenhavet, hvor de vurderer, at afsmeltingen er uigenkaldelig. Isen fra de seks gletsjere vil med tiden **føre til en stigning i havspejlet på 1,2 m**.



Smeltevandssøer og -floder ændrer indlandsisens albedo og dynamik. Du kan bruge denne ske-
matik til at forklare hvordan en smeltevandsbrønd (moulin) dannes og ændrer isens bevægelse.

skellen og isen "falder ned" igen. Langt
det meste af afsmeltingen finder sted ved
kanten af iskapperne.

7 Her vender vi blikket imod Antarktis.
Grafen øverst til højre inddeler Antarktis

Afspil video (3:34 min).

9 Iskapperne gemmer på en masse viden om fortidens klima. Ved at bore ned igennem isen og efterfølgende datere og analysere den kemiske sammensætning i de luftbobler, der er bevaret i isen, giver **iskerneboringer** os et indblik i sammensætningen af Jordens atmosfære og Jordens temperatur mange hundredetusinder år tilbage i tiden. Vi har iskerneprøver fra både Grønland og Antarktis, der viser isstidernes svingninger og afslører at **vindsystemer og havstrømme kan ændre cirkulation på kort tid** og føre til bratte klimaforandringer. Det bedst studerede eksempel på dette er den **Yngre Dryas**, en periode på ca. 1,200 år som startede for omkring 12,900 år siden med et brat fald i temperaturen. For omkring 11,700 år siden steg temperaturen igen pludseligt i Grønland med **så meget som 10 C° på bare 10 år**. Grafen nederst i højre hjørne illustrerer dette. Du **kan genfortælle denne historie** som et eksempel på bratte klimaforandringer. Forskning peger på at nogle af de samme mekanismer kan være på spil i dag, hvor vi ser tegn på at **Golfstrømmen er aftagende**.

Afspil video (5:48 min).

10 Når is, der befinner sig over landjorden smelter, stiger havet. Fra år **1900-2016 steg havniveauet med 16-21 cm** og udviklingen er accelereret: fra **1993-2017 steg havniveauet 7,5 cm**. Det er anslået at Grønland og Antarktis har bidraget henholdsvis 15% og 8% til denne stigning. Resten skyldes gletsjere andre steder på Jorden (21%) og den termiske udvidelse af havvandet (42%). IPCC vurderer at havniveauet vil stige **mellel 0,26-1,1 m i 2100 på tværs af deres forskellige scenarier** – vis dette på grafen til venstre på denne slide. Havniveauet vil fortsætte med at stige efter 2100 og **ifølge professor Eric Rignot vil havene med tiden stige 6-9 m**, selv hvis vi begrænser den globale opvarmning til 1,5-2 °C. Åbn linket til det interaktive kort nederst i højre hjørne og undersøg, hvordan verden ser ud meter for meter.



FORSIDESLIDE: Spørgsmål? I næste del af timen ser vi nærmere på, hvordan det står til med permafrosten.

11 Introducér definitionen af områder med **permafrost** og fortæl om, hvad vi skal kigge på i de næste fire slides.

12 Brug kortet til at udpege de områder på den nordlige halvkugle, der er præget af permafrost. Knap halvdelen af landjorden der ligger indenfor denne zone, er kontinuerlig permafrost (90% af landjorden er permafrost), lidt under en femtedel er diskontinuerlig permafrost (50-90% af landjorden er dækket af permafrost) og ca. en tredjedel er sporadisk eller isoleret permafrost (0-50% af landjorden er dækket af permafrost) – se **denne rapport** for

flere detaljer. Bemerk: Permafrost er mere udbredt på den nordlige halvkugle end den sydlige halvkugle, hvor permafrost primært er at finde i Antarktis, Andesbjergene og New Zealand.

13 Her kan du fortælle, at udviklingen i Arktis og Antarktis spejles i de **gletsjere, der befinder sig på lavere breddegrader**. Det er ikke kun gletsjere, der bliver mindre, permafrosten tør også dybere ned. Det er et problem, fordi permafrosten er **et stort reservoir for kulstof**: set i geologisk



Permafrosten i Siberien er i forandring. De sidste årtier er såkaldte "pingoer", forhøjninger i landskabet skabt af is, begyndt at eksplodere og skaber store kratere i tundraen – formodentligt fordi der opbygges gaslommer under isen.

tidsskala har der været en højere grad af fotosyntese end respiration i disse områder. Med årene er en enorm mængde biologisk materiale blevet begravet i jorden og frosset ned. Når jorden tør op om

sommeren, begynder mikroorganismer at fortære disse planterester. Anaerob forrådnelse danner CH_4 og aerob forrådnelse danner CO_2 (metan er 84 gange så kraftig en drivhusgas som CO_2 over de første 20 år i atmosfæren). Samtidig findes der store mængder frosset metan, kaldet **metankratrer**, som siver ud i atmosfæren når permafrosten tør.

Det er anslået at der findes **1.330-1.580 Gt kulstof i den frosne arktiske landjord**, hvilket er næsten to gange så meget som findes i atmosfæren. Til sammenligning udledte menneskeheden i gennemsnit knapt **40 Gt kulstof om året til atmosfæren fra 2010-2019**. Studier peger på at **permafrosten i løbet af de sidste årtier er blevet en kilde til kulstof i atmosfæren** i stedet for et dræn, som det ellers har været de sidste mange tusinder år.

Afspil video (3:51 min).

14 Dette slide viser, hvordan forandringerne ser ud. Det er ikke kun dannelsen af drivhusgasser, der er et problem. Mange steder sker der jordskred, når permafrosten tør. Nogle områder oplever allerede **60 gange så mange jordskred som**

for 40 år siden. I Siberien er der også opstået et nyt fænomen i landskabet: siden 2014 er der fundet kratere som formodentlig er opstået ved, at en lomme af metangas har ophobet sig under en pingo og er eksploderet, når trykket er blevet for højt. Billedet øverst til venstre viser **Batagaika krateret**, det største krater i Sibirien som er 1 km langt og op til 100 m dybt. Mange steder oplever befolkningen og forskere at **forandlingerne i landskabet og økosystemerne kan ske fra år til år**. Brug skematikken nederst i højre hjørne til at forklare udsivningen af drivhusgasser, hvis dine elever gerne vil vide mere om processerne.

15 Fortæl hvordan afsmeltingen af permafrosten udgør en positiv feedbacksløjfe (forbind evt. til timen "Jordens system"). Der spekuleres blandt forskere om **metanen i permafrosten er et tipping point i Jordens system** der kan føre til en drastisk stigning i Jordens middeltemperatur de kommende årtier. Paleoklimatisk forskning peger på, at **metan har spillet en afgørende rolle i fortidens klimaændringer**. Brug denne artikel til at nuancere en eventuel diskussion og perspektivering af dette. Mange klimamodeller inkluderer ikke det kulstof, der bliver udledt fra permafrosten (det gælder også IPPC AR5), som derfor ændrer hele billedet af de tiltag der skal til for at opnå en reduktion, der begrænser opvarmningen til 1,5-2°C.

16 Introducér **James Balog**, **Extreme Ice Survey** og dokumentaren "**Chasing Ice**" (se evt. også Balogs undervisningsmateriale "**Getting the picture**"). Hold en pause og se filmen bagefter. En anden god dokumentar, som viser hvordan forandlingerne opleves af menneskerne i Arktis, er **The Last Ice**.



17 Alt efter hvor lang tid der er tilbage, slut af med en diskussion af filmen og dagens emne. Henvis til hjemmesiden og baggrundsmaterialet.

Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/Nwvq9JrEARpUlsT017hv/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-cryosphere>

Isens rolle i Jordens system

David Archer og Stefan Rahmstorf (2010) "Snow and Ice" i *The Climate Crisis – An Introductory Guide to Climate Change*, Cambridge University Press

Opsummering af videnskaben

IPCC (2019) **IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**, IPCC. Se: <https://www.ipcc.ch/srocc/>

Permafrostens rolle i fremtidens klima

The Permafrost Carbon Network, se: <http://www.permafrostcarbon.org/>

Hyperlinks

Kryosfæren: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cryosphere>

Chasing Ice: <https://chasingice.com>

James Balog: <http://jamesbalog.com>

Extreme Ice Survey: <http://extremeicesurvey.org>

Polar forstærkning: <https://tidsskrift.dk/gn/article/view/3377>

Permafrost: <https://en.wikipedia.org/wiki/Permafrost>

Artikel om feedback-mekanismer: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-011-0215-8>

NOAAs Arctic Report Card: <https://arctic.noaa.gov/Report-Card>

Arktis opvarmes dobbelt så hurtigt: https://nsidc.org/cryosphere/arctic-meteorology/climate_change.html

Havisen i Arktis: https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_sea_ice_decline

Udviklingen af havisen i Arktis: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>

Størrelsen af havisen i Arktis: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>

Gammel vs. ny is: <https://nsidc.org/cryosphere/icelights/2013/09/sea-ice-age-matters>

Den arktiske dødsspiral: <https://www.arcticdeathspiral.org/>

Positiv feedback: https://en.wikipedia.org/wiki/Positive_feedback

Albedo-effekt: <https://klimaleksikon.dk/opslag/albedo>

Albedo-effekten i Arktis: <https://www.pnas.org/content/111/9/3322>

Nordatlantiske Oscillation: <https://ng.systime.dk/?id=171>

Den arktiske jetstrøm: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/climate-change-impacts/why-polar-vortex-keeps-breaking-out-arctic>

Indlandsisen: https://en.wikipedia.org/wiki/Greenland_ice_sheet

IMBIEs artikler: <http://imbie.org/news/publications>

Indlandsisen opvarmes nedefra: <https://www.igsoc.org/annals/53/60/a60A136.pdf>

Vandstanden er steget 10,8 mm: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31822019/>

Indlandsisen havstigning: https://en.wikipedia.org/wiki/Greenland_ice_sheet

Gletsjer alger: https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_algae

Gletsjer alger øger afsmeltingen: <https://blackandbloom.org/our-findings/>

Smeltevandsbrønd: <http://www.danbbs.dk/~stst/glaciologi/smeltevand.htm>

Moulin: [https://en.wikipedia.org/wiki/Moulin_\(geomorphology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Moulin_(geomorphology))

2720 Gt smeltet fra Antarktis: <http://eprints.whiterose.ac.uk/132373/>

Southern Annular Mode: <http://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/southern-annular-mode/>

Grounding line: <http://www.antarcticglaciers.org/glacier-processes/grounding-lines/>

Larsen B kollaps: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/LarsenB>

Havstigning på 1,2 m: <https://www.jpl.nasa.gov/news/west-antarctic-glacier-loss-appears-unstoppable/>

Iskerneboringer: <http://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/ice-cores/ice-core-basics>

Ændring i vind- og havstrømme: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18566247/>

Bratte klimaforandringer: <https://www.nap.edu/read/10136/chapter/2>

Yngre Dryas: https://da.wikipedia.org/wiki/Yngre_Dryas

10 °C på 10 år: <http://ocp.ldeo.columbia.edu/res/div/ocp/arch/main.shtml>

Eksempel på bratte klimaforandringer: <http://ocp.ldeo.columbia.edu/res/div/ocp/arch/examples.shtml>

Golfstrømmen er aftagene: <https://www.nytimes.com/interactive/2021/03/02/science/gulf-stream-climate-change.html>

Havniveauet 1900-2016: <https://science2017.globalchange.gov/chapter/12/>

Havniveauet 1993-2017: <https://essd.copernicus.org/articles/10/1551/2018/>

IPCCs vurdering af havniveauet: <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policymakers>

Eric Rignot om fremtidens havniveau: <https://youtu.be/WVEM1cgMc1s>

Permafrost: <https://en.wikipedia.org/wiki/Permafrost>

Rapport om permafosten: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1386A>

Gletsjer retræte: https://en.wikipedia.org/wiki/Retreat_of_glaciers_since_1850

Permafosten som reservoir for drivhusgasser: https://en.wikipedia.org/wiki/Permafrost_carbon_cycle

Metan klatrater: https://en.wikipedia.org/wiki/Methane_clathrate

Samlet mængde kulstof i permafosten: <https://www.searcharcticscience.org/arctic-answers/permafrost/briefs>

Permafosten en kilde for kulstof: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/145880/permafrost-becoming-a-carbon-source-instead-of-a-sink>

40 Gt kulstof om året: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/global-carbon-budget>

Jordskred i Arktis: <https://www.carbonbrief.org/guest-post-arctic-warming-causing-60-fold-increase-permafrost-landslides>

Kratere i permafosten: <https://www.bbc.com/future/article/20201130-climate-change-the-myth-of-siberias-explosive-craters>

Pingo ekspllosion forklaret: <https://www.nationalgeographic.com/science/2020/09/colossal-crater-found-Siberia-what-made-it/>

Batagaika krateret: https://en.wikipedia.org/wiki/Batagaika_crater

Bratte forandringer i permafosten: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01313-4>

Permafosten som tipping point: <https://climate-tippingpoints.info/2019/05/13/fact-check-is-an-arctic-methane-bomb-about-to-go-off/>

Metans rolle i fortidens klimaforandringer: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871174X16300488>

Artikel om tipping point i Arktis: <https://skepticalscience.com/Schuur2015.html>

Getting the picture: <http://gettingthepicture.info>

The Last Ice: <https://films.nationalgeographic.com/the-last-ice>

VERDENS HAVENE

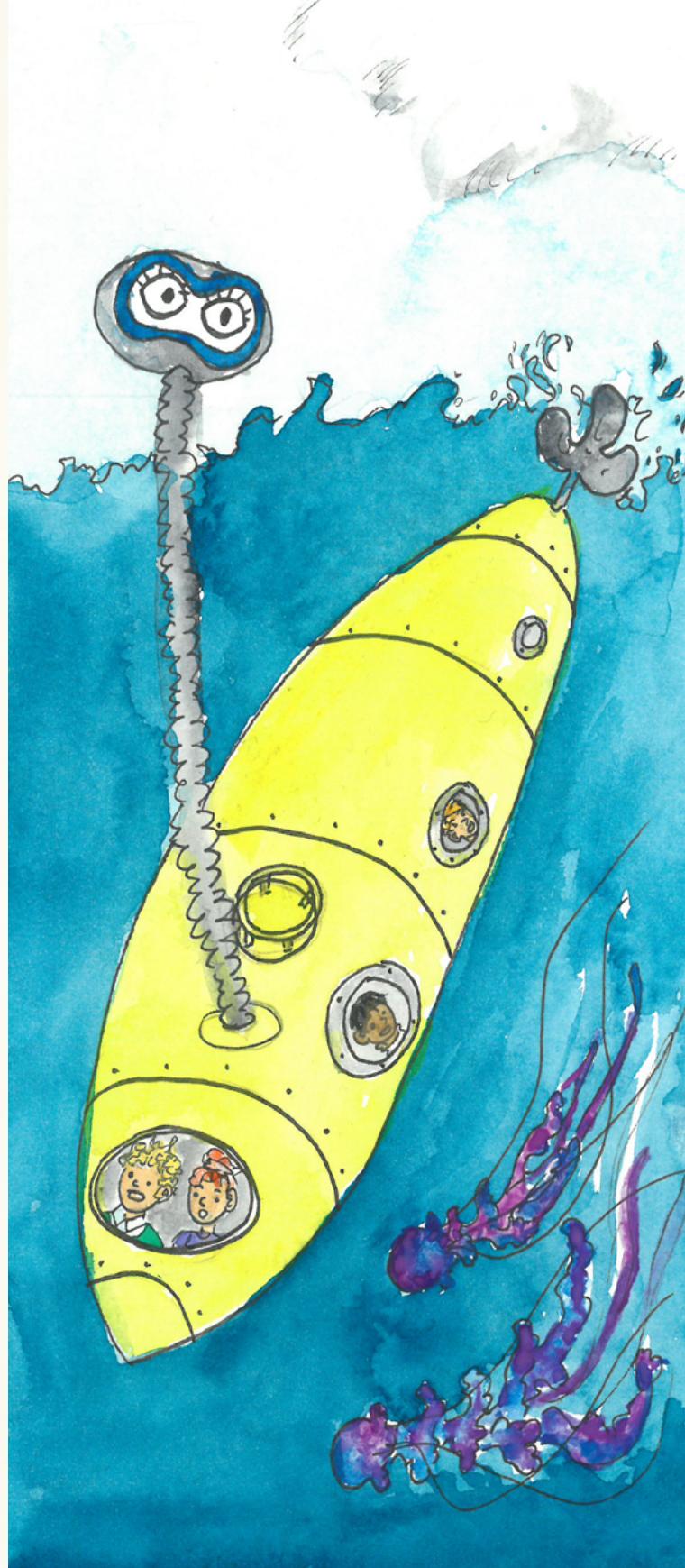


Verdenshavene

Man kan let få fornemmelsen af uendelighed og permanens når man observerer havets umådelige omfang, men verdenshavene er i hastig forandring. I denne time dykker vi under overfladen på nogle af de overordnede udviklinger i havene: opvarmningen, forsuringen, iltsvindet, forurenningen og overfiskningen.

Der er meget at tage fat på og forholde sig til, så det er vigtigt at prøve at balancere stoffet, så grundproblematikkerne står klart for eleverne samtidig med, at det ikke bliver uoverskueligt. Verdenshavene er et kæmpe emne som er svært at afdække i sin helhed på tre timer. Du kan evt. droppe nogle af videoerne, hvis du har brug for mere tid, og eleverne allerede kender til videoens indhold. Det kan også være en god idé at tage udgangspunkt i de emner, du selv synes er interessante og gå i dybden med dem i stedet for at prøve at nå igennem alt materialet.

Dette er en time, hvor der findes mange forskellige vinkler og rigtig meget ekstra materiale, så der er masser af muligheder for at tilpasse forløbet. Brug f.eks. [Google Earth's "Ocean Layer"](#) til at dykke virtuelt ned under havets overflade. Kig



på [National Geographic's materialer](#) om havet eller træk på den danske organisation [Plastic Change's vidensbank](#). Kunsten må være at åbne op for en forståelse af den altafgørende rolle, verdenshavene spiller i Jordens system samtidig med at formidle havets poetiske dimension, dets mange mysterier og fascinerende fremmedhed.

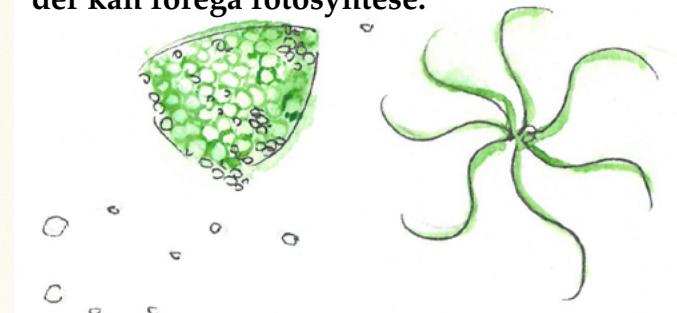
Jeg slutter ofte af med at vise dokumentaren "[Mission Blue](#)", som er et portræt af marinbiologen [Sylvia Earle](#) og hendes kamp for at oprette naturreservater i havet. Hendes historie er spændende i sig selv, men filmen giver også en god indsigt i udviklingen i havene igennem de sidste årtier, og så giver den en lille smule håb efter de mange dårlige nyheder. Du kan finde alternativer til denne dokumentar og andre af timens indslag i [materialebanken](#) – der findes et hav af relevant materiale, så det er næsten kun fantasien, der sætter grænser.

FORSIDE SLIDE: Introducér dagens emne og spørg ind til hvad eleverne allerede ved om de forandringer, der sker i havene lige nu. Plastik har været diskuteret en del i medierne, men hvilke problematikker kender de ellers til? Hvad ved de om den rolle havet spiller i reguleringen af Jordens klima? Hvad tænker de på, når de tænker på havet?

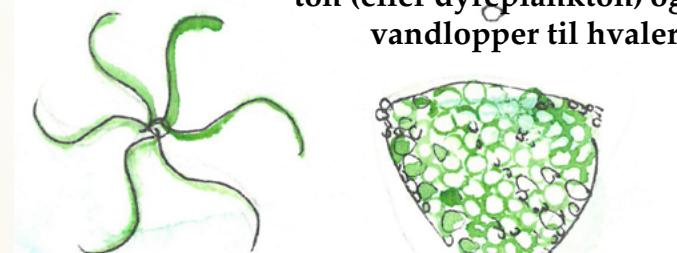
1 Fortæl hvordan vi i dag skal undersøge den rolle verdenshavene spiller i reguleringen af Jordens klima og se hvordan, vi mennesker påvirker havene. Introducér forløbet i dagens lektion og de emner, vi skal kigge nærmere på. Her kan du også overordnet beskrive havets rolle i Jordens system: **verdenshavene** rummer ca. 97% af alt det vand, der findes på planeten og udgør derfor også hoveddelen af hydrofæren. Havene dækker omkring 71% af Jordens overflade og absorberer og fordeles størstedelen af den energi der strømmer til Jordens fra Solen. Derfor er det der sker i havene lige nu også af afgørende betydning for, hvordan den antropocæne tidsalder udvikler sig...

2 Du kan f.eks. spørge om eleverne kan benævne de fem verdenshav: Stillehavet, Atlanterhavet, Det Indiske Ocean, Ishavet (det Arktiske Hav), Det Sydlige Ishav (Sydhavet). Når man snakker om "de syv have" er det fordi man så inddeler havene anderledes, f.eks. i det sydlige og nordlige Stillehav og Atlanterhav. Fortæl f.eks. også om **mængden af arter i havene**: det anslås, at der findes 2,2 millioner arter i havene (men 95% af verdenshavene er uudforskede), **fytoplanktons regulering af atmosfærens iltindhold**: de producerer mindst 50% af al den ilt der er i luften, og havenes funktion som **fordeler af solens energi** (du kan evt. koble til lektionen Jordens System

Når man dykker ned i havet kommer man først ned i den **fotiske zone**, hvor der er nok sollys til, at der kan foregå fotosyntese.



Her lever **fytoplankton** (planteplankton) som er alger der binder CO₂ i organisk stof ved fotosyntese. De er første led i **havets fødekæde** og bliver spist af alt fra zooplankton (eller dyreplankton) og vandlopper til hvaler.



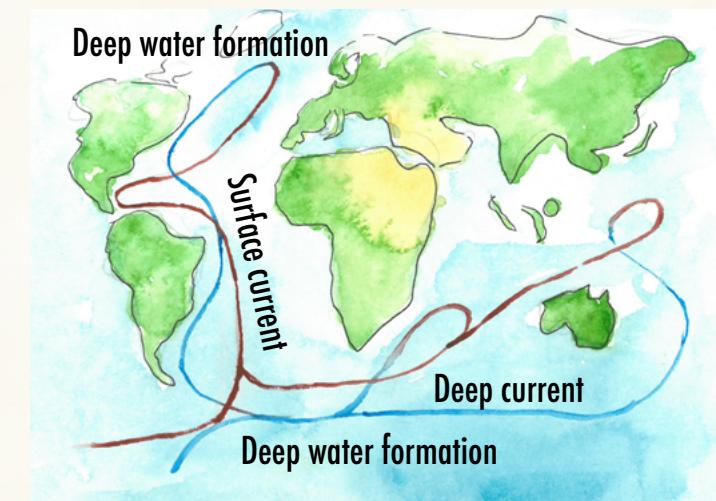
Klimaforandringerne påvirker fytoplankton og havets kulstofkredsløb på forskellig vis – mængden af plankton er for nedgangende og det ser ud til at **fortsætte, efterhånden som havene bliver varmere**.

De forandringer, der sker med havets plankton, vil forandre grundlaget for livet både i havet og på landjorden.

og forståelsen af klima som fordelingen af energi i Jordens globale økosystem).

Afspil videoen (6:00 min).

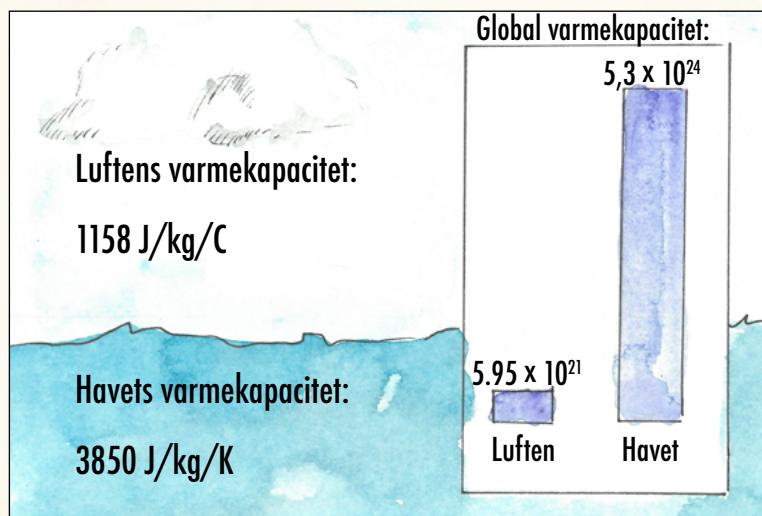
3 Fortæl om den **termohaline cirkulation**: klodens havstrømme hænger sammen i et kredsløb der drives af undersøiske "vandfald" ved polerne, hvor koldt og saltholdigt vand synker mange kilometer ned mod havbunden. Når varme havstrømme flyder fra ækvator mod nord og syd øges



saltindholdet igennem fordampning (thermo = varme og halin = salt), hvilket øger vandets massefylde så meget, at det synker når det køles til under 0 °C ved polerne. Den globale opvarmning **påvirker den termohaline cirkulation** ved både at opvarme havoverfladen og gøre havvandet mindre salt – begge processer dæmper kraften i de undersøiske vandfald ved polerne.

Afspil videoen (5:03 min).

4 Havets varmekapacitet, eller varmefylde, er mange gange højere end atmosfærrens, og langt størstedelen af den ekstra energi, der tilføres klimasystemet pga. den globale opvarmning, ophobes i havene. Selv **små ændringer i havets varmeoptag kan ændre atmosfærrens temperatur betydeligt**. Havet kan ikke blive ved med at optage varme ligeså hurtigt, som det gør i dag, og derfor kan opvarmningen af atmosfæren på et tidspunkt begynde at gå hurtigere. Samtidig "forsvinder" den varme der optages i havene ikke, den bliver afgivet **tilbage til atmosfæren i fremtiden**. Det er derfor, man med temmelig stor sikkerhed kan sige, at atmosfæren vil blive $0,5^{\circ}\text{C}$ varmere, end den er i dag, selv hvis man stoppede al CO₂ udledning øjeblikkeligt – ligesom det tager tid for en grydefuld vand at køle ned, når den har kogt, tager det tid for den energi, der er ophobet i havene at cirkulere igennem havene.

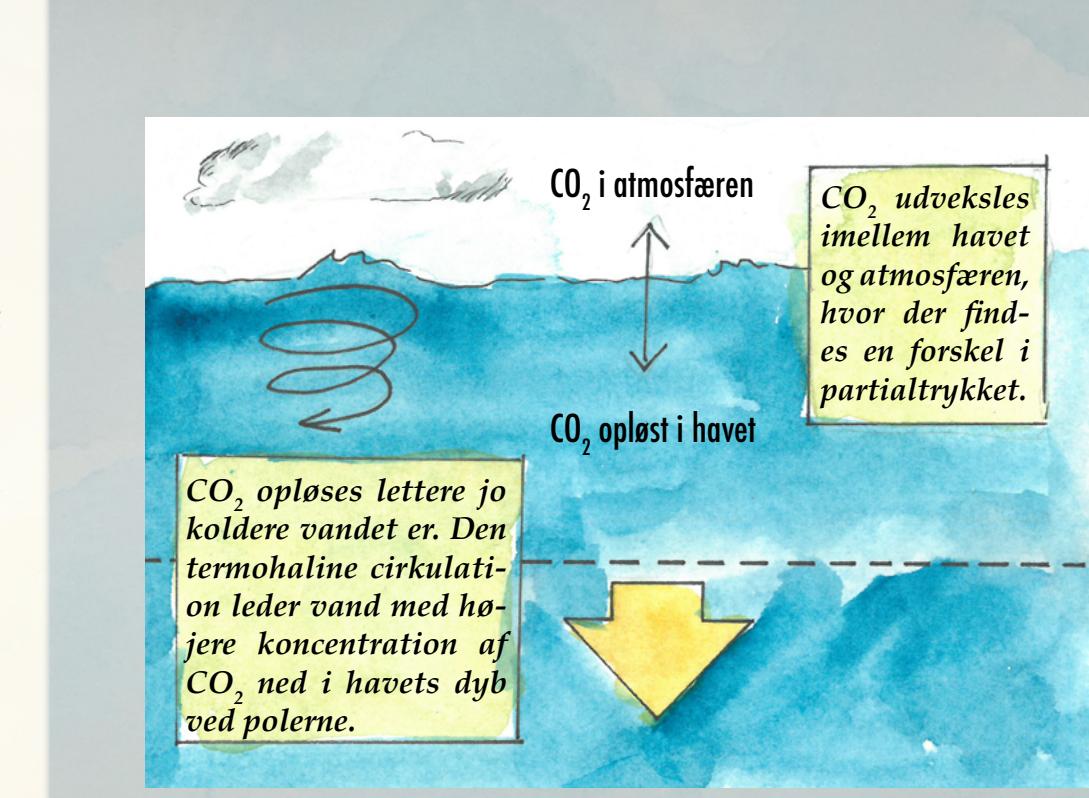


Når man tager **havets og atmosfærrens masse og størrelse i betragtning** er havets varmekapacitet ca. 1000 gange større end atmosfærrens.

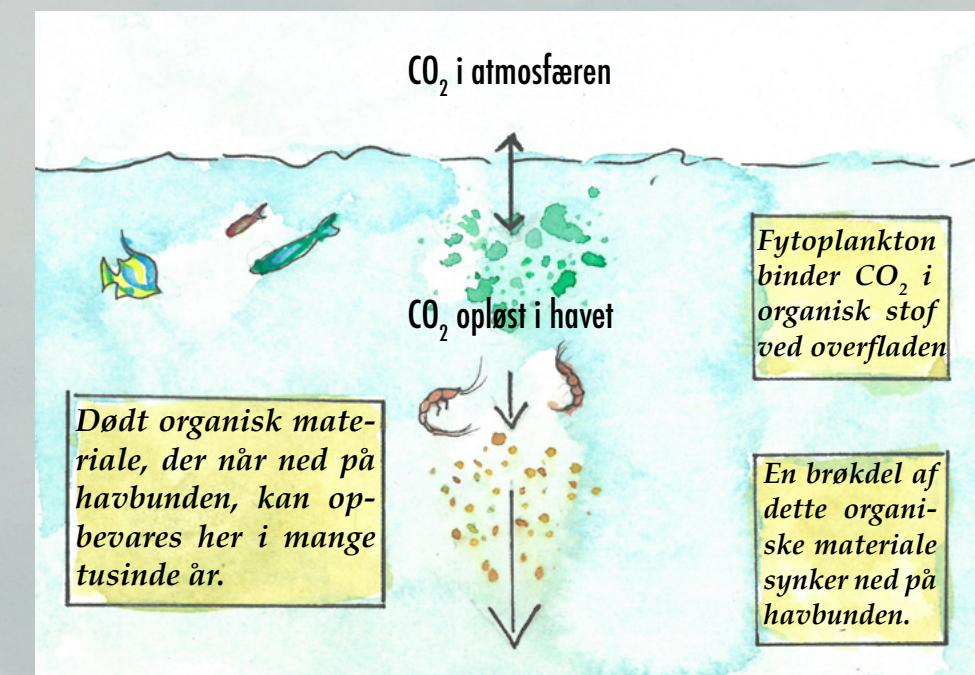
Afspil videoen (3:49 min).

FORSIDESLIDE. Spørgsmål?

5 Introducér havets "kulstofpumpe". Det anslås at **havets kulstofpumpe fjerner op til 2,6 milliarder tons CO₂** fra atmosfæren hvert år. Efterhånden som havenes evne til at optage CO₂ mættes, vil der opløses mindre CO₂, og atmosfæren vil blive opvarmet hurtigere.



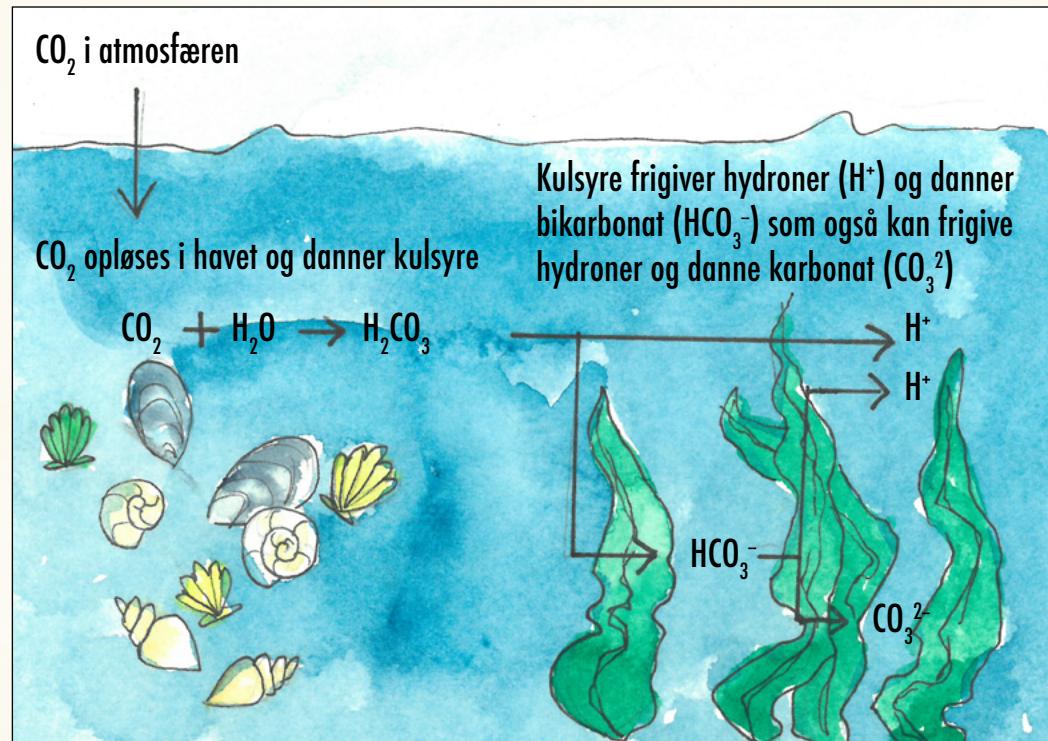
Den fysiske kulstofpumpe



Den biologiske kulstofpumpe

6 Når CO₂ opløses i havet, påvirker det de kemiske processer i havvandet. Kuldioxid går i forbindelse med havvandet og danner kulsyre. Kulsyre frigiver hydroner (brintioner) og danner bikarbonat (hydrogenkarbonat), som igen kan frigive hydroner og danne karbonat. Disse reaktioner er i kemisk ligevægt, så jo mere

Når pH-værdien falder, ændres balancen imellem bikarbonat og karbonat. Hydroner, der frigives af kulsyre, går så i højere grad i forbindelse med karbonat og danner bikarbonat. Dette gør karbonat mindre tilgængeligt for havets kalkdannende organismer, der bruger karbonationer til at danne kalciumkarbonat (CaCO₃) i deres skelletter og skaller.



De kemiske reaktioner der ligger bag forsuringen af havene

kuldioxid der opløses i havet, jo flere hydroner dannes der. Når mængden af hydroner (som afgør væskers pH) øges, falder havvandets pH-værdi. Det vil sige, at når indholdet af CO₂ i havene stiger, bliver havvandet mere surt.

end nogensinde før i historien. Hvis CO₂ udledningen fortsætter i samme gear som hidtil, vil havene være forsuret 170% i år 2100 sammenlignet med år 1750.

Afspil videoen (5:34 min).

HVEM UNDERVISER DU?

Nogle af emnerne i denne time har et højt detaljeniveau. Det er vigtigt at tilpasse materialet til den gruppe, der undervises: de overordnede problematikker vedrørende de forandringer, der foregår i havene, kan udmærket forstås, selvom nogle af detaljerne i de forskellige mekanismer udelades.

Timen er tilrettelagt sådan, at slide 1-4 omhandler havet overordnet betragtet: havet som fordeler af solens energi, cirkulationen af havstrømmene og havets varmekapacitet. Herefter er der indsat et forsideslide, hvor du kan lave et forståelsestjek.

Slide 5-7 går i dybden med CO₂ i havene: kulstofkredsløbet og forsuringen. Herefter er der igen et forsideslide, hvor du kan tjekke forståelsen.

Slide 8-10 omhandler hver et emne som i sig selv kan udfoldes i flere detaljer, end jeg har lagt op til her: dødzoner, plastik og overfiskning kunne sagtens være udgangspunkt for en mere dybdegående undersøgelse og diskussion. Der findes masser af materiale, der kan understøtte en grundigere undersøgelse.

Det vigtigste er at skabe en helhedsforståelse af de forskellige måder, vi mennesker påvirker havet.

7 Fortæl om, hvordan forsuringen af verdenshavene **påvirker livet i havet**. F.eks sænker det hastigheden, hvormed kalkdannende organismer, såsom muslinger, østers, havsnegle, fytoplankton, sørstjerner og koraller, kan bygge deres skeletter og skaller. I nogle tilfælde kan en øget surhedssgrad endda nedbryde disse organismers skaller hurtigere, end de kan bygge dem. Mange havdyrs sundhed bliver påvirket negativt af surere havvand, da de skal bruge mere energi på at opretholde vitale funktioner. F.eks. påvirkes blæksprutters iltoptag, imens nogle fisks evne til at finde vej nedsættes. Mange æg og larver kan ikke udvikles ordentligt under surere forhold. Hvis udviklingen fortsætter, vil mange arter af små havsnegle ikke længere være i stand til at overleve i store

områder af havet ved udgangen af dette århundrede. Et kollaps af populationen af havsnegle vil have katastrofale følgevirkninger igennem hele fødekæden, da de spises af alt fra krill til hvaler. Billedet under teksten på slide 7 viser en **havsnegl (pteropod) som opløses i vand med samme pH-værdi, som forventes i 2100**, hvis forsuringen fortsætter.

Mange organismer er særligt sårbar overfor klimaforandringerne, da de både påvirkes af forsuringen og af stigningen i havtemperaturen. Hertil kommer andre former for forurening samt overfiskning. Koraller er hårdt ramt: **mindst en femtedel af verdens koralrev er allerede forsvundet, og 75% af klodens rev er truede**. Udsigten er, at samtlige koralrev vil være truede i

år 2050 pga. klimaforandringer, overfiskning og forurening. Ved 2°C opvarmning, som er Parisaftalens øvre grænse, vil **99% af klodens koralrev forsvinde**.

Koraller er opbygget af små polypper, som indgår i en symbiose med en alge, der hedder *zooxanthel*. Algerne lever i korallernes væv og giver til gengæld glukose tilbage, som de producerer ved fotosyntese. Når havtemperaturerne overstiger en vis grænse, eller korallerne udsættes for stress, udstøder de algerne. Så skifter korallerne farve og bliver hvide. Algerne producerer op til 90% af korallernes energibehov, så ved langvarig stress sulter korallerne ihjel. Når havvandet i længere perioder overstiger normalen for sommer-månederne, kan der forekomme blegning

° C

Termisk stress er årsag til koral-blegning

Blegning af koralrev er ikke nødvendigvis dødeligt og korallerne kan godt komme sig, hvis havtemperaturen falder igen indenfor et par uger. Men jo hyppigere blegningen forekommer, jo sværere er det for korallerne at rehabiliterere.



af koraller i stor skala. Siden den første dokumenterede globale blegning af koraller i 1982-3 er *mass bleaching events* blevet hyppigere. Great Barrier Reef har gennemgået masse-blegning i 2016, 2017 og 2020, og mere end halvdelen af revet er nu forsvundet. Fortsætter tendensen, kan revet forsvinde helt i løbet af de næste årtier.

Afspil video 1 (1:37 min).

Fortæl evt. om dokumentaren *Chasing Coral* og projektet med at tage timelapse fotografier af et *mass bleaching event*.

Afspil video 2 (2:55 min).

FORSIDESLIDE: Spørgsmål? **Bemærk:** der foregår et skift i de næste slides: hvor de forrige gik i detaljer, beskrives problema-

tikkerne i de næste tre slides mere overordnet.

8 Denne slide introducerer problematikken omkring **iltsvindet i havene**. Dette problem har to hovedårsager:

1) Udledning af næringsstoffer og kvælstof fra spildevand, landbrug og afbrænding af fossile brændstoffer. For mange næringsstoffer forårsager en **opblomstring af fytoplankton**, og nedbrydningsprocessen af døde alger fjerner ilt fra havet. Dette skaber regionale "dødzoner", som er blevet almindelige langs kontinenternes kyster, hvor de fleste havdyr ikke kan overleve.

2) Opvarmningen af havene som konsekvens af klimaforandringerne. **Varmere**

havvand er mere iltfattigt og har en tendens til at lagdeles, hvilket tilfører mindre ilt til havets dybder (lagdelingen af havets vandmasser er **øget 5,3% de sidste 50 år**).

Områder med lavt iltindhold vokser hvert år og det anslås at **iltniveauet i havene er faldet 2% siden midten af det 20. århundrede**. Iltsvind har allerede medført en målbar nedgang i antallet af fisk og biodiversitet mange steder. En nedgang i havvandets iltindhold ændrer havenes økosystemer og udbredelsen af fiskearter. Samtidig kan iltfattigt vand dybt i havet danne drivhusgasser, som kan slippe tilbage til atmosfæren. Konsekvenserne for samfund, der er afhængige af fiskeri, er altså gennemgribende.

Afspil videoen (4:41 min).



Vi ser som regel kun overfladen når vi oplever havet, men teknologi kan lade os se med andre øjne – også processer man ikke kan se med det blotte øje i real-time. Dokumentaren Chasing Coral viser ved hjælp af timelapse fotografier, hvordan koraller bleges. Der findes efterhånden også en del virtual reality platforme og 360° filmoplevelser, som viser hvordan klimaforandringerne påvirker havenes (se f.eks. The Hydrous eller Conservation Internationals VR historier).

9 Her kan du fortælle om hvor meget plastik, der ender i havene og hvordan – brug f.eks. [vidensbanken på Plastic Change's hjemmeside](#) eller [Plastic Ocean's materiale](#). Omkring 12 millioner tons plastik ender i havene hvert år, svarende til mere end 16 indkøbsposer fyldt med plastik per meter kystlinje på globalt plan (hvis man ekskluderer Antarktis). Meget af denne plastik ender i fødekæden efterhånden, som den bliver nedbrudt, f.eks. regner man med, at 90% af alle havfugle har plastik i kroppen. Stikprøver viser, at der er plastikrester i ca. [hver fjerde fisk solgt på markeder i USA og Indonesien](#). Det anslås, at 80% af al plastik i havene kommer fra landbaserede aktiviteter, som industri, dumping og spildevand, imens de resterende 20% tilskrives fiske-, shipping- og olie-industrien.

Afspil videoen (12:18 min). Et alternativ er kortfilmen [Out of Plastic](#) (19:46 min). Du kan også vise dokumentaren ["The Story of Plastic"](#) (1t 35min), hvis du ønsker at stille skarpt på dette emne.

10 Fortæl om overfiskningen af havene: ifølge FAO er 34,2% af havenes fiskebestande overfiskede og 93,8% af bestandene er ”fuldt fiskede”. Samtidig anslås det, at hver tredje fisk går til spilde som bifangst eller når at rådne, inden den kan blive spist.

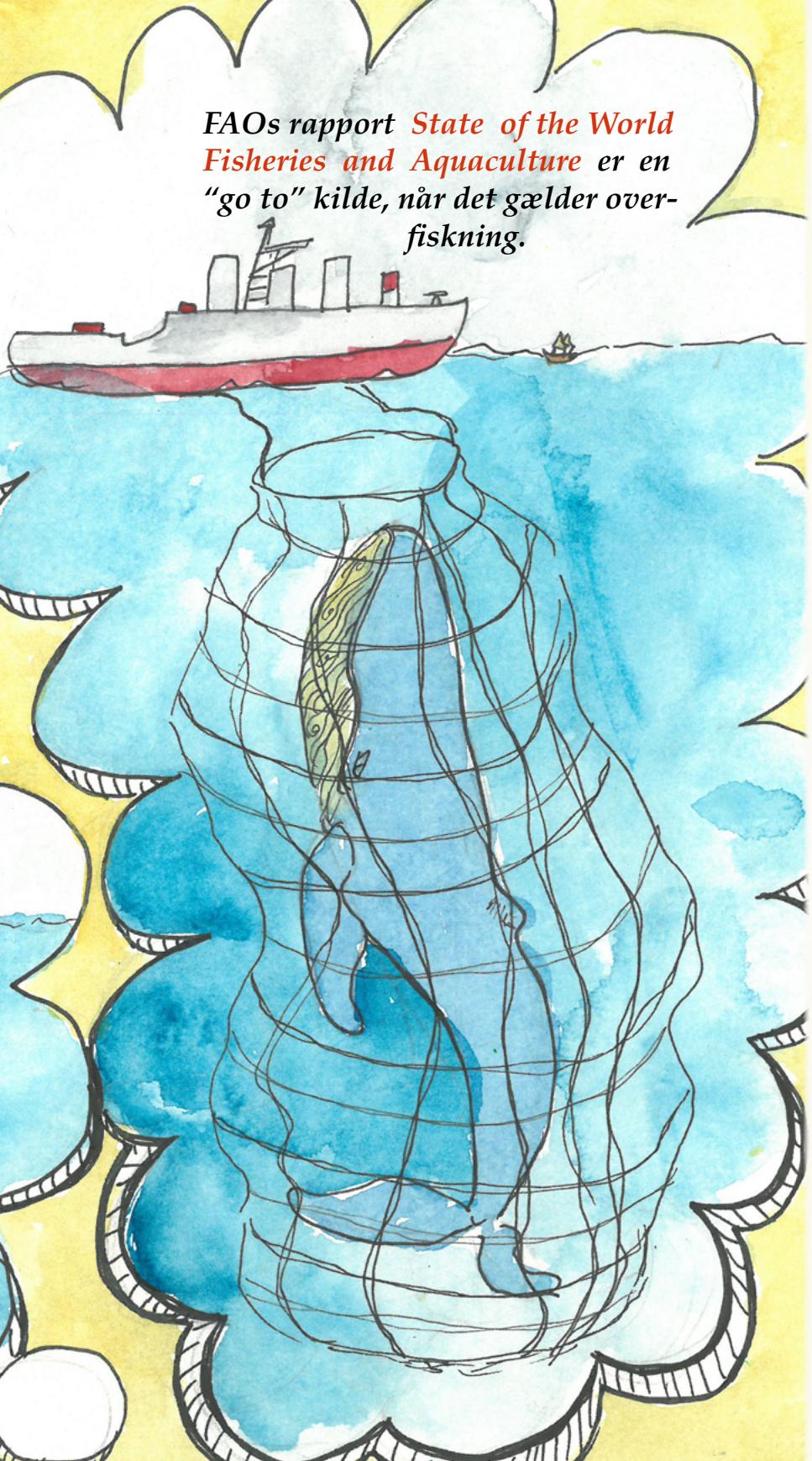
Afspil videoen (4:27 min).

FORSIDESLIDE. Vi holder et kvarters pause. Du kan evt. introducere dagens dokumentar efter slide 10, så I kan starte med det samme efter pausen.

11 Introducér [Sylvia Earle](#) og dokumentaren ["Mission Blue"](#). Afspil filmen (1t 36min).

Et godt sted at starte, når det gælder iltsvindet i havene, er [IUCNs rapport "Ocean Deoxygenation – Everyone's Problem"](#).





FAOs rapport *State of the World Fisheries and Aquaculture* er en "go to" kilde, når det gælder overfiskning.

- 12 Afrundende diskussion af filmen og dagens emne. Henvisninger til hjemmesiden og baggrundsmateriale. **Bemærk:** For at skabe balance i materialet og undgå informations-overload, er nogle emner der vedrører klimaforandringerne konsekvenser for havet udeladt. F.eks. berører denne lektion ikke stigningen af vandstanden i verdenshavene. Det kigger vi så til gengæld på i timen "Jordens system".

Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/zB5LuGCoRsh9JzpBk8Xx/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-oceans>

Opsummering af havets rolle i Jordens klimasystem

Raymond W. Schmitt (2018) *The ocean's role in climate*, Oceanography, vol. 31, no. 2, pp. 32–40. Se: https://tos.org/oceanography/assets/docs/31-2_schmitt.pdf

Hvordan klimaforandringerne påvirker havene

David Archer og Stefan Rahmstorf (2010) "How the oceans are changing" i *The Climate Crisis – An Introductory Guide to Climate Change*, Cambridge University Press

Havenes tilstand og rolle i økologiske og menneskelige systemer

Böllmann et al. (2010) *World Ocean Review 1*, Maribus. Se: https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor1/WOR1_en.pdf

Hans-O. Pörtner et al. (2014) "Ocean Systems" i *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Fifth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press. Se: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/ocean-systems/>

Konsekvenserne af et varmere hav for planter, dyr og mennesker

IPCC (2019) *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, IPCC. Se: <https://www.ipcc.ch/srocc/>

Daniel Laffoley og JM Baxter (2016) *Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences*, IUCN. Se: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-046_0.pdf

Hyperlinks

Google Earth Ocean Layer: <https://bit.ly/30E5ffq>
National Geographic's materialer: <https://www.nationalgeographic.com/environment/oceans/>
Plastic Change's vidensbank: <https://plasticchange.org/knowledge-center/>
Mission Blue: <https://mission-blue.org/>
Sylvia Earle: <https://www.britannica.com/biography/Sylvia-Earle>
Verdenshavene: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean>
Mængden af arter i havene: <https://www.sciencedaily.com/releases/2011/08/110823180459.htm>
Fytoplankton, iltproduktion: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/ocean-oxygen.html>
Havene fordeler solens energi: <http://www.wateryencyclopedia.com/Ce-Cr/Climate-and-the-Ocean.html>
Den fotiske zone: https://en.wikipedia.org/wiki/Photic_zone
Fytoplankton: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton>
Havets fødekæde: <https://denstoredanske.lex.dk/hav%C3%B8kologi>
Fytoplankton påvirkes af klimaforandringerne: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93284-2_5
Fytoplankton og temperatur: <https://phys.org/news/2019-05-phytoplankton-decline-coincides-temperatures-years.html>
Den termohaline cirkulation: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermohaline_circulation
Global opvarmning og havenes cirkulation:

http://www.pik-potsdam.de/~stefan/thc_fact_sheet.html
Energiophobning i havene: <https://www.dmi.dk/klima/temaforside-energiens-rejse-i-klimasystemet/energiophobning-i-klimasystemet/>
Havets termiske interti: <https://skepticalscience.com/climate-inertia.html>
Havet vs. luftens varmekapacitet: <https://scholarsandrogues.com/2013/05/09/csfe-heat-capacity-air-ocean/>
CO₂ kulstofpumpen fjerner årligt: http://www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2017/03/ocean-carbon-pump_07-2.pdf
CO₂ påvirker havets kemi: https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-5/an5-2006surt-hav.pdf
pH-skalen: <https://pmel.noaa.gov/co2/story/A+primer+on+pH>
Forsuring siden den før-industrielle tid: <https://science2017.globalchange.gov/chapter/13/>
Forsuring i paleoklimatisk perspektiv: http://www.igbp.net/download/18.30566fc6142425d6c91140a/1385975160621/OA_spm2-FULL-lorez.pdf
Forandringerernes hastighed: <https://nca2014.globalchange.gov/report/our-changing-climate/ocean-acidification>
Forsuringen påvirker livet i havet: <https://reefresilience.org/stressors/ocean-acidification/biological-impacts-of-ocean-acidification/>
Havsnegl opløses: <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/What+is+Ocean+Acidification%3F>
1/5 af korallrev er forsvundet: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/coral-reefs-we-continue-take-more-we-give>
3/4 af korallrev er truede: <https://reefresilience.org/reefs-are-at-risk/>
99% af alle rev forsvinder ved 2 °C: <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of->

concern-why-global-temperatures-matter/
Mass bleaching event: <https://reefresilience.org/stressors/bleaching/mass-bleaching/>
Chasing Coral: <https://www.chasingcoral.com/>
Iltsvindet i havene: <https://www.iucn.org/theme/marine-and-polar/our-work/climate-change-and-oceans/ocean-deoxygenation>

Lagdelingen af havene de sidste 50 år: <https://insideclimatenews.org/news/28092020/ocean-stratification-climate-change>

Iltniveauet er faldet 2%: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/ocean-deoxygenation>

Oplomstring af fytoplankton: https://en.wikipedia.org/wiki/Algal_bloom

Varmere vand er mere iltfattigt: <https://carbonbrief.org/guest-post-how-global-warming-is-causing-ocean-oxygen-levels-to-fall>

The Hydrous: <https://thehydro.us/>
Conservation International VR: <https://www.conservation.org/stories/virtual-reality>

Plastic Change's vidensbank: <https://plasticchange.org/knowledge-center/plastic-in-the-ocean/>
PlasticOceans'vidensbank: <https://plasticoceans.org/plastic-pollution-info-resources/>

Plastik i havene 1: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-001-En.pdf>

Plastik i havene 2: <https://theconversation.com/eight-million-tonnes-of-plastic-are-going-into-the-ocean-each-year-37521>

Plastik i hver fjerde fisk: <https://www.nature.com/articles/srep14340>

Out of Plastic, kortfilm: <https://youtu.be/qyB3UR2EUyA>

"The Story of Plastic": <https://www.storyofplastic.org/>

FAO rapport om overfiskning: <http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>



Verdens Skove

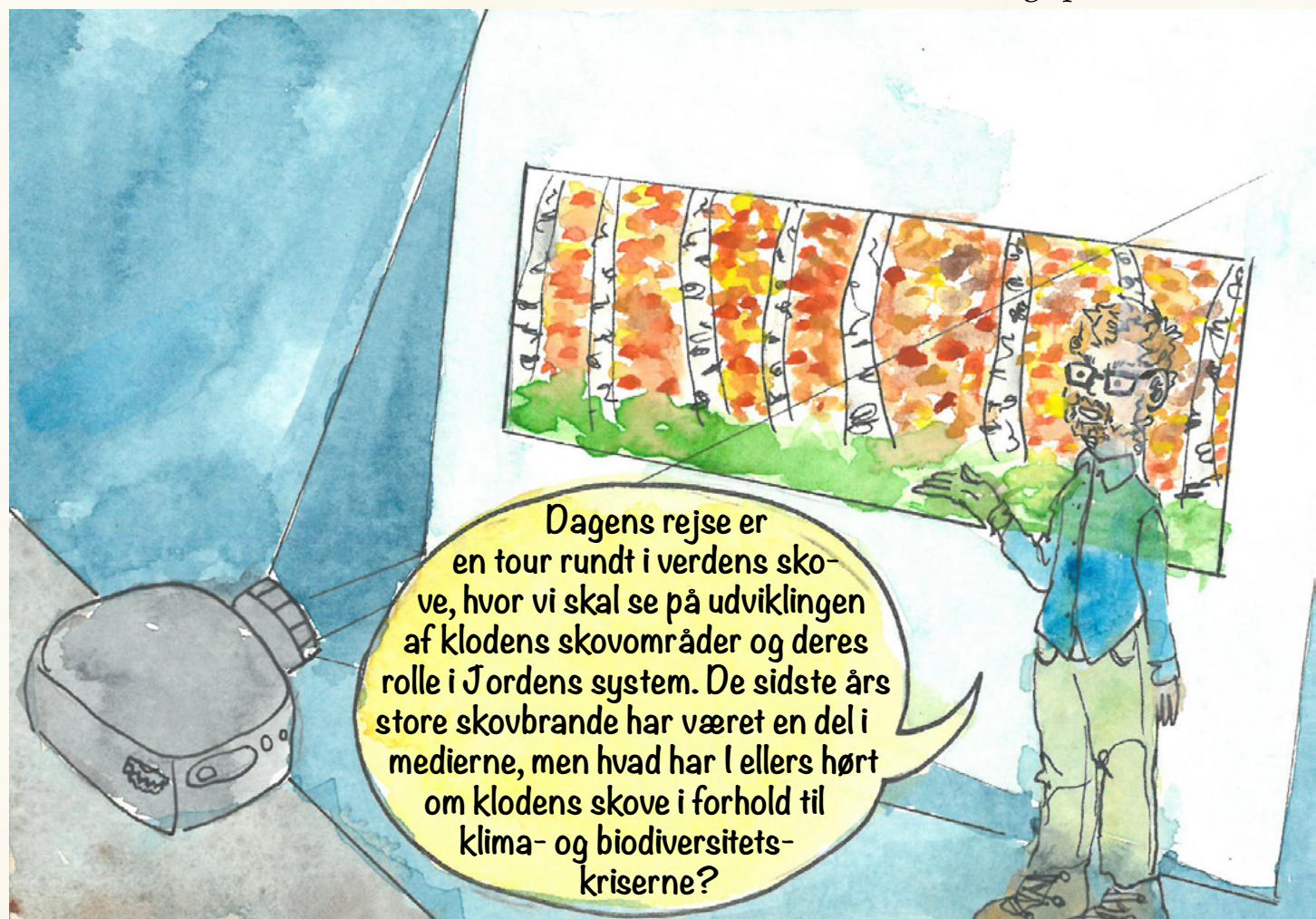
Verdens skove

Verdens skove spiller en afgørende rolle for Jordens klima og denne time er en introduktion både til skovenes funktion som regulatorer af vand- og kulstofkredsløbene og til deres udbredelse og tilstand. Timen sigter imod at give en forståelse af udviklingen af Jordens skovdække, hvilke faktorer ligger bag afskovningen og klima-forandringerne indvirkning på de tropiske regnskove. Afskovning og omlægning af skovområder til landbrug og industri er kilde til omkring 10% af menneskehedens CO₂ udledninger, og regenerering af skovområder er derfor en nødvendighed for at mindske klimaforandringerne.

Timen handler også om naturforståelse: hvad er en skov egentlig? Vores natursyn kommer til udtryk i den måde, vi bruger skovene. Da skove ofte bliver betragtet som en ressource, udspiller der sig mange konflikter omkring brugen af dem. De er hjemsted for 300 millioner mennesker, og 1,6 milliarder mennesker lever omkring skove. Samtidig understøtter skovene 80% af landjordens biodiversitet. Løsninger på disse konflikter, og etableringen af oprindelige folks rettigheder, hænger derfor uløseligt sammen med løsningen på klima- og biodiversitetskriserne.

FORSIDESLIDE: Introducér dagens emne og spørg eleverne hvad de allerede ved om skovenes rolle i Jordens system, og hvordan klima- og biodiversitetskriserne udspiller sig i klodens skov- områder? Her kan du f.eks. komme omkring de store skovbrande, der har hærget Amazonas, Australien, Sibirien og USA, de enorme palmeolie-plantager i Indonesien og Malaysia, opdyrkningen af Amazonas og olieudvinding i regnskoven.

1 Fortæl om dagens virtuelle rejse. Her kan du også fortælle overordnet om klodens skove, som står for **75% af primærproduktionen på landjorden og rummer 80% af alle planters biomasse**. Convention on Biological Diversity (CBD) anslår, at **45% af Jordens skovområder er forsvundet de sidste 8000 år**, og størstedelen heraf er forsvundet i løbet af det sidste århundrede. Af klodens 4,06 mia. hektarer (ha) skov er 46,8% underlagt produktion, eller



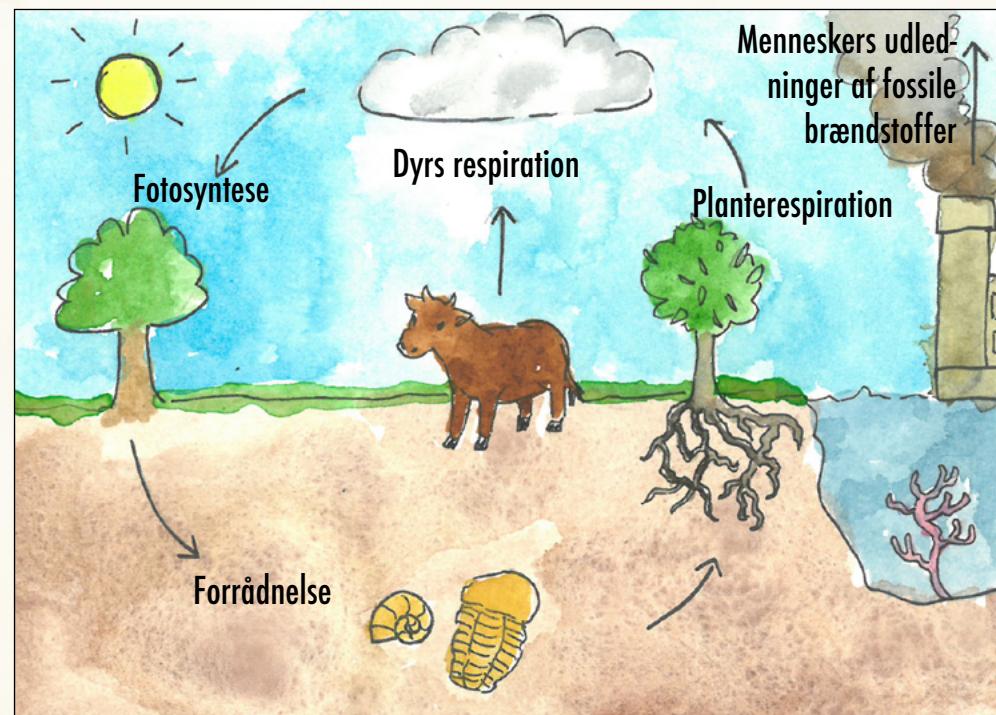
brug, der kan inkludere produktion, imens 27% af skovene er **primærskov** (se "The State of the Worlds Forests" for flere fakta, som f.eks. hvilke lande der har mest skov, artsforskellighed, biomer, mm.).

2 Hvad præcis en skov er for noget **kommer an på hvilken definition, man bruger**. Inden du fortæller mere om, hvordan en skov defineres, så spørg eleverne, hvad en skov er for dem? Her kan I f.eks. diskutere, hvordan skoven opleves, skoven som økosystem eller dens funktioner. Hvis du vil give eleverne en oplevelse af skoven som levende system, kan du f.eks. læse et afsnit af Peter Wohllebens "**Træernes hemmelige liv**" eller se Suzanne Simards TED Talk "**How trees talk to each other**".

Standard-definitionen af en skov er **Food & Agriculture Organisation's (FAO) bestemmelse** af områder på mere end 0.5 hektarer, hvor træerne bliver mindst 5 m høje, og **kronetagens dække** er mindst 10% eller mere. Det betyder, at bare et område er dækket 10% af træer tæller det som skov. Denne definition er blevet kritiseret, fordi den både **inkluderer plantager** (som f.eks. juletræsproduktion og områder hvor der drives **renafdrift**), og fordi **10% af mange andre organisationer betragtes som et minimumsmål** og vil sige at skoven ofte er fragmenteret.

Åbn [linket](#) og brug kortets slide-funktion til at sammenligne klodens skovdække, når man bruger en defintion på 10% vs. 30% dække.

3 Forklar **kulstofkredsløbet** (videoen går i flere detaljer, så du kan fortælle helt overordnet eller bede en elev, der kender kulstofkredsløbet, forklare det for de andre). Introducér gerne forkellen mellem **den langsomme, uorganiske cyklus** og **den hurtigere, organiske cyklus**. Du kan også fortælle, at alt det kulstof der findes på Jorden, er lavet i **supernovaer for milliarder af år siden**. Klimaforandringerne kan forstås som menneskers forstyrrelse af kulstofs cirkulation igennem Jordens sfærer: af de ca. 40 Gt CO₂ menneskeheden udleder bliver knapt 19 Gt i atmosfæren, hvor de opsamler solens varme og forskyder Jordens energibalancen. Skovene fungerer som et kulstofdræn og tager hvert år mere end 1 Gt CO₂ ud af atmosfæren. Afspil video (2:55 min).



Kulstofkredsløbet

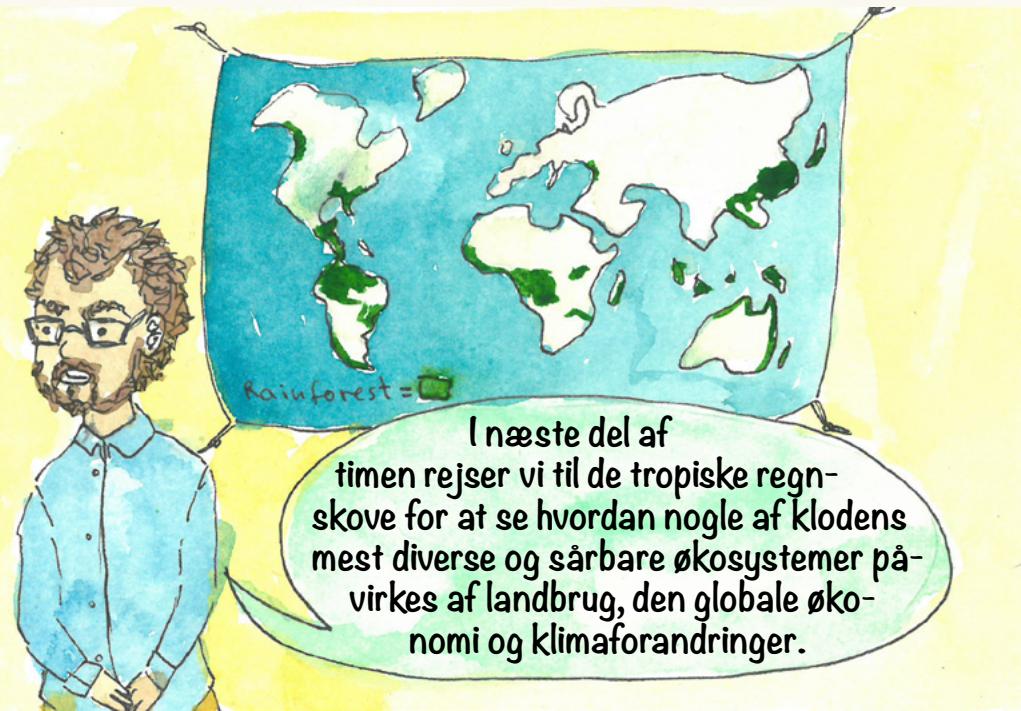


Et "intakt skovlandskab" er et skovområde på mindst 500 km^2 uden veje, industrielt landbrug, miner, jernbaner, kanaler eller transmissionsledninger. Kun **20% af Jordens skove er intakte** og disse områder er i tilbagegang: fra 2000-2013 forsvandt 7.2% af de intakte skovlandskaber. Samtidig er omkring **tredjedele af alle skove** på den ene eller anden måde forvaltede af mennesker.

4 Denne slide sætter skovenes tilstand i perspektiv. Brug kortet til at vise hvor Jordens intakte skovlandskaber findes (se illustrationen og forklaring ovenfor). Åbn linket og undersøg kortet sammen med eleverne.

5 Fortæl om hvilke faktorer, der ligger bag skovrydning. Siden **1990 er 420 mio. ha skov fældet**, hvilket svarer nogenlunde til to gange Grønlands areal. Når man modregner den skov, der er vokset tilbage, er i alt 178 mio. ha forsvundet siden 1990 – et område på størrelse med Libyen. Ifølge FAO forsvandt 10 mio. ha skov om året fra 2015-2020, hvilket er et fald fra 16 mio. ha i 1990erne. Men afskovningen i de tropiske regnskove er taget til i samme periode: fra **2,7 mio. ha primærskov i 2002 til 3,8 mio. ha i 2020**. Brug graferne på denne slide til at forklare hvilke årsager, der ligger bag afskovningen. **Bemærk:** statistikkerne for klodens skovområder kan være svære at sammenligne, da der bruges forskellige parametre og teknikker.





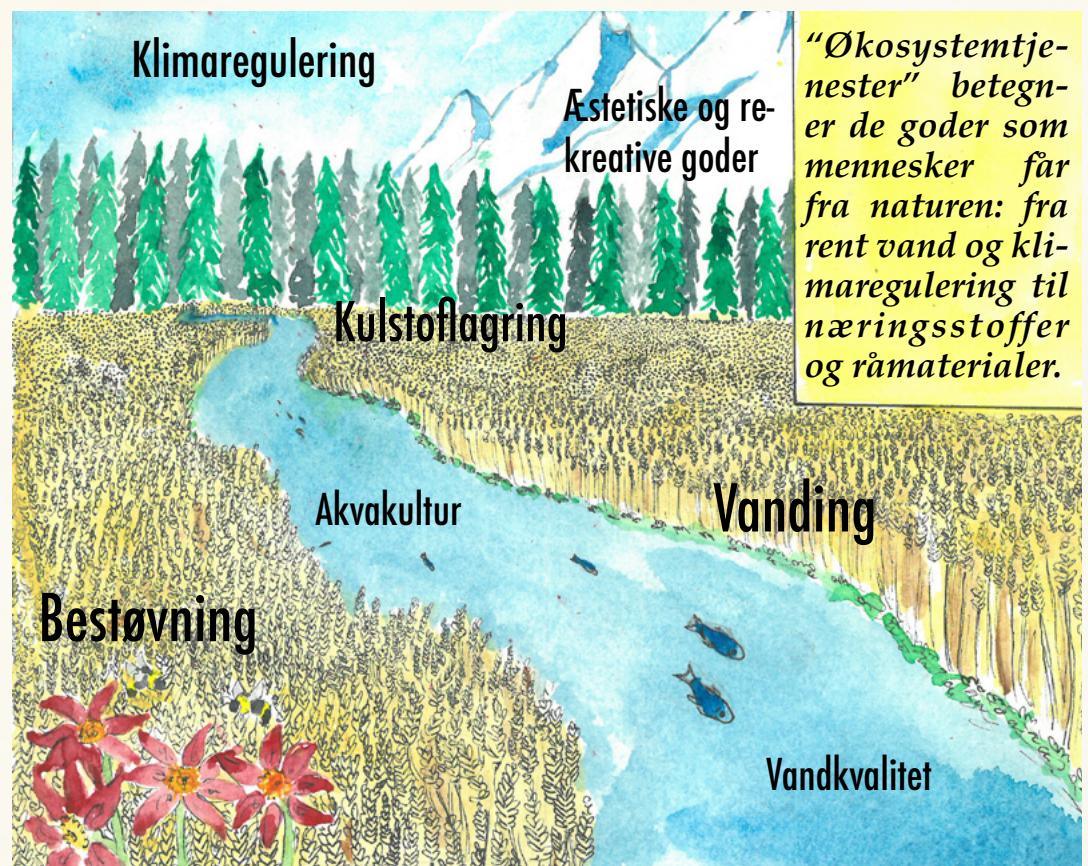
FORSIDESLIDE: Spørgsmål?

6 De tropiske regnskove spiller en særlig rolle i Jordens system, og derfor zoomer vi i den næste del af timen ind på de forandringer, der foregår her. Regnskovene er ofte portrætteret som urørte og uspolerede landskaber, men virkeligheden er en anden langt de fleste steder. Derfor starter vi med at kigge på, hvordan regnskovene er i forandring, og hvilke faktorer der ligger bag den hastige rydning af de tropiske regnskove.

Afspil video (17:43: min). Brug videoen som udgangspunkt for en diskussion af elevernes opfattelse regnskoven. Den **transamazoniske motorvej** (se billedet nederst i højre hjørne på kortet på slide 6) skærer tværs gennem regnskoven og muliggør skovhugst, landbrug og minedrift dybt ind i hjertet af Amazonas. Dialogen imellem de to unge mænd, der står på hver sin side af konflikten omkring den ulovlige minedrift, er et godt udgangspunkt for at diskutere de forskellige syn på skoven, der er i spil

(denne diskussion trækker tråde til timen om "Etnosfæren"). De næste seks slides omhandler regnskovenes betydning for vand- og kulstofkredsløbene, og de følgende seks slides kommer nærmere ind på de forskellige problematikker, der ligger bag afskovningen.

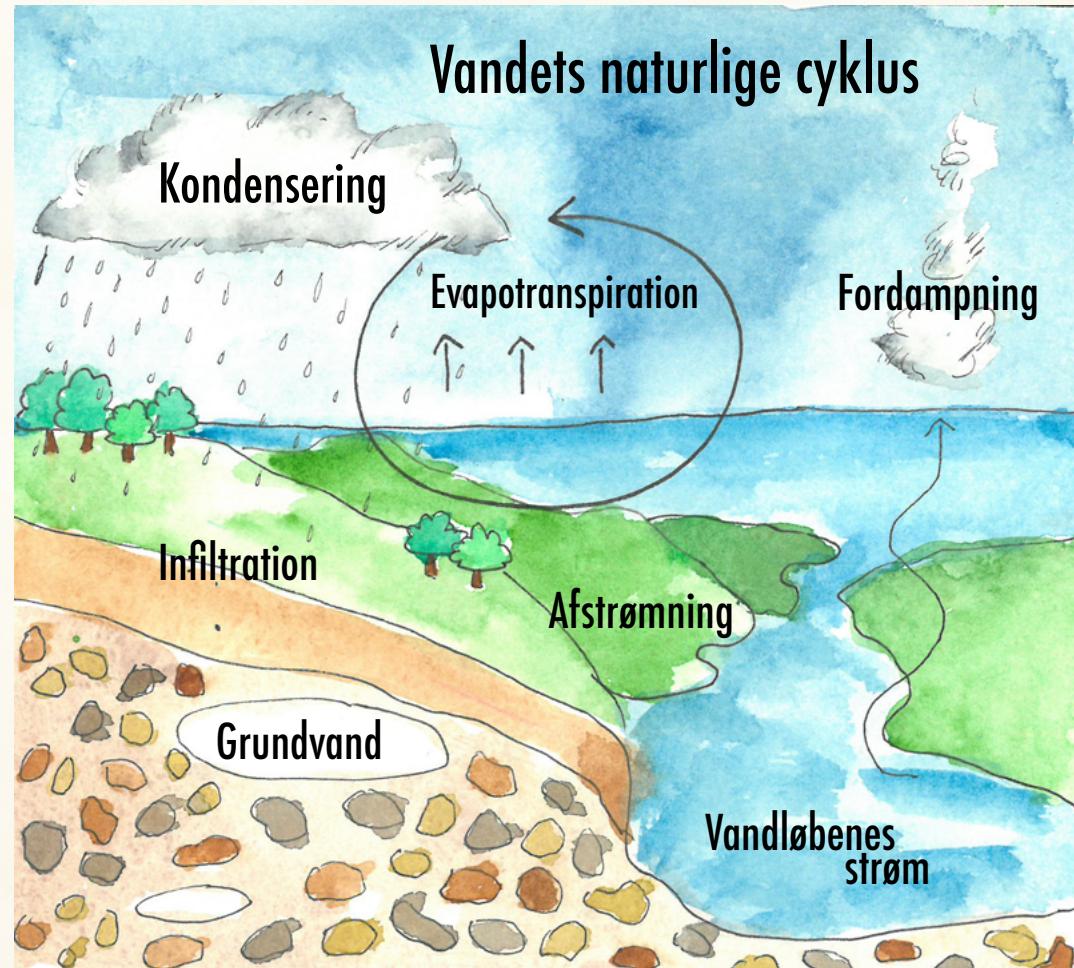
7 Alt imens rydningen af Amazonas bidrager til væksten af Brasiliens økonomi, forringes eller forsvinder regnskovens systemiske funktioner i lokale og globale økosystemer. Økonomer kalder disse funktioner **økosystemtjenester** i et forsøg på at gøre den ikke-omsættelige værdi af naturen synlig. Selvom det i sidste ende kan blive en øvelse i at markedsliggøre naturen, er det en måde at italesætte noget af det vi mister, når vi udnytter regnskoven for kortsigtet profit. Brug de to skematikker til at diskutere værdien af skovområder. Læg mærke til at "supporting services" i over-



sigten til højre ligger til grund for de andre økosystemtjenester – når de forsvinder, så forringes alle de andre også.

Afspil videoen (6:01 min) som fortæller mere om Amazonas økologiske funktioner lokalt og globalt.

8 I videoen på foregående slide fortæller Antonio Nobre om hvordan Amazonas spiller en afgørende rolle i **vandets kredsløb**. Brug illustrationerne på denne slide til at forklare vandets cyklus i regnskovene. De høje temperaturer i de tropiske regnskove betyder, at vand fordamper hurtigt fra jorden og frigøres hurtigt fra planterne ved transpiration (denne process kaldes



evapotranspiration). På denne måde "genbruger" skovene deres vand. I gennemsnit skyldes omkring 40% af den regn, der falder på landjorden, evapotranspiration, men dette tal er højere mange steder i regnskovene. Når den fugtige luft stiger til vejs og kondenserer, skaber den et lavtryk, hvilket ifølge en ny teori fungerer som en pumpe, der forstærker vindsystemet og "trækker" mere fugtighed ind over kontinentet fra havene (teorien kaldes **den biotiske pumpe** og er omdiskuteret, se f.eks. [denne artikel](#)). Hvis teorien er rigtig, skaber Amazonas ikke bare sin egen regn, men er også medskaber af de vinde, der blæser fugtighed ind over Sydamerika. Det er generelt accepteret at **afskovningen af Amazonas har en direkte betydning for, hvor meget regn der falder**. Se [denne video](#) for mere baggrund om vandets cyklus i Amazonas.

9 Tørkeperioder er blevet **mere hyppige og voldsomme i Amazonas** siden starten af det 21. århundrede. Tørkerne i 2005, 2010, 2015 var alle i en skala, hvor man statistisk kun ville forvente en så kraftig tørke én gang i løbet af 100 år. 2020 var også et **exceptionelt tørt år**. Det er anslået at afskovningen har medført **mindst 4% mindre regn i hele Amazonas**. Tørkerne har **vidtrækkende konsekvenser for biodiversiteten** og de mennesker, der er afhængige af regnskoven for deres vandforsyning. Afspil video 1 (2:52 min), som fortæller om hvordan befolkningen i det sydøstlige Brasilien var påvirkede af **tørken i 2014-17**.

Afskovning er også **direkte relateret til en længere tør sæson i Amazonas**. Et tørrere skovområde er **mere sårbart overfor brande**: samtidig med at temperaturen er højere ligger grundvandet lavere og jorden er allerede udtørret. Afbrændingen af afskovede områder som forberedelse til at dyrke jorden har været brugt i lang tid, men disse brande spreder sig lettere efterhånden som Amazonas bliver tørrere. **Brandene i Brasilien i 2019** fik stor opmærksomhed i medierne, du kan spørge eleverne, hvor meget de kender til emnet (ca. 9000 km² skov brændte, hvilket svarer til

et område på størrelse med Puerto Rico). Brug grafen øverst i højre hjørne til at sætte brandende i 2019 i perspektiv (i 2020 var der flere brande end i 2019 og 41% opstod i primærskov). Afspil video 2 (10:27 min) som viser hvorfor brandene i Amazonas bliver påsat.

10 Siden 1978 er omkring 1 mio. km² regnskov blevet fældet i Amazonas (hvilket svarer til et område på størrelse med Ægypten). Det er omkring 20% af Amazonas oprindelige størrelse og selvom noget af denne skov vokser tilbage er yderligere 20% fragmenteret eller på anden måde forstyrret. Forskere frygter, at der findes et “tipping point”, hvor så meget skov er forsvundet, at Amazonas “hydrologiske pumpe” ikke længere fungerer og derfor vil udløse en overgang til et andet økosystem mere lig Brasiliens “cerrado” savanne. Et første sken over hvor meget afskovning, der vil igangsætte denne forandring, var 40%, men et nyere studie peger på, at det allerede kan være nået ved 20-25%. Se denne side for mere baggrund.

11 Hvis vi zoomer ud fra Amazonas til alle klodens tropiske regnskove er tendensen den samme: primærskovene forsvinder hastigt. Fra 2002-2019 blev 60,5 mio. ha primærskov fældet i troperne (ca. 3,36 mio. ha. om året), hvilket er et fald på 5,9% og svarer til et område på størrelse med Ukraine. Afskovningen var ca. 30% højere i 10erne end i 00erne. Imod slutningen af 10erne forsvandt den tropiske primærskov med en hastighed på én fodboldbane hvert 6. sekund. Se WRI's Forest Pulse for mere baggrund. Afspil video (1:51 min) som viser, hvordan afskovningen ser ud fra rummet.

12 Klodens skove hiver årligt, det der svarer til 15,6 Gt



Videoerne på slide 6 og 9 fortæller om hvordan drømmen om fremskridt og økonomisk vækst driver afskovningen af Amazonas. Et omdrejningspunkt for en grupperdiskussion med udgangspunkt i denne times materiale kunne derfor være menneskers behov og velstand versus naturens værdi og integritet.

CO₂, ud af atmosfæren. Afskovning og ny arealanvendelse sender 8,1 Gt CO₂ tilbage til atmosfæren, hvilket vil sige at skovene har fungeret som et kulstofdræn på omkring 7,6 Gt CO₂ om året i perioden 2001-2019. Primærskov opbevarer 30-70% mere kulstof end sekundærskov og de tropiske regnskove er et af klodens vigtigste kulstofdræn og -reservoirer: de sidste årtier har de stået for halvdelen af landjordens kulstofbinding, svarende til 15% af menneskers CO₂ udledning. Afskovningen af de tropiske regnskove udleder ca. 3 Gt CO₂ om året, og der er tegn på, at de er begyndt at blive en kulstofkilde i stedet for et -dræn. Det store spørgsmål er hvornår den globale opvarmning for alvor begynder at nedsætte regnskovenes evne til at binde CO₂ – meget tyder på at Paris-aftalens grænse på 2°C er en vigtig tærskel.

FORSIDESLIDE: Spørgsmål? De næste slides kommer nærmere ind på nogle af de faktorer der driver afskovningen forskellige steder på kloden og forbinder disse processer med vores eget forbrug.



Det er vigtigt at forbinde afskovningen med produktionen af de forbrugsgoder vi benytter os af til dagligt, men det er lige så vigtigt at undgå informations-overload. Overvej evt. at bruge slide 1-12, inkl. 18, til at fortælle om udviklingen i skovene og brug 13-17 i en særskilt time om udvinding og forbrug.

13 Fortæl om de forskellige **årsager til afskovningen af regnskovene**. Afskovning udgør **10% af menneskehedens CO₂ udledninger** og langt størstedelen af de udledninger kommer fra de tropiske regnskove (**ca. 8% af de samlede udledninger**). Omlægning af skovområder til landbrug i regnskoven, som f.eks. kvæg- og soya-produktion, **hænger direkte sammen med vores forbrug**: international handel er årsag til 29-39% af CO₂ udledninger fra fældning af regnskoven, og ca. 15% af CO₂-aftrykket af EU-landenes madforbrug hænger sammen med afskovningen. Fortæl f.eks. om **studiet**, der viser sammenhængen imellem **produktion af danske svin og afskovningen i Amazonas**.

14 Fortæl om **produktionen af palmeolie** og hvilke produkter olien bruges i. Afspil video (2:46 min). **Bemærk:** du finder mere baggrundsinformation, flere videoer og

artikler til slide 13-17 i materialebanken.

15 Introducér de problematikker, der findes omkring **inddæmningen af floderne i regnskoven**. Afspil video 1 (0:58 min), som giver et overblik over **Belo Monte** dammens skala og herefter video 2 (2:53), som fortæller om konsekvenserne for mennesker og økosystemet.

16 Der er guldfeber i Amazonas – det er anslået at gulddminer er årsag til op til **10% af afskovningen**. Fortæl om omfanget af udvindingen og hvor minerne befinner sig. Afspil video (1:42 min).

17 Fortæl om konsekvenserne af **olie-udvinding i regnskoven**. Brug evt. den berømte sag om **Chevrons felter i Ecuador** som eksempel. Afspil video (3:58 min).

18 Miljøforkæmpere i de tropiske regn-

skove lever i ressourceflikternes frontlinje og er meget **udsatte for vold og trusler**. Timen slutter med et indblik i Guajajara-folkets kamp for at bevare deres hjem. Dokumentaren giver et godt indblik i, hvordan det er at leve midt i de konflikter, der udspiller sig i de tropiske regnskove. Den er også sørgelig, så overvej hvordan du kan moderere diskussionen bagefter og skabe handlerum. Du kan f.eks. undersøge, hvilke organisationer der arbejder for oprindelige folks rettigheder og finde måder at støtte deres arbejde. Denne time er informationstung, så det er vigtigt at du udvælger dit materiale og din vinkel med omhu alt efter hvor lang tid, du har til din undervisning. Afspil video (51:28 min).

19 Rund timen af med en diskussion af filmen og dens problemstillinger. Henvis til hjemmesiden og materialebanken for mere information.

Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/qxkwOdeQgPTA1RQoguRt/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-forests>

Skovenes tilstand

Global Forest Watch: <https://www.globalforestwatch.org/>

FAO, Global Forest Ressourec Assessment: <https://doi.org/10.4060/ca9825en>

Hyperlinks

Verdens skove: <https://en.wikipedia.org/wiki/Forest>

Afskovning står for 10% af CO₂ udledninger: <https://www.ucsusa.org/resources/measuring-role-deforestation-global-warming>

Hvad er en skov? <https://www.awatrees.com/2011/11/29/what-is-a-forest/>

300 mio. mennesker lever i skovene: <http://www.fao.org/3/x0262e/x0262e03.htm>

1,6 mia. lever i nærheden af skove: [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322\(20\)30425-5](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(20)30425-5)

Skovenes biodiversitet: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/forests-and-climate-change>

Skovenes primærproduktion og biomasse: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrn1/2013/nrs_2013_pan_001.pdf

Skovområder forsvundet de sidste 8000 år: <https://www.cbd.int/forest/problem.shtml>

Primærskov: <https://blog.globalforestwatch.org/data-and-research/primary-forests-definition-and-protection/>

The State of the World' Forests: <http://www.fao.org/state-of-forests/en/>

Hvornår er en skov en skov?: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-016-0772-y>

Træernes hemmelige liv: <https://litteratusiden.dk/node/81500>

Suzanne Simards TED talk: https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other?language=en

FAOs definition af skov: <http://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf>

Kronetag: <http://www.regnskov.info/page51/page2/>

Kritik af FAO, plantager: <https://news.mongabay.com/2017/03/in-defining-plantations-as-forest-fao-attracts-criticism/>

Renafdrift: <https://naturstyrelsen.dk/media/ns/Attachments/Ordforklaring.pdf>

10% som minimumsmål: <http://www.fao.org/3/XII/0173-B1.htm#fn2>

Link til kort over 10% vs. 30% kronetag: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/86986/is-that-a-forest-that-depends-on-how-you-define-it>

Kulstofkredsløbet: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_cycle

Langsamt og hurtigt kredsløb: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle>

Kulstof produceres i supernovaer: https://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/LAD/C4c/C4c_carbon_creation.html

Menneskers påvirkning af kulstofkredsløbet: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/global-carbon-budget>

Skovenes CO₂ dræn: https://www.researchgate.net/publication/51498031_A_Large_and_Persistent_Carbon_Sink_in_the_World%27s_Forests

Intakt skovlandskab: <http://www.intactforests.org/concept.html>

20% intakte skovlandskaber: <https://advances.sciencemag.org/content/3/1/e1600821.full>

2/3 skove forvaltede: <https://www.nature.com/news/carbon-sequestration-managing-forests-in-uncertain-times-1.14687>

420 mio. hektarer fældet siden 1990: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA8642EN/>

Afskovningen i de tropiske regnskove: <https://news.mongabay.com/2020/06/new-data-show-world-lost-a-switzerland-size-area-of-primary-rainforest-in-2019/>

Sammenligning af statistikker for skovene: <https://e360.yale.edu/features/conflicting-data-how-fast-is-the-worlds-losing-its-forests>

Global Forest Review: <https://research.wri.org/gfr/global-forest-review>

Den transamazoniske mortorvej: https://en.wikipedia.org/wiki/Trans-Amazonian_Highway

Økosystemtjenester: https://en.wikipedia.org/wiki/Ecosystem_service

Vandets kredsløb: <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/vandkredsløb-water-cycle-danish>

Evapotranspiration: <https://en.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiration>

Amazonas genbruger vand: <https://www.sciencemag.org/news/2017/08/trees-amazon-make-their-own-rain>

Den biotiske pumpe: <https://www.bioticregulation.ru/index.php>

Artikel om den biotiske pumpe: <https://www.sciencemag.org/news/2020/06/controversial-russian-theory-claims-forests-don-t-just-make-rain-they-make-wind>

Afskovningens betydning for nedbør: <https://forestsnews.cifor.org/26559/the-science-is-clear-forest-loss-behind-brazils-drought?fnl=1>

Video om vandets kredsløb i Amazonas: <https://www.youtube.com/watch?v=JZTqr-oQrVI>

Tørker er hyppigere og voldsommere: <https://sciforum.net/paper/view/conference/4885>

2020 exceptionelt tørt: <https://www.woodwellclimate.org/2020-amazon-deforestation-and-fire-outlook-december/>

Afskovning giver 4% mindre regn: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab738e>

Tørkerne og biodiversitet: https://www.researchgate.net/publication/272822545_Effects_of_Warming_and_Drought_on_the_Vegetation_and_Plant_Diversity_in_the_Amazon_Basin

Tørke 2014-17: https://en.wikipedia.org/wiki/2014%E2%80%9317_Brazilian_drought

Afskovning og en længere tør sæson: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018JD029537>

Amazonas sårbar overfor brande: <https://news.mongabay.com/2020/04/satellite-data-show-amazon-rainforest-likely-drier-more-fire-prone-this-year/>

99% af brandene er menneskeskabte: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/three-things-know-about-fires-sweeping-through-amazon-rainforest-180972962/>

Brandene i 2019: https://en.wikipedia.org/wiki/2019_Amazon_rainforest_wildfires

Flere brande i 2020 end i 2019: <https://theconversation.com/historic-amazon-rainforest-fires-threaten-climate-and-raise-risk-of-new-diseases-146720>

41% af brande, primærskov: <https://news.mongabay.com/2020/11/as-2020-amazon-fire-season-winds-down-brazil-carbon-emissions-rise/>

1 mio. km² fældet: https://rainforests.mongabay.com/amazon/amazon_destruction.html

20% af Amazonas fældet: <https://phys.org/news/2018-03-amazon-deforestation.html>

Forandringer i Amazonas hydrologi: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-18728-7>

Tipping point 40%: http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/The_Future_Climate_of_Amazonia_Report.pdf

Tipping point 20-25%: <https://advances.sciencemag.org/content/4/2/eaat2340>

Baggrundsinfo om Amazonas: <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2019-02-15-should-we-worry-about-the-brazilian-amazon.html>

Primærskov fældet i troperne 2002-2019: <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/>

Afskovning højere i 10erne end i 00erne: <https://news.mongabay.com/2020/06/how-much-rainforest-is-being-destroyed/>

1 fodboldbane hvert 6. sekund: <https://www.wri.org/blog/2020/06/global-tree-cover-loss-data-2019>

WRI's Forest Pulse: <https://research.wri.org/gfr/forest-pulse>

Skovenes kulstofbinding 2001-2019: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00976-6>

Primærskov vs. sekundærskov: https://primaryforest.org/wp-content/uploads/2015/12/ForestCarbonFactSheet_26112015.pdf

Tropiske regnskoves kulstofbinding: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2035-0>

Afskovning af troperne, CO₂ udledning: <http://blogs.nature.com/news/2012/12/scientists-publish-consensus-statement-on-deforestation-emissions.html>

Tropiske regnskove som kulstofkilde: <https://www.carbonbrief.org/tropical-forests-losing-ability-to-absorb-co2-study-says>

Klima og kulstofbinding i regnskovene: <https://www.sciencemag.org/news/2020/05/tropical-forests-soak-huge-amounts-greenhouse-gas-climate-change-could-end>

2 °C tærskel: <https://theconversation.com/we-found-2-c-of-warming-will-push-most-tropical-rainforests-above-their-safe-heat-threshold-139071>

Årsager til afskovningen: <https://ourworldindata.org/drivers-of-deforestation>

Afskovning udgør 10% af udledninger: <https://www.ucsusa.org/resources/measuring-role-deforestation-global-warming>

8% fra de tropiske regnskove: <https://www.wri.org/blog/2018/10/numbers-value-tropical-forests-climate-change-equation>

Sammenhæng med vores forbrug: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378018314365>

Studie om svin og soya: <https://www.science.ku.dk/english/press/news/2020/new-report-the-vast-majority-of-danish-soya-imports-threaten-rainforests/>

Rapport om svin og soya: https://www.verdensskove.org/files/Artikler_og_rapporter/2020%20How%20the%20sausage%20gets%20made%20FINAL.pdf

Produktion af palmeolie: <https://www.schusterinstituteinvestigations.org/slavery-in-palm-oil-industry>

Inddæmning i regnskoven: <https://rainforests.mongabay.com/0813.htm>

Belo Monte: https://en.wikipedia.org/wiki/Belo_Monte_Dam

Guldminer og afskovning: <https://news.mongabay.com/2017/11/mining-activity-causing-nearly-10-percent-of-amazon-deforestation/>

Olieudvinding i regnskovene: <https://rainforests.mongabay.com/0806.htm>

Chevron i Ecuador: <https://chevrontoxicocom/Miljøforkæmpere udsættes for trusler og vold>

<https://www.nature.com/articles/s41893-019-0349-4.epdf>



Miljödiversitet

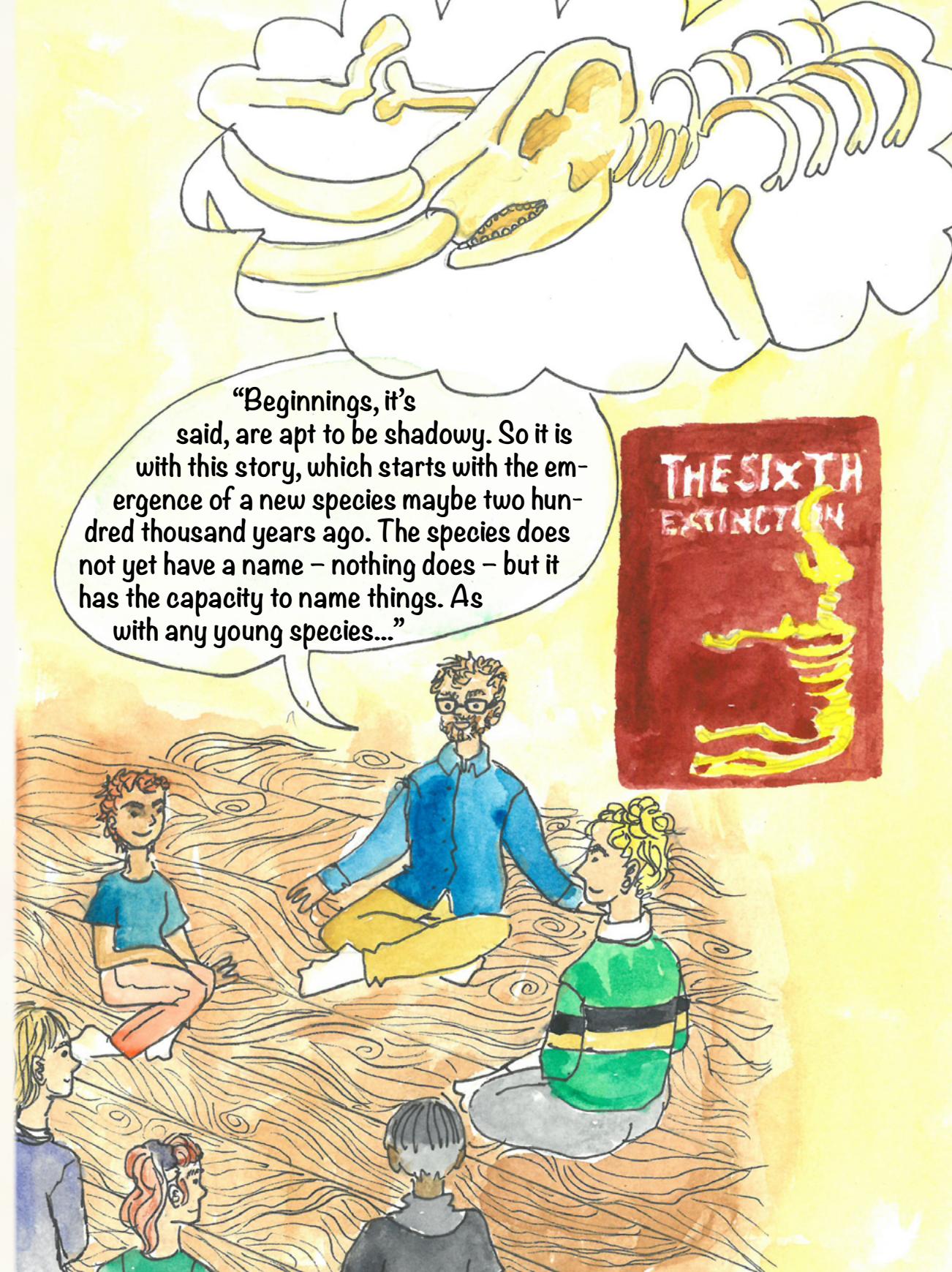
Biodiversitet

Biodiversitet, mangfoldigheden af organismer i naturen, er en af de vigtigste indikatorer for arter og økosystemers helbred. Formålet med denne lektion er at skabe en forståelse for de forbindelser, der findes imellem forskellige plante- og dyrearter, og hvordan en ændring ét sted i et økosystem har følgevirkninger andre steder. Timen bygger på nogle af de koncepter, der er introduceret i lektionerne "Jordens system" (om systemer) og "Verdens skove" (om kredsløb), men den kan sagtensstå alene.

I første halvdel af timen kigger vi på mangfoldigheden af arter helt overordnet og dykker ned i hvordan økosystemer fungerer. Jeg bruger historien om **Robert Paine** på slide 6 som indgang til at se på nogle af de grundlæggende dynamikker i økosystemer: fødekæder og fødenet, nøglearters rolle og trofiske kaskader. Du kan tilpasse denne del af materialet til dine elevers interesse og forhåndsviden.

Herefter undersøger vi årsagerne til nedgangen af biodiversiteten og sætter udviklingen i perspektiv. Arter og levesteder forsvinder hurtigere end nogensinde før, hvis man sammenligner med fortidens fossilmateriale. Nogle biologer beskriver dette som begyndelsen på en masseudryddelse af arter – måske den sjette af slagsen i Jordens historie.

I den sidste del af timen plejer jeg at vise dokumentarfilmen "**Racing Extinction**", som handler om biodiversitet og handlen med truede dyrearter. Jeg oplever filmen som et hit, fordi der er action, hjerte og håb i den, men den kan også udskiftes, hvis ikke du har adgang til den (se forslag til alternativer i materialebanken).



FORSIDESLIDE: Introducér dagens emne. Du kan bruge denne slide til at fortælle om **geologisk tid**, **taksonomi** og **biodiversitets forskellige niveauer**: gener (billede af muslingeskaller), arter (billedet af kurvblomst-familien), økosystemer (billede af Indus-Ganga sletten).

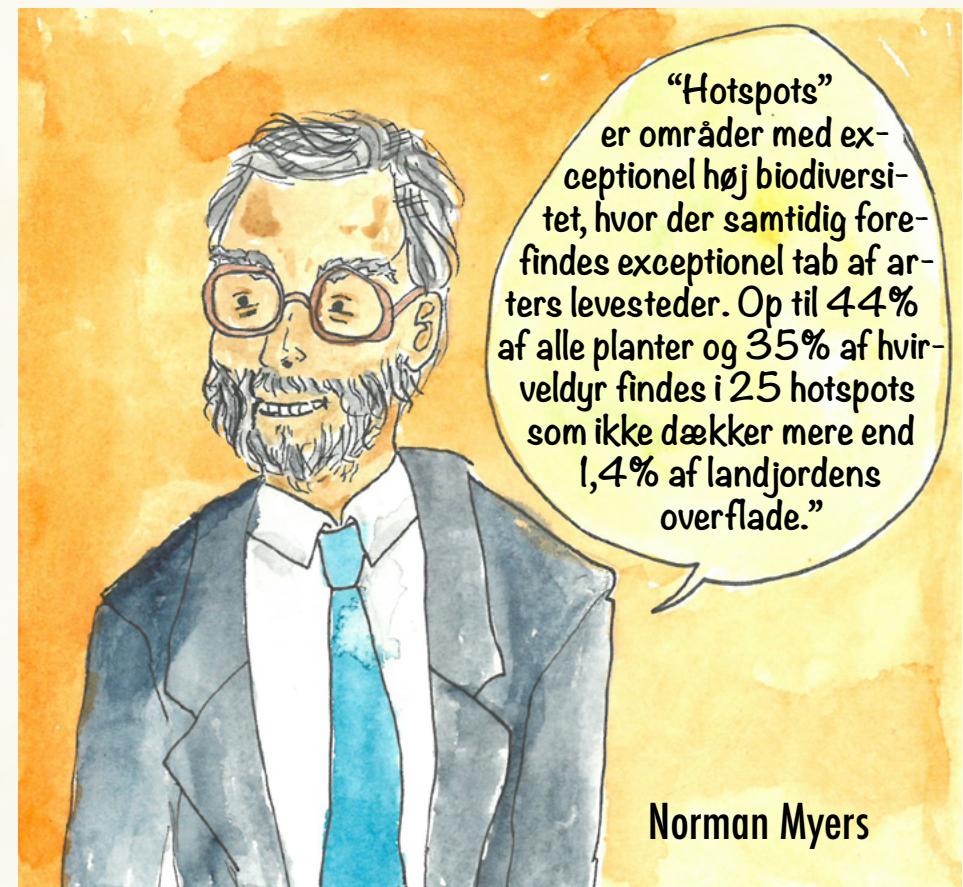
I denne time er historiefortællingen i centrum: historien om livets udvikling og den skillevej, vi står ved i dag. Det er en historie om menneskets rolle i livets fællesskab og de destruktive kræfter, vi har sluppet løs i naturen. Det kan være, du har din egen indgang til denne fortælling. Du kan f.eks. starte med at læse højt fra **Elizabeth Kolberts** bog **"The Sixth Extinction"**. Prologen fungerer godt som en indgang til at sætte nutidens udvikling i et historisk perspektiv (se evt. dette **interview med Kolbert**, hvor hun fortæller om sin research).

Et andet vigtigt aspekt af denne historie er livets forunderlighed. Vi ved stadig meget lidt om de mange milliarder former for liv, der eksisterer. F.eks. offentliggjorde et forskningsprojekt i 2018 opdagelsen af en **"dyb biosfære"** som findes op til 5 km under jordens overflade. Prøv at vække fascinationen af livets underfulde veje til live og fortæl om hvordan vores forståelse af livet er i forandring. Her kan du trække tråde til "fortællingen om livet" på slide **2 - 7** i timen "Jordens system".

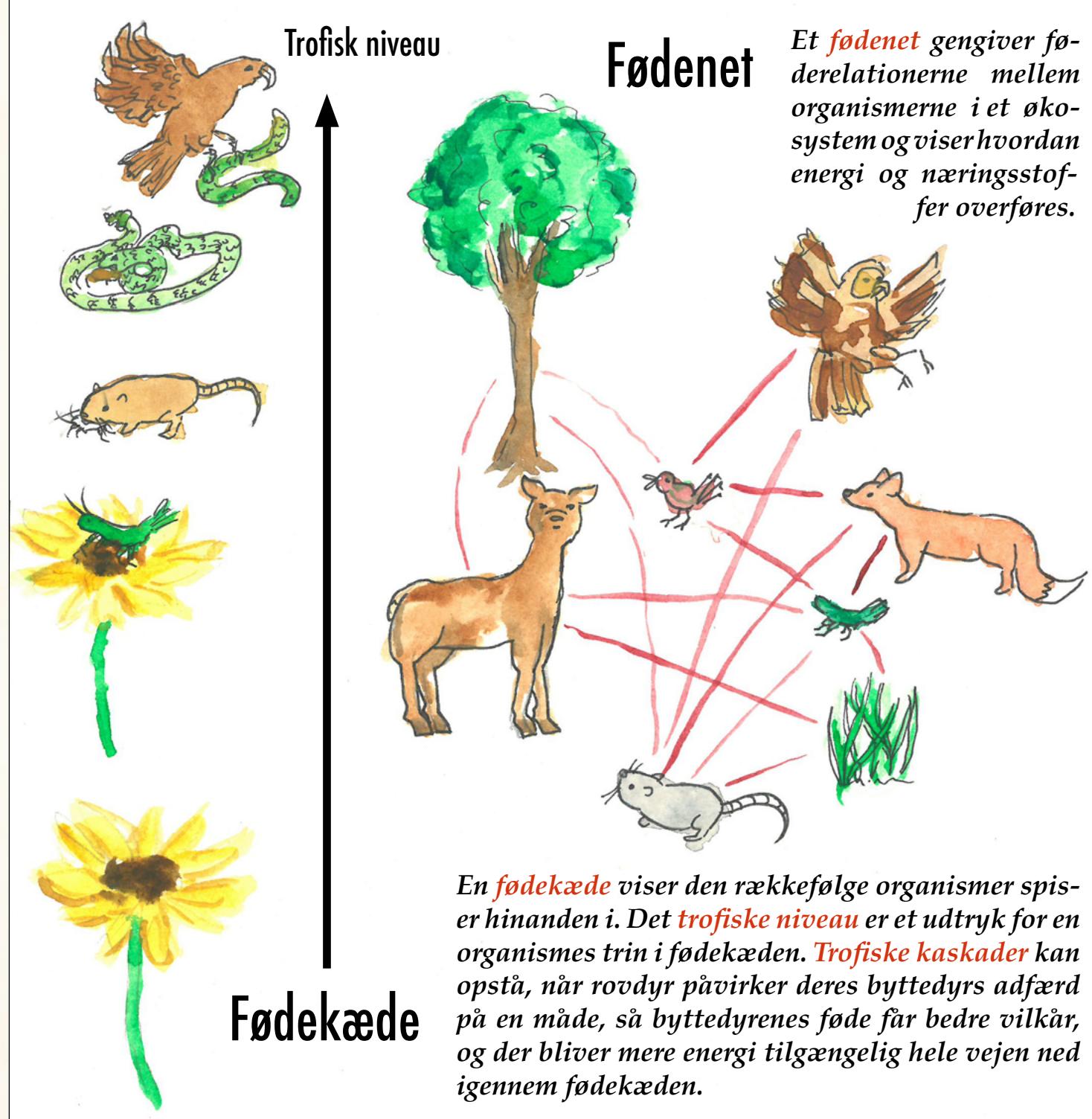
1 Præsenter indholdet af dagens time. Vi ser på hvordan Jordens arter er fordelt på kloden, hvor biodiversiteten forsvinder hurtigst og hvilken rolle artsforskelligheden spiller i økosystemer. Hvorfor kan tilstedeværelsen eller fraværet af noglearter have afgørende betydning for økosystemers sammenhængskraft? Hvilke arter er mest truede lige nu? Hvad er årsagerne til, at arter forsvinder 100-1000 gange hurtigere i dag, end de har gjort de sidste 65 millioner år? Hvordan kan vi sikre, at flest muligt arter overlever den masseuddøen der udspiller sig på kloden lige nu? Spørg ind til elevernes forhåndsviden om emnet, og om det er noget, de hører om i nyhederne. Vi slutter timen med at se "Racing Extinction".

2 Både i havene og på landjorden er biodiversiteten størst på breddegraderne omkring ækvator. Læg mærke til, at i havene er den **samlede biomasse størst omkring kontinenterne**, hvor der kommer næringsstoffer fra landjorden, og ved polerne, hvor der er en **opstigning af næringsrigt havvand** fra dybderne.

3 Fordelingen af fugle, pattedyr og amfibier på landjorden. Henvis evt. til timen "Verden skove". Hvis du sammenholder det øverste og det nederste panel kan I se nogenlunde, hvor klodens biodiversitets hotspots ligger.



4 Introducér begrebet **"biodiversitets hotspots"**. Hotspots blev indført af biologen **Norman Myers** som en betegnelse for områder, hvor biodiversiteten både er særligt stor og særligt truet. Hotspots er også et politisk begreb som bruges til at allokerere penge til naturbevaring.



5 De næste to slides beskriver lidt nærmere, hvordan økosystemer fungerer, både for at skabe forståelse af hvorfor diversitet er en vigtig faktor i økosystemer og for at give et lille indblik i hvordan altting hænger sammen i naturen. Derfor kan denne del af timen knytte an til andre lektioner, f.eks. "Jordens system" og "Verdens skove", eller aktiviteter som sigter imod at skabe forståelse for hvordan levende systemer fungerer.

Der findes mange muligheder for at udfolde dette emne vha. spil og lege eller aktiviteter ude i naturen. Se f.eks. Jacob Rasks håndbog **"Levende læring om levende systemer"** eller tag ud på BioBlitz i lokalområdet. Der findes et væld af undervisningsmateriale til naturfag og friluftsliv, som er relevant for forståelsen af biodiversitet.

Fortæl ud fra billedet om nogle af de forbindelser, der findes mellem forskellige arter i et økosystem. Følg pilene imellem de forskellige arter og steder på billedet og se, hvordan mudder hænger sammen med hvepse, som hænger sammen med træet, som hænger sammen med... Det er ikke vigtigt at kunne beskrive hver interaktion i detaljer, men derimod at fortælle om, hvordan hver enkelt art er vævet sammen med resten af økosystemet.

Afspil video (8:55 min).



6 Biologen **Robert Paine** observerede i sine forsøg med at "affolke" et lille område af Makah Bay for søstjerner, at tilstedeværelsen af nogle arter har uforholdsmæssigt stor indvirking på de økosystemer de lever i. Han kaldte disse arter "**nøglearter**": arter der spiller en afgørende rolle for sammensætningen og antallet af andre organismer i et økosystem. Uden disse nøglearter ville økosystemet være radikalt anderledes eller ophøre med at eksistere. Paine er også ophavsmand til begrebet "**trofisk kaskade**", som er en beskrivelse af, hvordan der bliver mere eller mindre føde tilgængelig hele vejen igennem fødekæden, når et niveau i fødekæden undertrykkes. Du kan bruge illustrationerne på denne slide til at fortælle historien om Paine, om hans forsøg med søstjerner og om hvordan trofiske kaskader kan påvirke økosystemer. Se evt. videoen "**Some Animals Are More Equal Than Others**" for en uddybende forklaring af begreberne nøglearter og trofisk kaskade.

Afspil video (4:33 min).

FORSIDESLIDE: Spørgsmål?

Hvis det er relevant for dine elever og dit undervisningsforløb, kan slide 5 og 6 bruges til at introducere økologi som videnskab eller dykke dybere ned i systemtænkningens verden. Denne del af timen kan knytte an til tidligere diskussioner af levende systemer, feedbackmekanismer, selvorganisering, netværk og kredsløb. For en introduktion til økologiens grundbegreber se evt. Capra & Luisi's afsnit 4.1, 16.1 og 16.2 om systemtænkning og systemøkologi i grundbogen "**Liv. System. Hæld**".

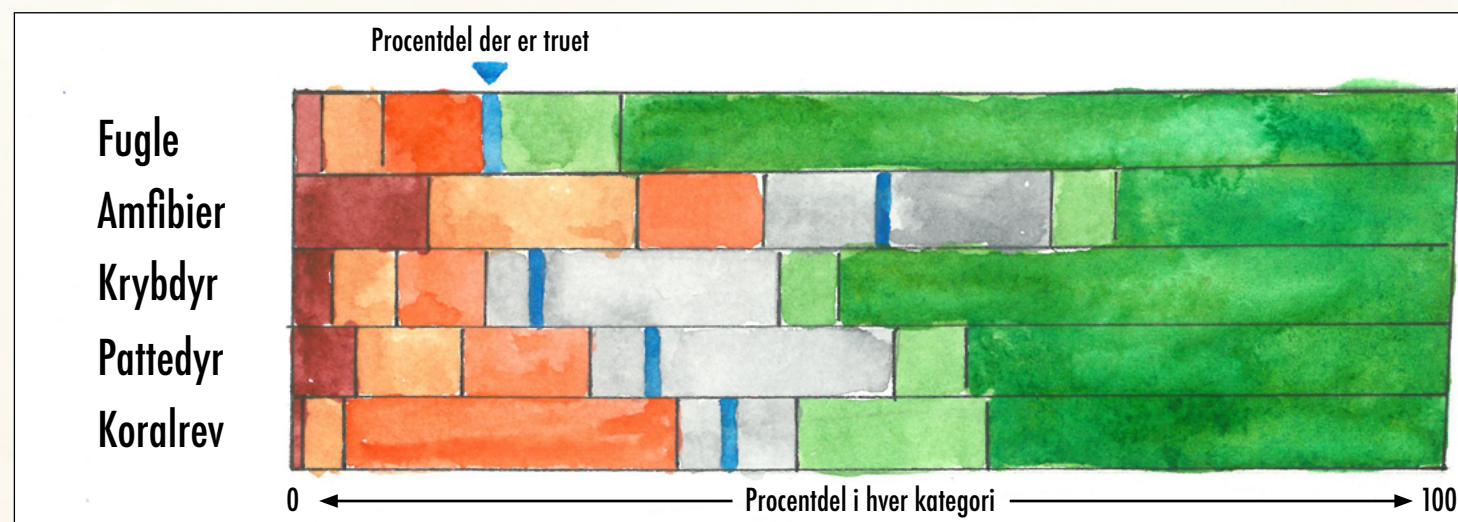
Den biologiske diversitet, og kompleksiteten af det netværk af relationer, der findes mellem forskellige arter, giver et økosystem stabilitet og resiliens. Hver art medvirker til opretholdelse af hele fødenettet. Hvis et økosystem forstyrres eller en art forsvinder, vil økosystemet være mere modstandsdygtigt jo flere arter, der varetager de samme funktioner. Det er derfor landskaber, der er præget af monokultur, som f.eks. moderne landbrug, sårbare overfor forstyrrelser eller skadedyr.

En glimrende øvelse til at forstå vigtigheden af biodiversitet i et økosystem er Rob Hopkins' "**The web of resilience**", som kan laves bådeude og indenfor. Du kan tage udgangspunkt i et lokalt økosystem og bruge eksempler på arter, der findes i jeres umiddelbare nærhed. Jeg laver ofte denne øvelse i begyndelsen af kurset og refererer til den i løbet af undervisningen.

7 De næste slides går lidt mere i dybden med det store blik på, hvordan det står til med biodiversiteten på kloden. Udgangspunktet for de fleste evalueringer af den globale biodiversitet er **International Union for the Conservation of Nature's (IUCN) Red List of Threatened Species**. "Rødlisten" er den mest omfattende opgørelse over arters truethed der findes med mere end 128,000 arter på listen. Det er vigtigt at bemærke at rødlisten er ufuldstændig og kun vurderer en lille og ensidig del af biodiversiteten – den skal ses som et billede, der er malet med brede penselstrøg og som derfor ikke nødvendigvis giver et præcist billede for alle artsgrupper (se f.eks. [denne artikel](#)). Du kan læse mere om Rødlistens historie og ambitionen om at blive et "Livets Barometer" på [projektets hjemmeside](#). Se også [denne opsummerende artikel om rødlisten](#), som samtidig giver et inblick i, hvordan det internationale samfund ikke formåede at nå de mål om at fremme biodiversiteten som blev sat for årtiet 2011-2020 indenfor FN's Biodiversitetskonvention (dette sammenfattes også i rapporten [Global Biodiversity Outlook 5](#)).

Fortæl om rødlisten og dens konklusioner. Fremhæv evt. nogle af de arter du selv har et forhold til. I kan også bruge [rødlistens søgefunktion](#) til at undersøge forskellige arter i fællesskab. Eller I kan undersøge arter på [den danske rødlister](#). På globalt plan er det ca. 28% af alle rødliste-vurderede arter der er truede. I Danmark er det ca. 17% af de vurderede arter.

8 Dette slide viser nogle af de vigtigste oversigtsgrafer fra [The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services \(IPBES\)](#) udgivelse [Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services](#) fra 2019. Graf A viser forskellige arters truethed. Graf B viser den hastighed hvormed arter er forsvundet siden 1500 og graf C viser de ændringer



IUCN vurderer arters risiko for at uddø ud fra forskellige kategorier. Det er de tre kategorier sårbar (vulnerable), truet (endangered) og kritisk truet (critically endangered) der tilsammen viser, hvor stor en procentdel af en art eller klasse vurderes at være truet. Samtidig er der lavet et skøn af, hvor mange arter i gruppen "utilstrækkelig data" (data deficient) kan forventes at være truede. Læs mere om hvordan vurderingerne laves [her](#).

Oversigt over rødlistens kategorier

Grad af truethed

	Ikke nok data
	Ikke truet
	Næsten truet
	Sårbar
	Truet
	Kritisk truet
	Uddød i vild tilstand

der er sket i arters rødlistestatus over tid (rødlisteindexet) eller udviklingen i deres risiko for at uddø fra 1980-2020.

På baggrund af IUCNs rødliste har IPBES anslået, at en million arter er udrydningstruede. Du kan læse, hvordan de er kommet frem til denne vurdering [her](#).

9 Fortæl om, hvorfor biodiversiteten er så presset. Du kan bruge oversigtsgrafen over direkte og indirekte *drivers* til at fortælle om de faktorer, der lægger pres på biodiversiteten og naturen generelt. Her er det vigtigt at fortælle, at biodiversiteten kun er ét parameter for, hvordan det går med naturen. Fremhæv de eksempler på tilbagegang i naturen, der er angivet på grafen. Du kan læse mere om de forskellige *drivers* identificeret i IPBES Global Assessment Report [her](#) og i [kapitel 2](#) af den fulde rapport. (Læg mærke til, at der under de indirekte *drivers* står "værdier og adfærd". Du kan evt. forbinde dette til diskussionen af, hvordan vores verdensbillede og natursyn ligger til grund for klima- og biodiversitetskriserne.) En anden model for at forklare tilbagegangen i biodiversiteten er [E. O. Wilson's akronym HIP-PO](#): "Habitat destruction, Invasive species, Pollution, human over-Population, Over-harvesting by hunting and fishing".

Det vurderes at arter uddør imellem 100 og 1000 gange hurtigere end den hastighed,

hvormed arter forsvinder som en naturlig del af evolutionsprocessen (hvilket kaldes **baggrundsrate**). Præcist hvor hurtigt arter uddør i dag i forhold til tidligere er omdiskuteret, men tilbagegangen er af en sådan skala at den af mange biologer betegnes "**den Holocæne masseuddøen**".



Spørg ind til hvad eleverne allerede ved om biodiversitetskrisen. Nogen har f.eks. erfaring med naturbevaringsprojekter fra deres uddannelse eller rejser.

Det diskuteres om nutidens masseuddøen er sammenlignelig med "**The big five**", perioder hvor mere end 75% af alle arter vurderes at være uddøde, og om vi derfor kan sige vi står ved begyndelsen til **den 6. masseuddøen**. Et **hovedpunkt i debatten** er hvad den historiske baggrundsrate har været sammenlignet med nutidens tilbagegang. Det kan være svært som lægmand at vide, hvad man skal mene, eller hvem man skal læne sig op ad – se evt. [denne artikel](#) som nuancerer problemstillingen. I 2017 underskrev 15.364 videnskabsfolk artiklen "**World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice**" som siger at menneskeheden "har forårsaget en masseuddøen, den sjette i ca. 540 millioner år, hvor mange nuværende livsformer kan blive udslettet eller i det mindste dømt til at uddø ved udgangen af dette århundrede".

Brug grafen over udviklingen i antallet af slægter (genus) igennem Jordens historie til at fortælle historien om "**de store fem**" **masseudryddelser** af arter i Jordens historie. Hvis du har fokus på dette emne, eller vil vide mere om masseuddøen i Jordens historie, se evt. [denne dokumentar](#).

Afspil video (12:21 min).

10 Denne slide viser en oversigtsgraf fra [Living Planet Report 2020](#) som er udarbejdet af Verdensnaturfonden (WWF) og Zo-

ological Society London (ZSL). Living Planet Report giver et indblik i hvordan det går med biodiversiteten i form af **Living Planet Index** (LPI), som er en opgørelse over størrelsen på hvirveldyrs populationer. Rapporten fortæller, at størrelsen af pattedyr, fisk, fugle, krypdyr og amfibiers populationer er faldet med 68% fra 1970-2016. Opgørelsen er lavet på baggrund af data, der dækker 20,811 populationer fra 4,392 forskellige arter.

Grafen viser Living Planet Index for hele kloden inddelt i fem regioner. På tværs af regionerne er ændringer af den måde landjorden og havet bruges på (arealanvendelse) årsag til ca. halvdelen af tilbagegangen imens overfiskning- og jagt er årsag til ca. 18-35% af tilbagegangen (se s. 21 i rapporten). Rapporten fortæller også, at menneskeden lige nu bruger ressourcer der svarer til 1,56 jordklodes biokapacitet. Du kan samtidig fortælle om **dette studie**, der viser at mennesker udgør 36% af biomassen blandt pattedyr imens vores husdyr udgør 60% og kun 4% er vilde dyr. For fugle er 70% fjerkære imens 30% er vilde.

Bemærk: LPI angiver det gennemsnitlige fald i størrelsen af populationer. Det er *ikke* en opgørelse over **faldet i antallet af individer** eller hvor stor en procentdel af arter der er i tilbagegang. Det skønnes at populationsstørrelsen bliver mindre for omkring halvdelen af de arter, der er med i undersøgelsen. LPI skal, ligesom rødlisten,

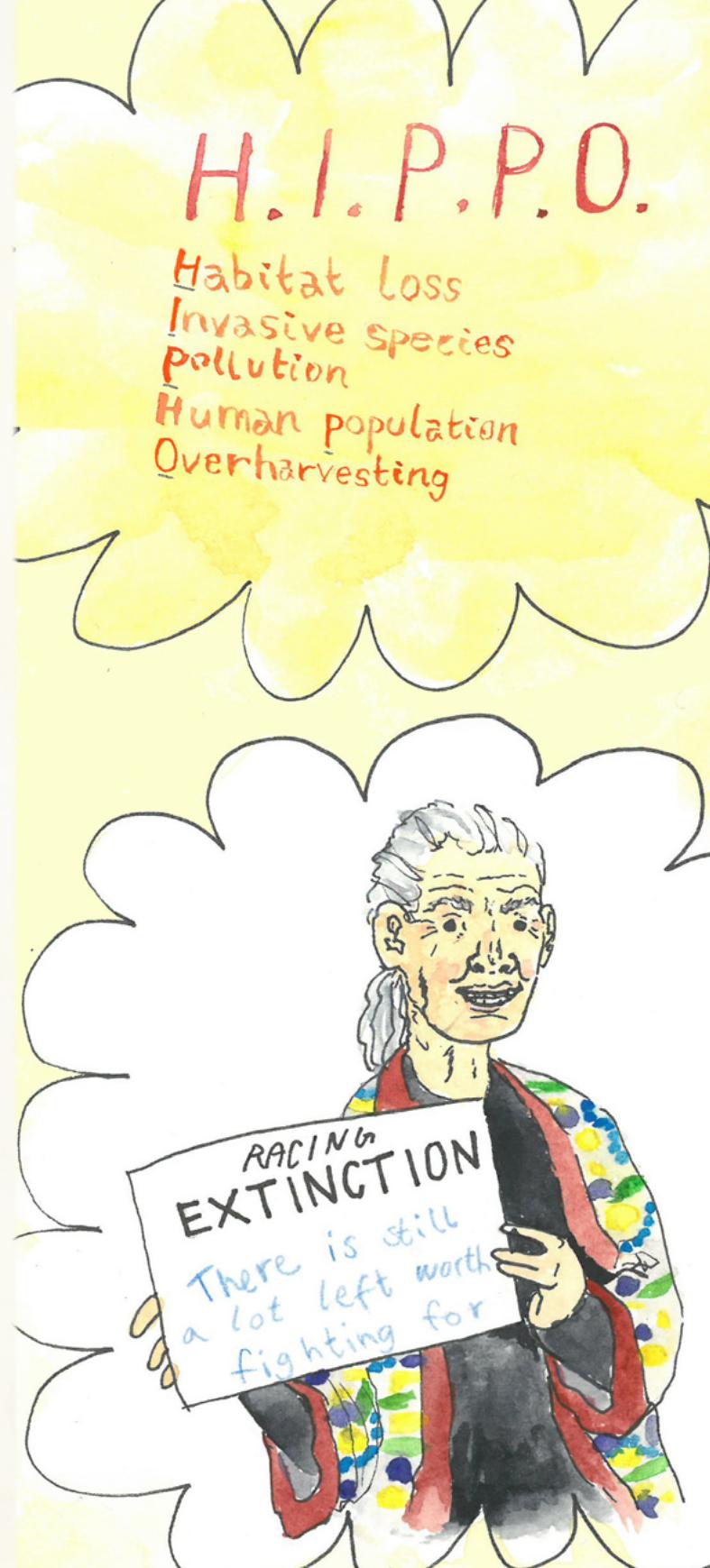
ses som et billede, der er malet med brede penselstrøg.

11 Fortæl om usikkerheden, når det gælder vurderinger af den globale biodiversitet (se f.eks. [denne artikel](#)) og om forskellige måder at anskue udviklingen: antallet af arter (rødlisten), størrelsen på populationer (Living Planet Index) og hyppigheden af **"mass mortality events"**. Åben linket og undersøg nogle events på listen – formålet med denne øvelse er at eleverne oplever, at disse hændelser indtræffer meget oftere, end vi hører om. I kan samtidig diskutere, hvordan klimakrisen kan opfattes religiøst som apokalypse. Behandl denne kilde med en god portion humor! Selvom hjemmesiden i sig selv er dubios, er referencerne, så vidt jeg kan se, gode nok. Og det er den mest komplette liste over denne slags events der findes på nettet.

12 Introducér **"Racing Extinction"**. Tag en pause og se filmen bagefter (1t 34min).

Alt efter hvor hurtigt du gennemgår materialet, kan det være, der ikke er nok tid til at se en hel dokumentarfilm. Den kan sagtens erstattes af nogle af de øvelser der foreslås under slide **5** og **6**.

13 Rund af med spørgsmål og diskussion af filmen. Henvis til hjemmesiden og baggrundsmateriale.



Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/3MWpIGUgoIKxHL7ge6vo/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-biodiversity>

Systemøkologiens grundbegreber

Fritjof Capra (2007) *Sustainable Living, Ecological Literacy, and the Breadth of Life*, Canadian Journal of Environmental Education, vol.12, no. 1

Hovedrapporter om biodiversiteten

IPBES (2019): *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (Eds)

WWF (2020) *Living Planet Report 2020*. R.E.A. Almond, M. Grooten and T. Petersen (Eds). WWF, Gland, Switzerland

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020) *Global Biodiversity Outlook 5*. Montreal

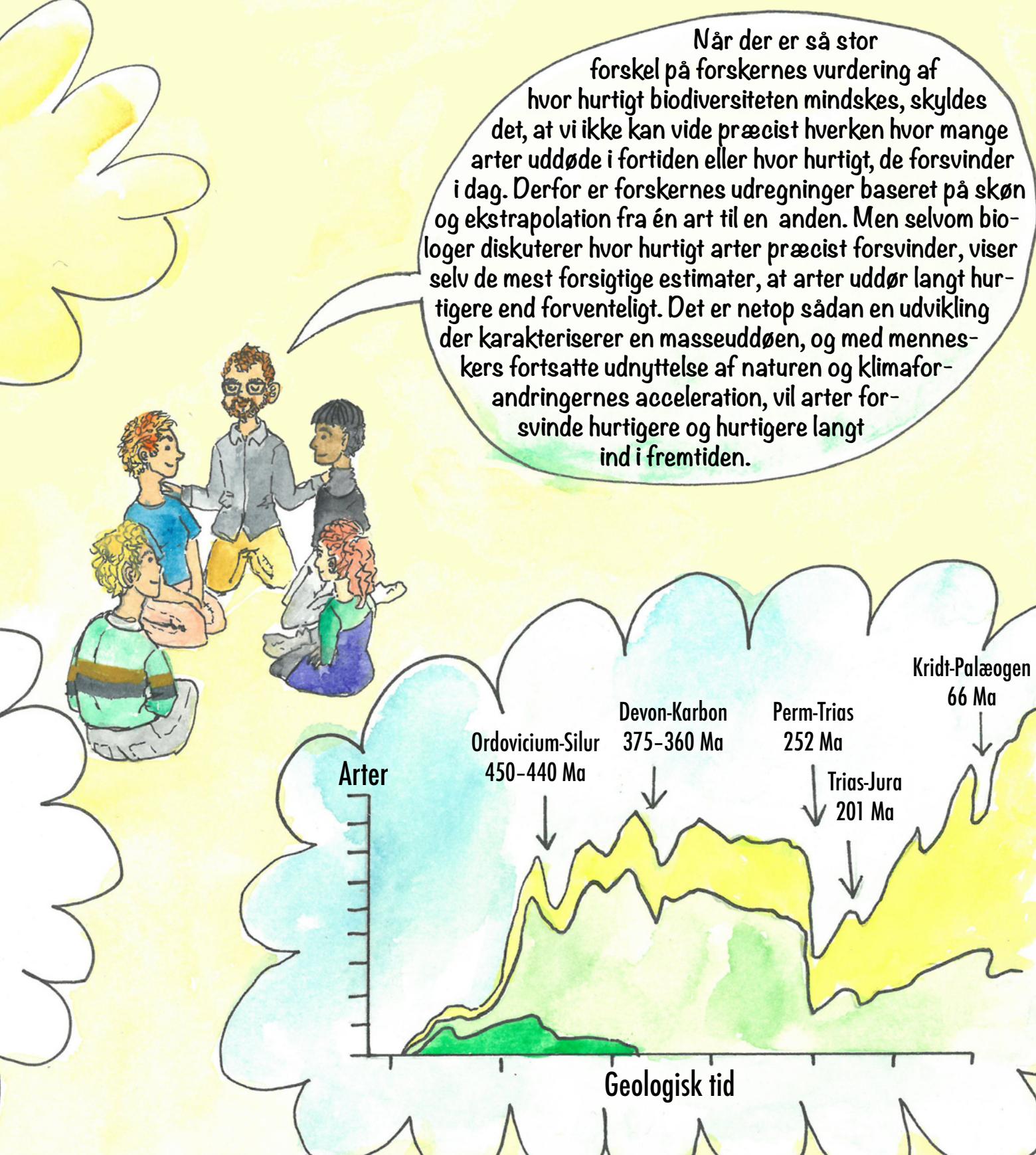
Hyperlinks

Robert Paine: [https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_T._Paine_\(zoologist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_T._Paine_(zoologist))

Racing Extinction: <https://racingextinction.com>

Geologisk tid: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_time_scale

Taksonomi: <https://da.wikipedia.org/wiki/Bio>



logisk_klassifikation
Biodiversitetens niveauer: <https://da.wikipedia.org/wiki/Biodiversitet>
Elizabeth Kolbert: https://en.wikipedia.org/wiki/Elizabeth_Kolbert
The Sixth Extinction: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Sixth_Extinction:_An_Unnatural_History
Kolbert interview: <https://www.youtube.com/watch?v=eA151sBcCag>
Dyb biosfære: <https://deepcarbon.net/life-deep-earth-totals-15-23-billion-tonnes-carbon>
Distribution af havenes biomasse: [https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Oceanography/Book%3A_Oceanography_\(Hill\)/10%3A_An_Ocean_Full_of_Life/Distribution_of_Life_in_the_Ocean](https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Oceanography/Book%3A_Oceanography_(Hill)/10%3A_An_Ocean_Full_of_Life/Distribution_of_Life_in_the_Ocean)
Opstigning/upwelling: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>
Biodiversitets hotspots: <https://www.e-education.psu.edu/geog30/node/393>
Norman Myers: https://en.wikipedia.org/wiki/Norman_Myers
Fødenet: <https://denstoredanske.lex.dk/f%C3%A88denet>
Fødekaede: <https://da.wikipedia.org/wiki/F%C3%98dek%C3%A9de>
Trofisk niveau: https://da.wikipedia.org/wiki/Trofisk_niveau
Trofisk kaskade: https://da.wikipedia.org/wiki/Trofisk_kaskade
Levende læring om levende systemer: <https://www.jacobrask.dk/handbog>
BioBlitz: <https://portals.clio.me/dk/biologi/emner/basis-økologi/økologi/biodiversitet/bioblitz/?MP=>
Robert Paine: [https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_T._Paine_\(zoologist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_T._Paine_(zoologist))
Nøglearter: https://en.wikipedia.org/wiki/Key_stone_species
Trofisk kaskade: https://en.wikipedia.org/wiki/Trophic_cascade

Some Animals Are More Equal Than Others: <https://youtu.be/hRGg5it5FMI>
The web of resilience: <https://www.transitionculture.org/2008/03/03/12-tools-for-transition-no2-the-web-of-resilience/>
IUCN Red List: <https://www.iucnredlist.org/>
Artikel om rødlistens nuancer: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000632071831557X>
Baggrund om Rødlisten: <https://www.iucnredlist.org/about/background-history>
Artikel om udviklingen af biodiversitet og målene i biodiversitetskonventionen: <https://science.sciencemag.org/content/366/6471/eaax3100>
Global Biodiversity Outlook 5: <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-spm-en.pdf>
Rødlistens søgefunktion: <https://www.iucnredlist.org/search/grid>
Den danske rødliste: <https://bios.au.dk/forSkinningraadgivning/temasider/redlistframe/roedliste-2019/roedlistestatus/>
IPBES: <https://ipbes.net/>
IPBES Global Assessment Report: <https://ipbes.net/global-assessment>
IPBES udregning af 1 million truede arter: <https://ipbes.net/news/million-threatened-species-thirteen-questions-answers>
IUCN udregninger: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics>
IPBES drivers: <https://ipbes.net/models-drivers-biodiversity-ecosystem-change>
IPBES kapitel 2: https://www.ipbes.net/sites/default/files/ipbes_global_assessment_chapter_2_1_drivers_unedited_31may.pdf
Rundspørge om biologers syn på biodiversitetskrisen: <http://www.mysterium.com/amnh.html>
HIPPO: http://www.unesco.org/new/en/media-services/single-view/news/edward_o_wilson_the_loss_of_biodiversity_is_a_tragedy/

Den Holocæne masseuddøen: https://en.wikipedia.org/wiki/Holocene_extinction
Baggrundsrapporten for arters uddøen: https://en.wikipedia.org/wiki/Background_extinction_rate
The big five: <https://phys.org/news/2019-04-earth-major-mass-extinctions.html>
Den 6. masseuddøen: <https://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253.short>
Debatten om nutidens masseuddøen: <https://academic.oup.com/bioscience/article/66/9/785/1753703?login=true>
Står vi i en masseuddøen? <https://theconversation.com/what-is-a-mass-extinction-and-are-we-in-one-now-122535>
World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice: <https://www.scientistswarning.org/2017/11/13/scientists-warning-2nd-notice-2017/>
"De store fem" masseudryddelser: <https://www.nationalgeographic.com/science/prehistoric-world/mass-extinction/>
Dokumentar om "de store fem": <https://youtu.be/bzUa28bMaVY>
Living Planet Report 2020: <https://livingplanet.panda.org/>
Living Planet Index: <https://livingplanetindex.org/home/index>
Studie om jordens biomasse: <https://www.pnas.org/content/115/25/6506>
LPIbetydning: <https://www.nationalgeographic.com/animals/2018/11/animal-decline-living-planet-report-conservation-news/>
Usikkerheden omkring vurderinger af biodiversiteten: https://e360.yale.edu/features/global_extinction_rates_why_do_estimates_vary_so_wildly
Mass mortality events: https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_mortality_event
Racing Extinction: <https://racingextinction.com>

Etnosfæren

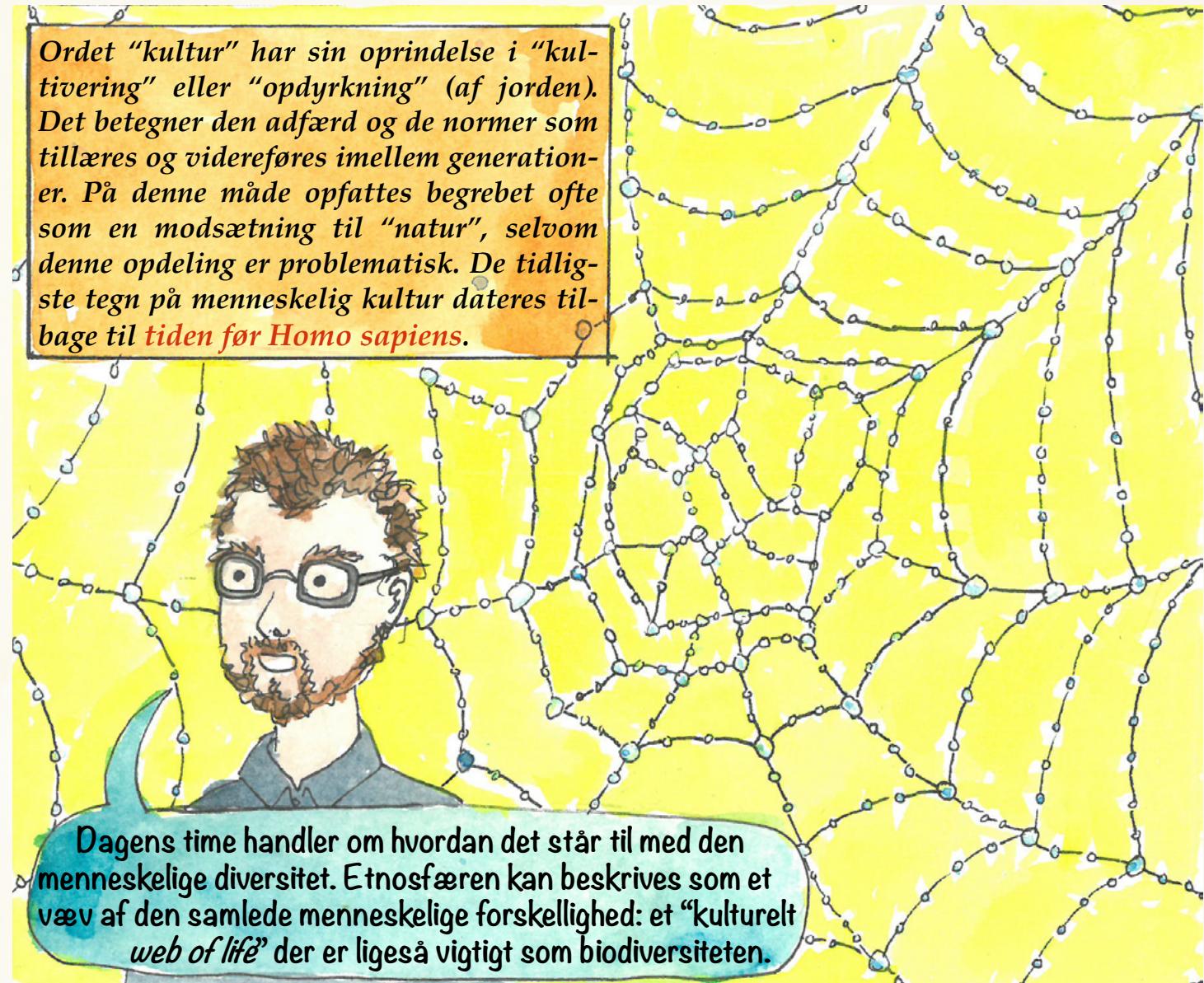


Etnosfæren

"Etnosfæren" er et begreb der er opfundet af antropologen **Wade Davis**, for at kunne begribe og italesætte omfanget af kulturel diversitet på kloden. Etnosfæren inkluderer alle de måder vi som art ser, tænker og er i verden på – ikke bare i dag, men igen nem tiden. Målet med denne lektion er, at give eleverne et indtryk af, hvor mange forskellige kulturer der findes, og hvor hårdt pressede minoritetskulturer er i dag.

En vigtig målestok for kulturel forskelighed er antallet af talte sprog på Jorden. Der er her en direkte parallel til lektionen om biodiversitet: antallet af sprogforsvinder på samme skala som biodiversiteten og grunden til dette er i det store hele den samme (derfor underviser jeg ofte denne lektion efter timen om biodiversitet).

Dette giver en anden indgang og vinkelet til at snakke om forbrugskultur – det er åbenlyst et spørgsmål om én dominant kulturs afvisning og undertrykkelse af andre måder at forstå naturen og være i verden på. Derfor handler denne time i høj grad også om kolonisering, globalisering og udvikling. Se forslag til mere baggrundsmateriale omkring disse emner under diskussionen af slide 10.



FORSIDESLIDE: Velkommen! Du kan evt. fortælle om billedet af **Cueva de las Manos** og **betydningen af hulemalerier** som introduktion til dagens emne.

- 1 Introducér etnosfæren som begreb og fortæl om forløbet i denne lektion. I

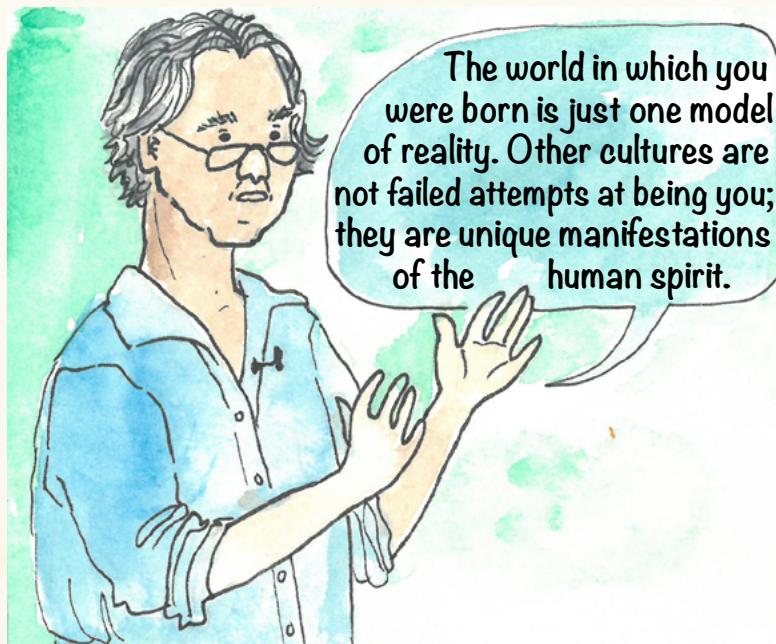
første halvdel ser vi på nedgangen i den sproglige diversitet på Jorden og årsagerne hertil. I anden halvdel undersøger vi de forskellige måder kulturer danner en ramme for vores opfattelse af og relation til naturen. En af fagets grundtanker er, at klima- og biodiversitetskriserne ikke

bare handler om miljøet, men kan ses som konsekvenser af vores kultur, natursyn og verdensopfattelse. Denne time omhandler blandt andet de mange andre måder at se verden, der findes på tværs af kulturer, og formålet er at inspirere eleverne og reflektere over deres eget verdensbillede og natursyn.

2 Her kan du uddybe betydningen af etnosfæren og fortælle om **Wade Davis**, som er ophavsmanden til begrebet. Davis er antropolog og **explorer-in-residence ved National Geographic**. Du kan finde mere baggrund om Davis' opfattelse af etnosfæren i **dette interview**. Nogle gange introducerer jeg hans bog "**The Wayfinders**" og læser højt fra indledningen om hans syn på kulturel diversitet og det at være

menneske (s. 17-19). Afspil videoen (22:01 min).

3 Fortæl om, hvordan sproglig diversitet er en vigtig indikator for kulturel diversitet: sproget er medskaber af et menneskes identitet og viderefører viden imellem generationer. **Sproget former den måde vi tænker på** og på denne måde skaber sproget den verden vi oplever. Wade Davis bruger metaforen at "sprog er sindets urskov" som en måde at forklare, hvordan et sprog indeholder et helt "økosystem" af viden, værdier, drømmer og myter, hvorfra en unik måde at se og være i verden opstår (se f.eks. Boroditsky's TED-talk om hendes forskning på området). Antallet af verdens sprog opgøres i **Ethnologue**, som opregner ca. 7100 sprog på verdensplan.



Fortællingen om oprindelige folk

Det er svært at repræsentere andre kulturer og verdenssyn uden at lægge sin egen vinkel – og blindhed – til den historie man fortæller, særligt når man kommer fra en majoritetskultur. Derfor er det vigtigt at undgå at tale for minoritetskulturer og i stedet lade dem tale for sig selv – det er let at komme til at reproducere et kolonialistisk syn på "oprindelige kulturer", selvom man egentlig ønsker at kritisere dette syns grundantagelser. Læs f.eks. Eve Tucks brev til forskere og undervisere om, hvordan et fokus på den skade, der er forvoldt oprindelige folk, kan underbygge et en-dimensionelt syn på disse mennesker.

Sprog skaber virkeligheder: der findes sprog, hvor "højre" og "venstre" ikke begrebssliggøres, hvor man ikke skelner imellem køn, sprog der ikke differentierer imellem orange og gul, eller hvor man ikke bøjer verber i tempus.

4 Vis hvilke sprog, og dermed kulturer, der dominerer etnosphæren i dag. Du kan supplere med at fortælle at:

- Det anslås at der uddør et sprog et sted imellem **hver anden** og **hver tolvte uge**.
- Forskere estimerer at **43% af verdens sprog er udrydningstruede**.

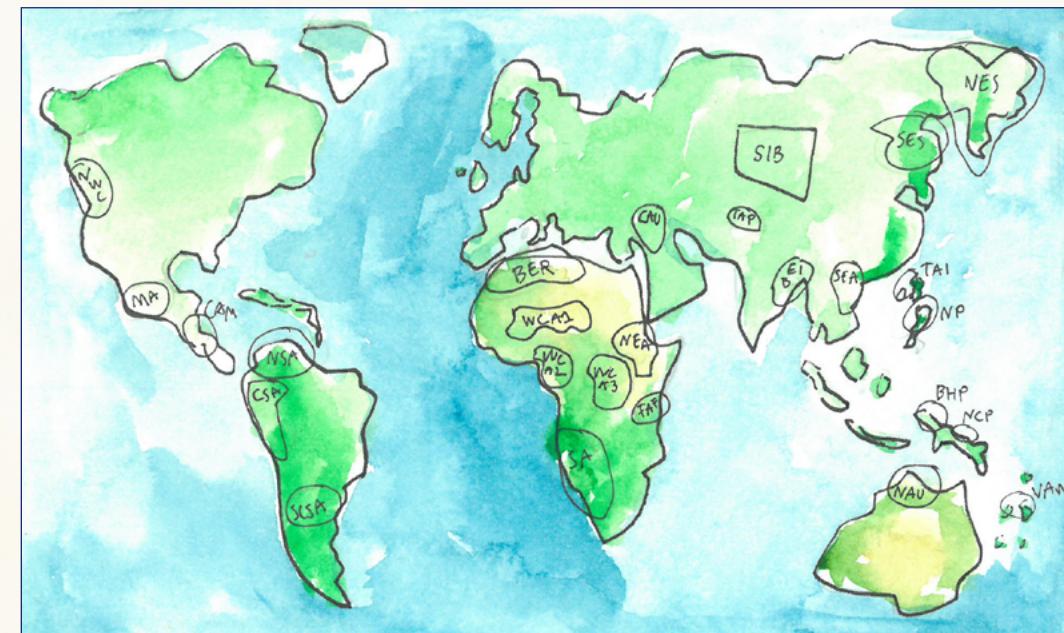
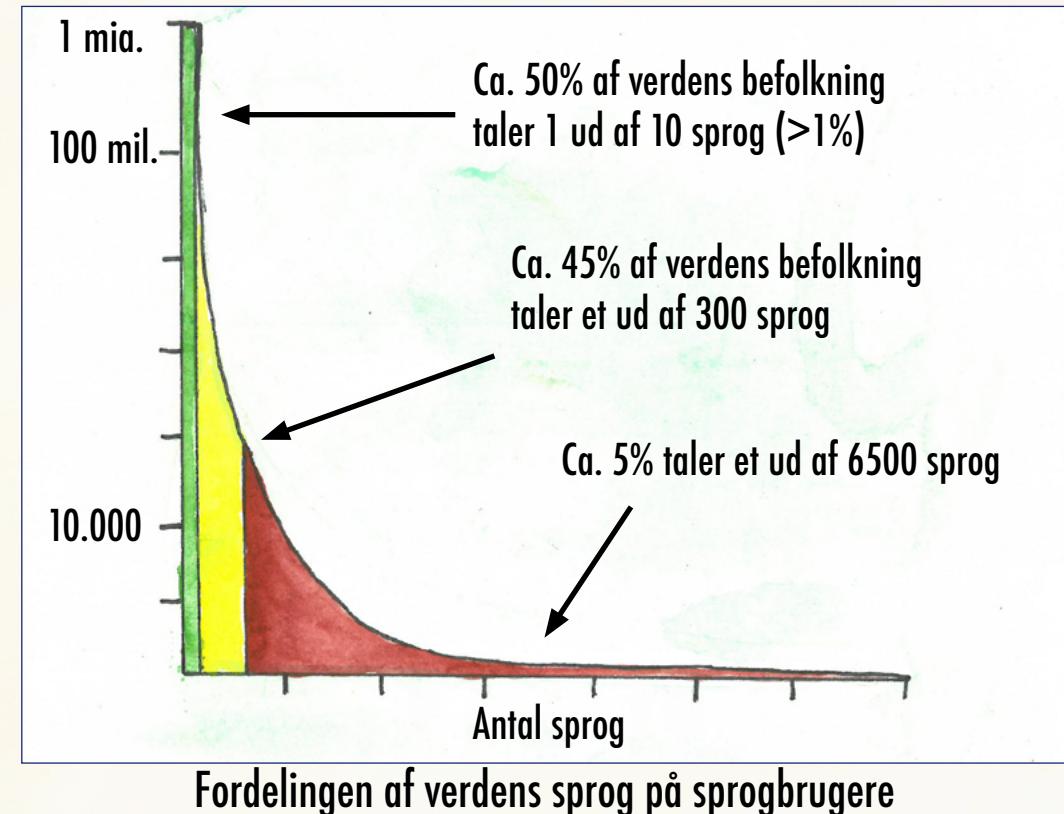
Diskuter hvorfor den sproglige diversitet er for nedadgående. Hvilke faktorer kan eleverne identificere? Du kan evt. finde inspiration til diskussion i David Crystal's bog "**Language Death**" eller se på hvordan **Ethnologue evaluerer trusler mod sprog**.

5 Forklar oversigten over fordelingen af verdens sprogbrugere.

6 Beskriv hvilke sprogstammer, der er mest truede og hvor på Jorden, de findes.

7 Ligesom med biodiversiteten er den sproglige diversitet koncentreret i særlige områder eller "hotspots". Overlappet imellem biodiversitet og sproglige hotspots er iøjnefaldene: omkring **70% af verdens sprog tales af oprindelige folk, som bor i områder med høj biodiversitet**. Forklaringen kan ligge i, at både biologisk og kulturel diversitet er afhængig af de samme faktorer som f.eks. temperatur og nedbør. Nogle forskere bruger begrebet **biokulturel diversitet** som en måde at betegne den samlede biologiske og kulturelle diversitet i et givent område og for at danne et mere nuanceret billede af sampillet imellem mennesker og naturen (graferne på de foregående slides af taget fra rapporten **Biocultural Diversity**, hvor yderligere baggrundsinformation kan findes).

Dette peger også på en af de væsentligste løsninger på klimaudfordringerne: den bedste måde at bevare biodiversiteten i hotspot-områder er ved at **give de oprindelige folk, der bor der, rettigheder til jorden**. Dette viser sig at være en af de mest **kosteffektive** måder at binde CO_2 i jorden og er anerkendt af IPCC som en vig-



Sproglige "hotspots"

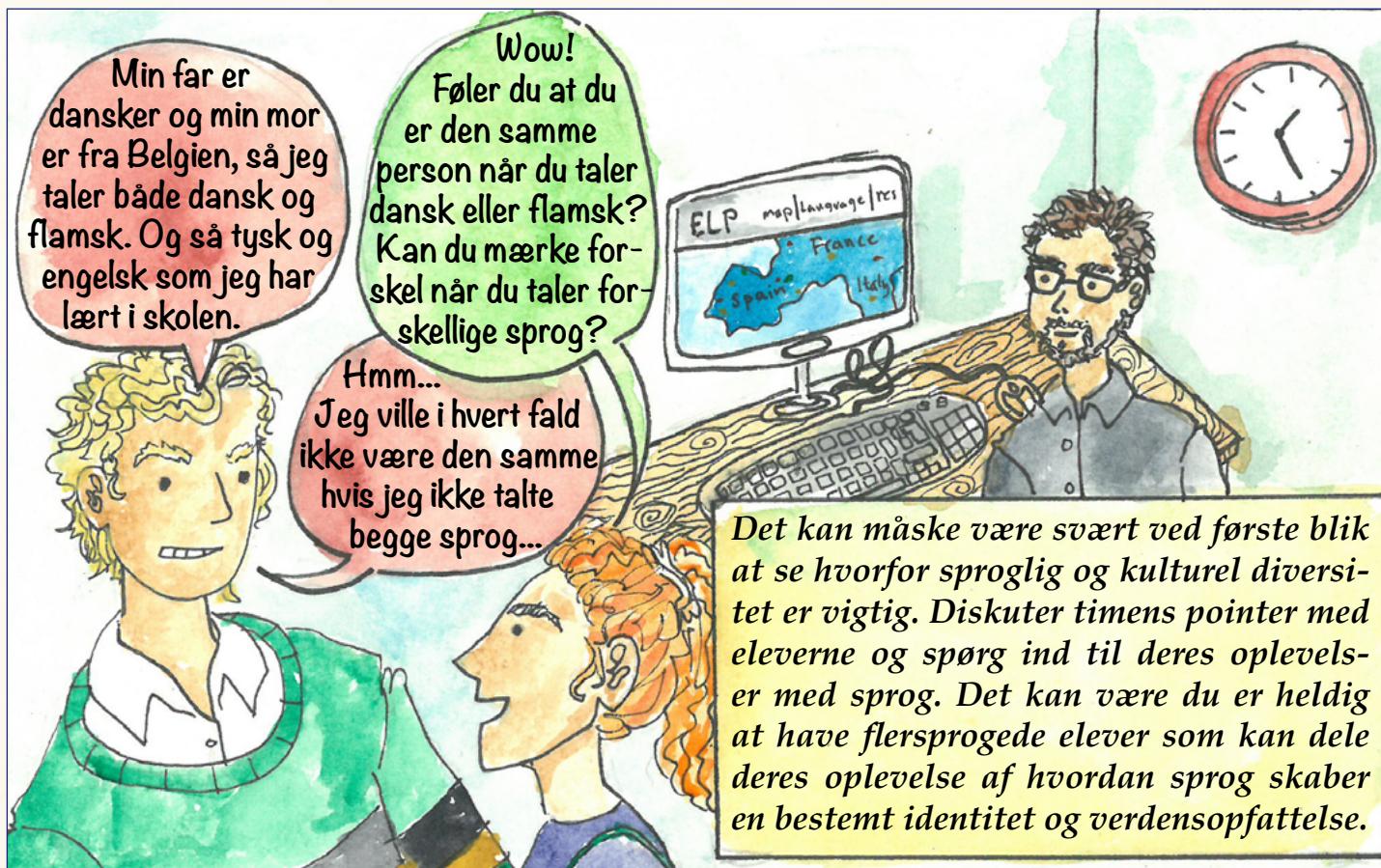
tig og nødvendig løsning på klimaforandringerne. Det anslås at man kan reducere CO₂-udledningerne med 8,69-12,93 Gt mellem 2020-50 ved at give oprindelige folk rettigheder til den jord, de bor på. Du kan finde mere baggrund til dette emne [her](#). Afspil videoen (1:47 min).

- 8 Åben linket til Endangered Languages Project og udforsk kortet over truede sprog sammen. Hver prik på kortet repræsenterer et truet sprog. Når man klikker på et sprog åbnes en side med me-

ta-data. Her kan man se hvor mange taler sproget og, for nogle af sprogene, høre eksempler på udtale. Lad eleverne vælge hvilke områder, de synes er spændende at undersøge – måske er det interessant at høre et eksempel på nordfrisisk, som er relateret til plattysk og tales af folk lige syd for den dansk-tyske grænse.

- 9 Diskuter hvorfor det er vigtigt at redde minoritetssprog. Afspil filmen (27:52 min).

FORSIDESLIDE. Spørgsmål og pause.



Hvorfor redde et sprog?

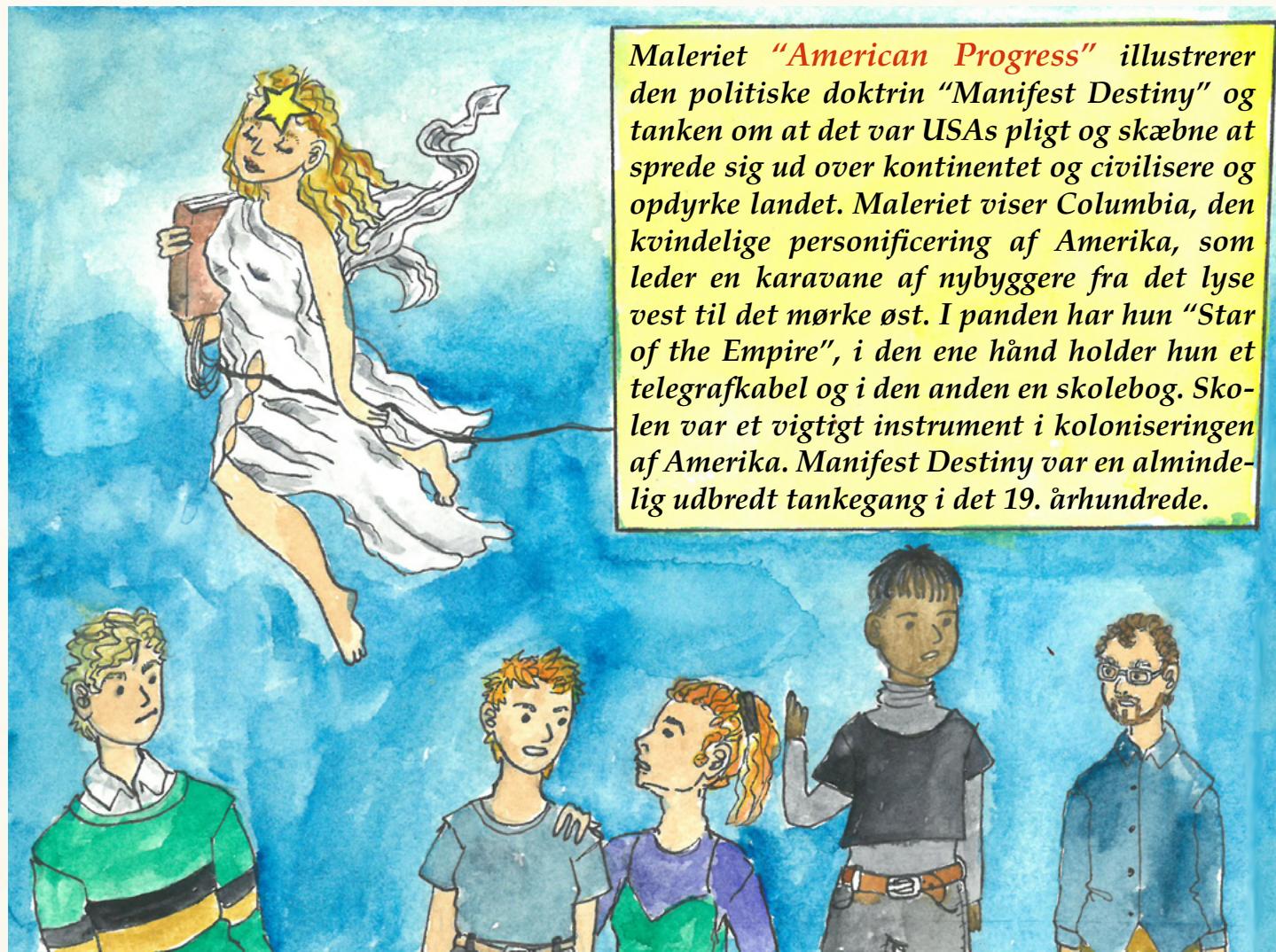
I den vestlige kultur, hvor oprindelige folk i lang tid er blevet opfattet som "primitive", og derfor også mindre værd, kan det virke kontraintuitivt at verden bliver fattigere når den er et sprog mindre. Vi oplever samtidig fordelene ved den forbundethed der opstår når vi taler et af de store verdenssprog, især engelsk.

Når et sprog er truet, er det hele den kultur, og den måde at forstå og være i verden som sproget er udtryk for, der er i fare for at forsvinde. Det er altså en unik måde at forstå og relatere til naturen og kosmos som er under pres. Kan vi forestille os nogle af de ting vi værdsætter højest i vores egen kultur og vores eget sprog forsvinde?

I en tid hvor det er blevet tydeligt at klima- og biodiversitetskriseerne er et udtryk for en krise i den vestlige kultur, og i den måde vi opfatter og relaterer til naturen og hinanden, har vi brug for eksempler på hvordan vi kan re-integrere vores samfund i naturens kredsløb. Mange oprindelige kulturer har netop et sådant holistisk verdensbillede. Eks. findes begreber som "affald" slet ikke i mange oprindelige kulturer. Der er altså mange ting at lære af de mange sprog som er ved at forsumme.

10 Diskuter sammenhængen imellem kolonialisme, globalisering og nedgangen i kulturel diversitet. Brug evt. billedet "American Progress" af John Gast som indgang til at diskutere den mentalitet der har ligget i kolonialismen og fremskridts-tanken. Her er det relevant at berøre Danmarks egen kolonihistorie. Du kan også drage paralleller til nutidens debat om

udvikling og vækst – kolonialismens natur- og menneskesyn er direkte årsag til **udbytning af naturen og dehumanisering af oprindelige folk**. Tag udgangspunkt i det eleverne allerede ved om emnerne. Se f.eks. [denne artikel](#) for et indblik i hvordan klimakrisen ser ud fra nogle oprindelige folks perspektiv. Du finder også forslag til mere baggrundsmateriale her på siden.



Baggrundsmateriale til kolonialisme, dekolonialisering og oprindelige folk

Artikler

- Ivan Illich (1968) [To Hell with Good Intentions](#)
- Derek Rasmussen (2007) [The Priced versus the Priceless](#)
- Eric Ritskes (2012) [What Is Decolonization and Why Does It Matter?](#)
- Eve Tuck & Wayne Yang (2012) [Decolonization is not a metaphor](#)
- Tamira Amin (2020) [How climate change and colonialism are spurring mass migration](#)

Bøger

- Subcomandante Marcos (2002) [Our Word Is Our Weapon](#)
- Peter McFarlane & Nicole Schabus, eds. (2017) [Whose Land is it Anyway?](#)
- Catherine Walsh and Walter Mignolo (2018) [Decoloniality – Concepts Analytics Praxis](#)

Rapporter

- Jo Woodman & Sophie Grig (2015) [Progress Can Kill](#)
- IWGIA: [The Indigenous World](#)

Oprindelige folks verdenssyn

- Robin Wall Kimmerer (2013) [Braiding Sweetgrass](#)
- Tyson Yunkaporta (2019) [Sand talk](#)

Danmarks kolonihistorie

- *Danmark og Kolonierne* (5 bind)
- *Høiris, Marquardt & Reimer* (2019)
- *Grønlændernes syn på Danmark*
- *Naja Graugaard* (2020) *Tracing Seal*

Online medier & magasiner

- *Tidsskriftet Kult*
- *Gesturing Towards Decolonial Futures*
- *Intercontinental Cry*
- *Cultural Survival*
- *Survival International*
- *Decolonization*
- *A Seat At The Table*
- *IsumaTV*

Dokumentarfilm

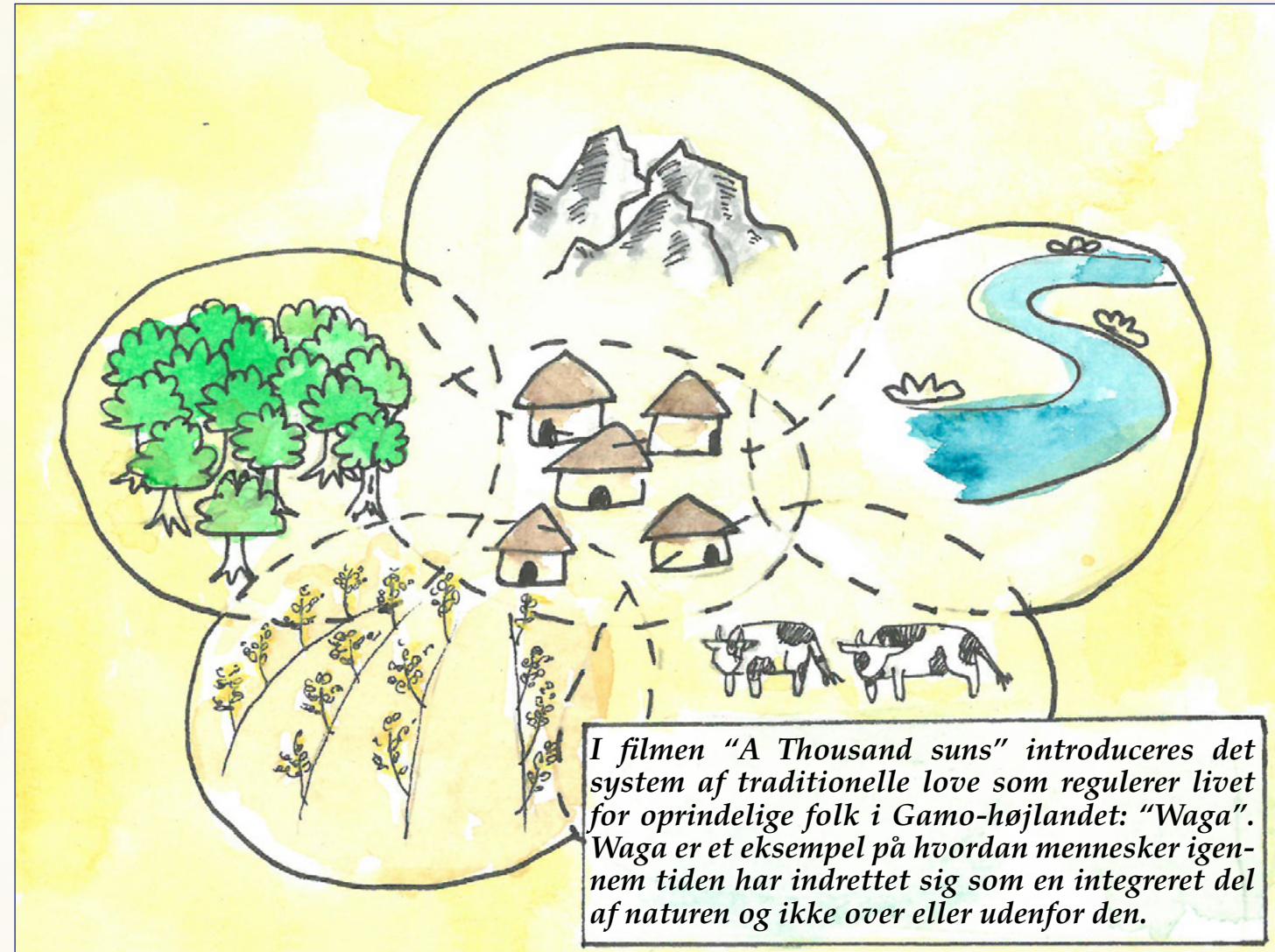
- *Schooling the World*
- *I am not your negro*
- *Rising Voices*
- *Dakota 38*

Forelæsninger

- *Nikki Sanchez – Decolonization Is for Everyone*
- *Dr. Michael Yellow Bird – Decolonizing the mind*
- *Tom B. K. Goldtooth – Indigenous Environmental Justice*

Undervisningsmateriale

- *Bioneers' Indigeniety Programme*
- *Global Oneness Project*
- *The AFN Education Toolkit*



I filmen "A Thousand suns" introduceres det system af traditionelle love som regulerer livet for oprindelige folk i Gamo-højlandet: "Waga". Waga er et eksempel på hvordan mennesker igennem tiden har indrettet sig som en integreret del af naturen og ikke over eller udenfor den.

- 11 Skolesystemet er blevet brugt som et middel til at undertrykke og udrydde oprindelige folk og er mange steder i verden stadig problematisk. Diskuter bagsiden af målene om **udvikling, universel uddannelse** og **udryddelsen af fattigdom** – hvorfor kan de påvirke oprindelige folk negativt? Hvordan sikrer vi at disse mål styrker oprindelige folks kultur og ret til

deres jord? Dokumentaren "Schooling the World" og materialet på filmens hjemmeside er en god indgang til diskussionen.

- 12 Introducér kortfilmen "A Thousand Suns" og afspil videoen (27:33 min). **Bemærk:** der findes en undervisningsplan til filmen som du kan læse på **Global Oneness hjemmeside**.

13 De næste slides lægger op til en diskussion af nogle af filmens pointer. Du kan evt. bruge Jens-André Herbeners pointe om “tre økologiske syndefald” i det moderne verdenssyn, som blev taget op i timen om “Jordens system” i dette diskussionspunkt. Hvis du gerne vil vide mere om hvordan “afsakraliseringen” af naturen kan ses som en historisk udvikling der hænger sammen med moderniteten kan du f.eks. dykke ned i [dette essay](#).



Med udgangspunkt i de problemstillinger som bliver taget op i “A Thousand Suns”, stiller slide 13 - 15 en række spørgsmål, som kan bruges til diskussion. Alt efter hvor lang tid der er tilbage, kan du tage diskussionen i den store gruppe eller lade eleverne diskutere spørgsmålene i par først og så følge op i plenum.

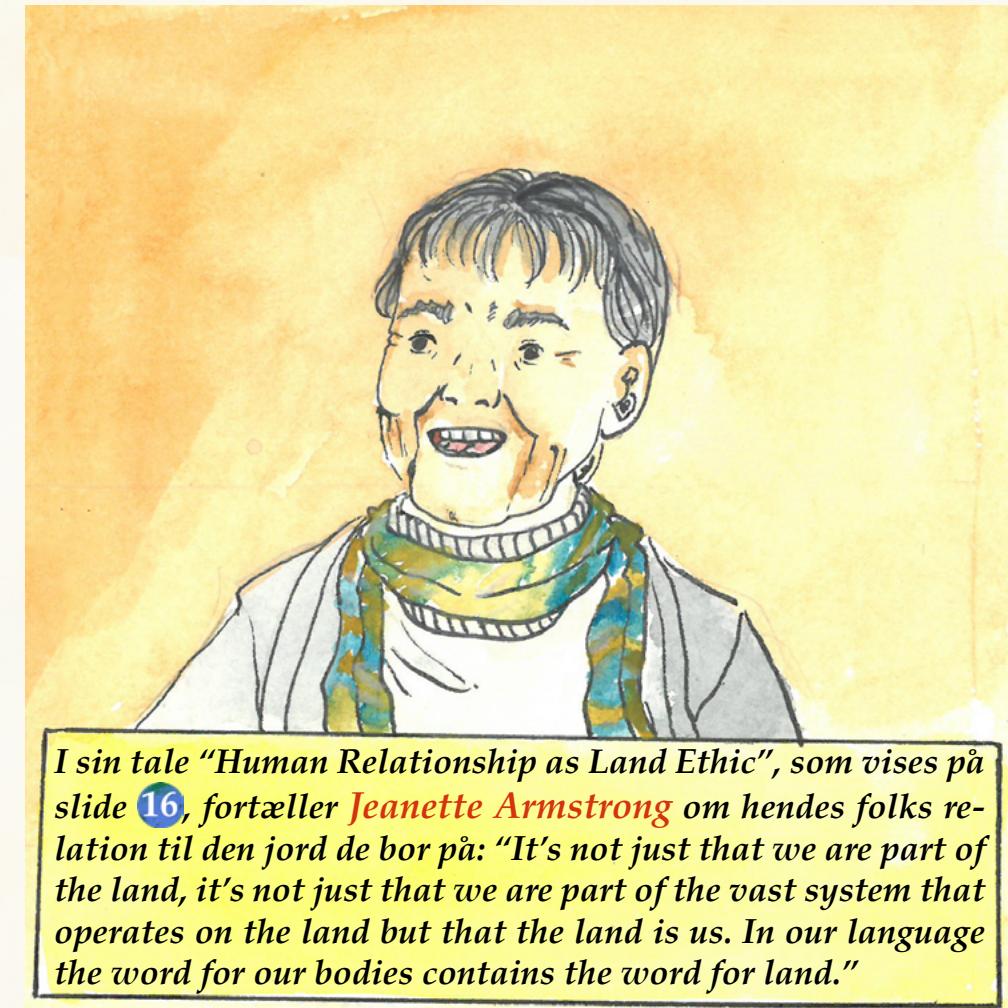
14 Diskuter den rolle teknologi spiller i vores forhold til naturen. Mary Evelyn Tucker uddyber sine pointer i nogle af de [clips der blev optaget til filmen](#). Jeg bruger ofte Ivan Illichs begreb [“counterproductivity”](#) for at forklare hvordan vi både som individer og som samfund kan blive underlagt de teknologier vi bruger.

15 Dette spørgsmål lægger op til en diskussion af alt det materiale vi har været

igennem i denne lektion. [Essayet af Gesturing Towards Decolonial Futures Collective](#), som beskriver hvordan mange oprindelige folk oplever klimakrisen, har mange gode pointer du kan tage op i denne diskussion som afrunder timen.

16 Introducér og afspil videoen (22:40 min).

17 Henvisning til fagets hjemmeside og materialebank.



Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/IxFufTDZqKEOBG2VodP5/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-ethnosphere>

Etnosfæren

Wade Davis (2009) *The Wayfinders – Why Ancient Wisdom Matters in the Modern World*, House of Anansi Press

Biokulturel diversitet

Tove Skutnabb-Kangas, Luisa Maffi og David Harmon (2003) *Sharing a world of difference: the earth's linguistic, cultural and biological diversity*, UNESCO. Se: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000132384>

Luisa Maffi og Ellen Woodley (2010) *Biocultural Diversity Conservation: A Global Sourcebook*, Routledge

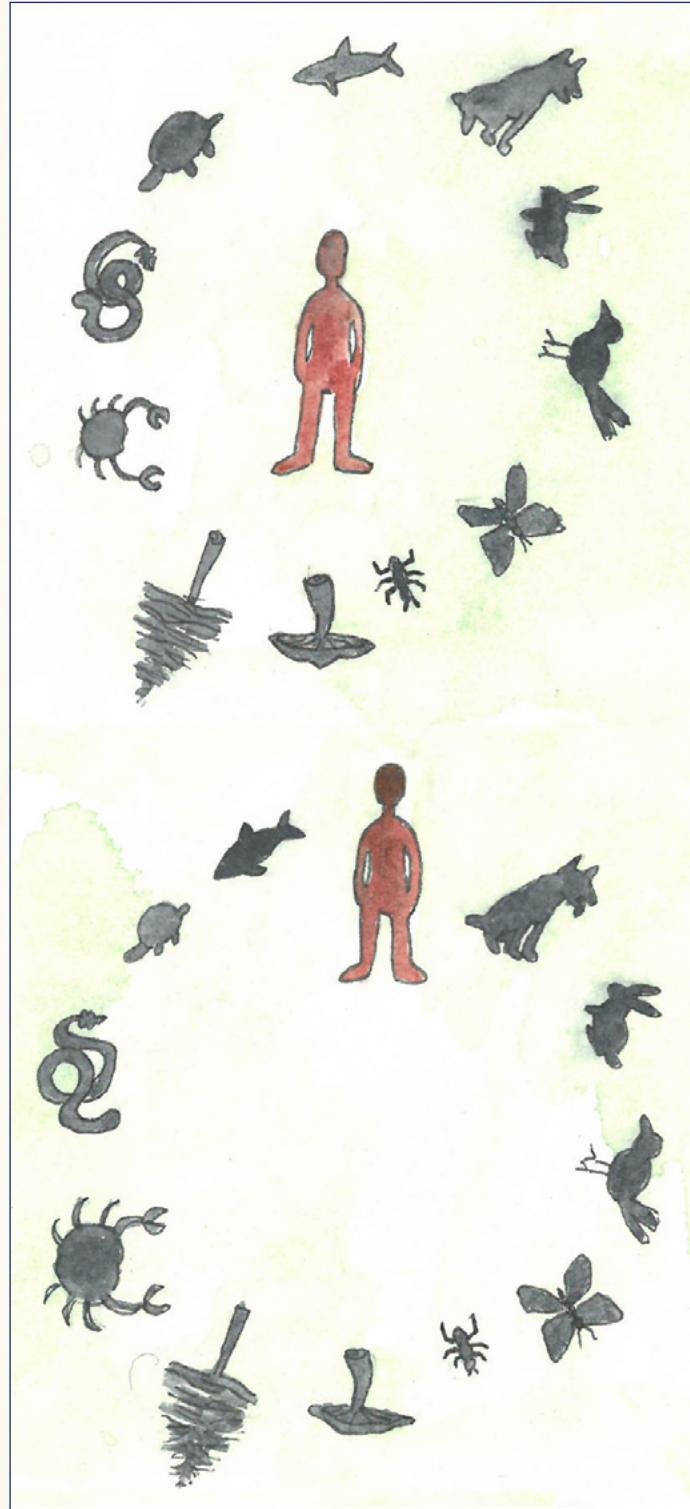
[Terralingua.org](#)

Hyperlinks

Etnosfæren: [https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Ethnosphere_\(Societies\)](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Ethnosphere_(Societies))

Wade Davis: <https://daviswade.com/>

Første menneskelige kultur: <https://www2.palo>



[mar.edu/anthro/homo/homo_4.htm](#)

Cueva de las Manos: https://en.wikipedia.org/wiki/Cueva_de_las_Manos

Hulemalerier: <https://www.artnews.com/art-in-america/features/cave-art-means-63549/>

Wade Davis, explorer-in-residence: <https://www.nationalgeographic.org/article/real-world-geography-dr-wade-davis/>

Wade Davis om etnosfæren: <https://legacy.npr.org/programs/re/archivesdate/2003/may/mali/davisinterview.html>

The Wayfinders: <https://www.goodreads.com/book/show/6373455-the-wayfinders>

Sproget former tanken: <http://www.edge.org/conversation/how-does-our-language-shape-the-way-we-think>

Boroditsky, TED-talk: https://www.ted.com/talks/lera_boroditsky_how_language_shapes_the_way_we_think/transcript?language=en

Ethnologue: <https://www.ethnologue.com/>
Eve Tucks brev: <https://www.primary-colours.ca/projects/38-suspending-damage-a-letter-to-communities>

Sprog skaber virkeligheder: <https://philosophybreak.com/articles/language-shapes-reality/>

Et sprog dør hver 14. dag/bogen "Language Death": <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/287.pdf>

Et sprog uddør hver 3. måned: <https://rosettaproject.org/blog/02013/mar/28/new-estimates-on-rate-of-language-loss/>

Ethnologue om trusler mod sprog: <https://www.ethnologue.com/endangered-languages>

Sammenhæng imellem biologisk og kulturel diversitet: <https://news.psu.edu/story/149076/2012/05/08/research/endangered-species-languages-linked-high-biodiversity-regions>

Biokulturel diversitet: https://en.wikipedia.org/wiki/Biocultural_diversity

Biocultural Diversity rapport: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/biocultural_report_june_2014.pdf

Oprindelige folks rettigheder bevarer biodiversiteten: <https://www.wri.org/news/land-matters-how-securign-community-land-rights-can-slow-climate-change-and-accelerate>

Oprindelige folks rettigheder er en kosteffektiv løsning på klimaforandringerne: <https://www.wri.org/publication/climate-benefits-tenure-costs>

IPCC rapport og oprindelige folks rettigheder: <https://www.ipcc.ch/srcc/>

Oprindelige folk og CO₂-reduktion: <https://www.drawdown.org/solutions/indigenous-peoples-forest-tenure>

Baggrund til oprindelige folk og jordforvaltning: <https://ipccresponse.org/our-response>

American Progress: https://aras.org/sites/default/files/docs/00043AmericanProgress_0.pdf

Kolonialisme og udbytning / dehumanisering: <https://www.opendemocracy.net/en/opendemocracyuk/to-fix-climate-crisis-we-must-acknowledge-our-imperial-past/>

Klimakrisen set fra oprindelige folks perspektiv: <https://www.opendemocracy.net/en/oureconomy/preparing-end-world-we-know-it/>

Schooling the World, dokumentar: <http://carolblack.org/schooling-the-world>

Schooling the World, hjemmeside: <https://www.schoolingtheworld.org/>

To Hell with Good Intentions: <https://www.southwestern.edu/live/files/1158>

The Priced vs. the Priceless: <https://agrarianstudies.macmillan.yale.edu/sites/default/files/files/colloqpapers/10rasmussen.pdf>

What Is Decolonization and Why Does It Matter?: <https://intercontinentalcry.org/what-is-decolonization-and-why-does-it-matter/>

Decolonization is not a metaphor: <https://jps.library.utoronto.ca/index.php/des/article/view/18630>

How climate change and colonialism are spur-

ring mass migration: <https://new.artsmia.org/stories/how-climate-change-and-colonialism-are-spurring-mass-migration-the-violent-roots-of-todays-unprecedented-displacement/>

Our Word is Our Weapon: <https://archive.org/details/OurWordIsOurWeaponMarcosSubcomandanante>

Whose Land is it Anyway?: https://fpse.ca/decolonization_manual_whose_land_is_it_anyway

Decoloniality – Concepts Analytics Praxis: https://www.dukeupress.edu/Assets/PubMaterials/978-0-8223-7109-0_601.pdf

Progress Can Kill: <https://www.survivalinternational.org/progresscankill>

The Indigenous World: <https://www.iwgia.org/en/resources/indigenous-world.html>

Braiding Sweetgrass: <https://milkweed.org/book/braiding-sweetgrass>

Sand Talk: <https://www.textpublishing.com.au/books/sand-talk>

Danmark og Kolonierne: <https://gad.dk/danmark-og-kolonierne-samlet>

Grønlændernes syn på Danmark: <https://bibliotek.dk/da/work/870970-basis%3A46476514>

Tracing Seal: https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/332493608/PHD_Naja_Dyrendom_Graugaard_E_pdf.pdf

Tidsskriftet Kult: <http://postkolonial.dk/>

Gesturing Towards Decolonial Futures: <https://decolonialfutures.net/>

Intercontinental Cry: <https://intercontinentalcry.org/>

Cultural Survival: <https://www.culturalsurvival.org/>

Survival International: <https://www.survivalinternational.org/>

Decolonization: <https://jps.library.utoronto.ca/index.php/des>

A Seat At The Table: <https://asatt.dk/>

IsumaTV: [http://www.isuma.tv/isamatvworld](http://www.isuma.tv/isumatvworld)

I am not your negro: <https://fjernleje.filmtriben.dk/film/9000004776/i-am-not-your-negro>

Rising Voices: <https://www.youtube.com/watch?v=Wr-jackHWcW>

Dakota 38: <https://www.youtube.com/watch?v=1pX6FBSUyQI>

Decolonization Is for Everyone: <https://www.youtube.com/watch?v=QP9x1NnCWNY>

Decolonizing the mind: <https://vimeo.com/86995336>

Indigenous Environmental Justice: https://www.youtube.com/watch?v=9FPrJ7W-O_o

Bioneers' Indigeneity Programme: <https://bioneers.org/indigeneity-program/>

Global Oneness Project: <https://www.globalonenessproject.org/library/collections/indigenous-cultures>

The AFN Education Toolkit: <https://education.afn.ca/afntoolkit/>

Udvikling og oprindelige folk: <https://www.survivalinternational.org/theroyougo>

Uddannelse og neo-liberalisme: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247328>

Fattigdom og oprindelige folk: <https://theecologist.org/2005/jul/01/new-emperors-old-clothes>

"A Thousand Suns" undervisningsplan: <https://www.globalonenessproject.org/library/films/thousand-suns>

Tre økologiske syndefald: <http://www.kulturverk.com/2015/07/16/naturen-er-hellig/>

Afsakralisering og modernitet: <http://www.perrickcurry.co/papers/Enchantment%20and%20Modernity%20for%20PAN.pdf>

Mary Evelyn Tucker interview: <https://www.globalonenessproject.org/people/mary-evelyn-tucker>

Counterproductivity: <https://wiki.p2pfoundation.net/Counterproductivity>

Jeanette Armstrong: https://en.wikipedia.org/wiki/Jeanette_Armstrong

EarthCare



Earth care

Denne time fungerer som en afslutning på undervisningsforløbet, men dele af den kan også bruges til at undersøge og diskutere bæredygtighed, omstilling og alternativerne til forbrugssamfundet uafhængigt af den virtuelle rejse. Som afrunding på rejsen rundt til naturens brændpunkter stiller timen spørgsmålet: hvad gør vi nu, når vi ved hvad vi ved, og hvordan passer vi på vores alle sammens klode? Hvordan står vi med benene solidt plantet i jorden midt i Den Store Acceleration?

Hovedformålet med timen er at give eleverne mulighed for at reflektere over forløbet og de spørgsmål der er opstået undervejs. Præsentationen er tænkt som en rammesætning af diskussionen, så der er ikke så meget nyt i den. Den information der præsenteres er med for at gøre samtalen skarpere og konkretisere hvad "nye relationer mellem mennesker og natur" kan betyde i praksis.

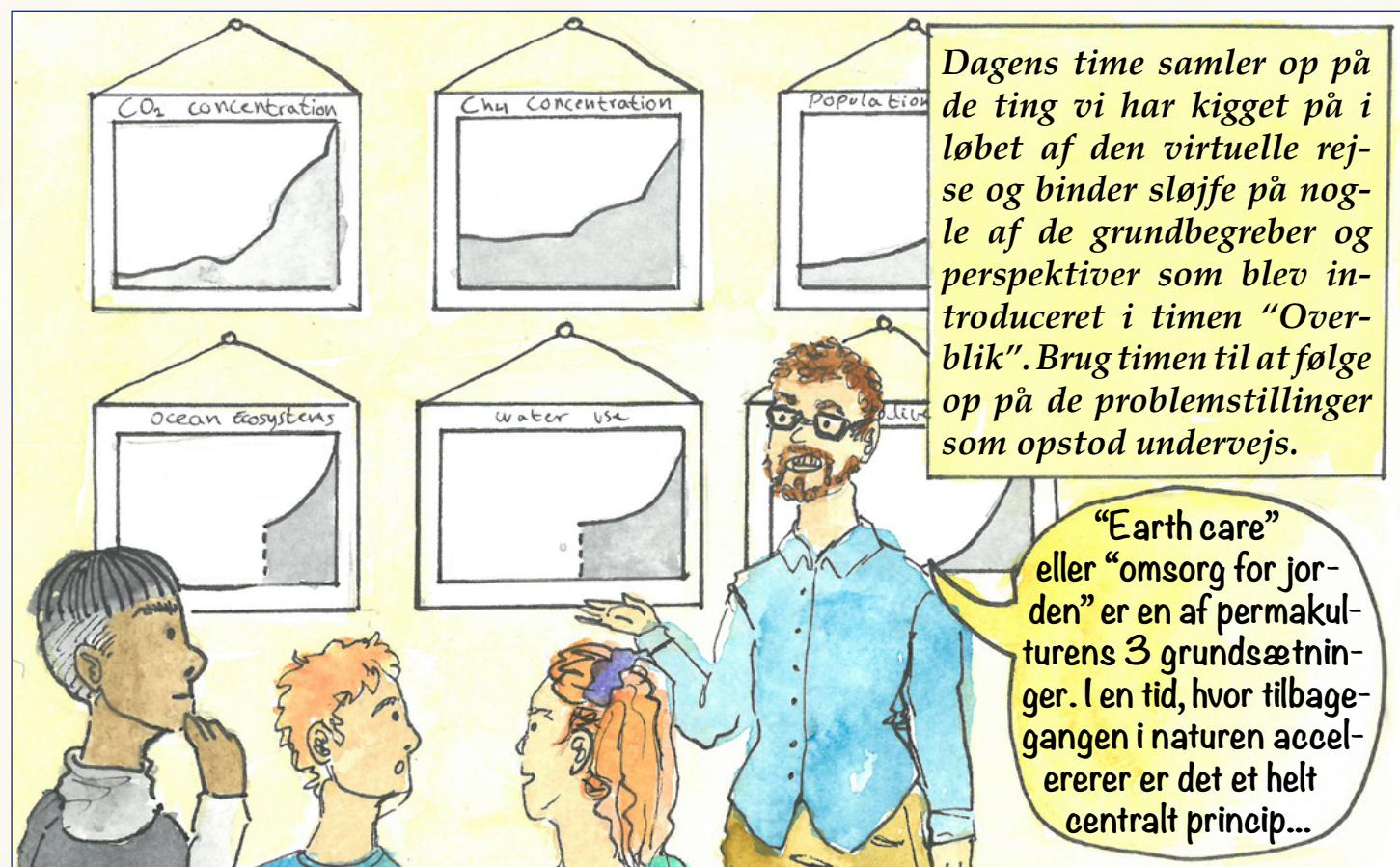
På den måde er selve undervisningsmaterialet underordnet. Hvis I kan have en diskussion om timens indhold uden at gøre brug af Prezi-præsentationen, så gør det – lav en dagsorden, sluk computeren, sæt jer udenfor og lad samtalen flyde.

FORSIDESLIDE: Introduktion til dagens time. Du kan fortælle at "earth care" er en af permakulturens etiske grundsætninger og indebærer omtanke i forhold til alle de valg vi tager, som individer og i fællesskab, der påvirker livet i og på Jorden. I dag spørger vi os selv og hinanden, hvad vi gør – og ikke gør – med det vi har lært i løbet af den virtuelle rejse.

1 Fortæl hvordan timen er bygget op. Det er vigtigt, at I får mulighed for at adressere eventuelle spørgsmål eller prob-

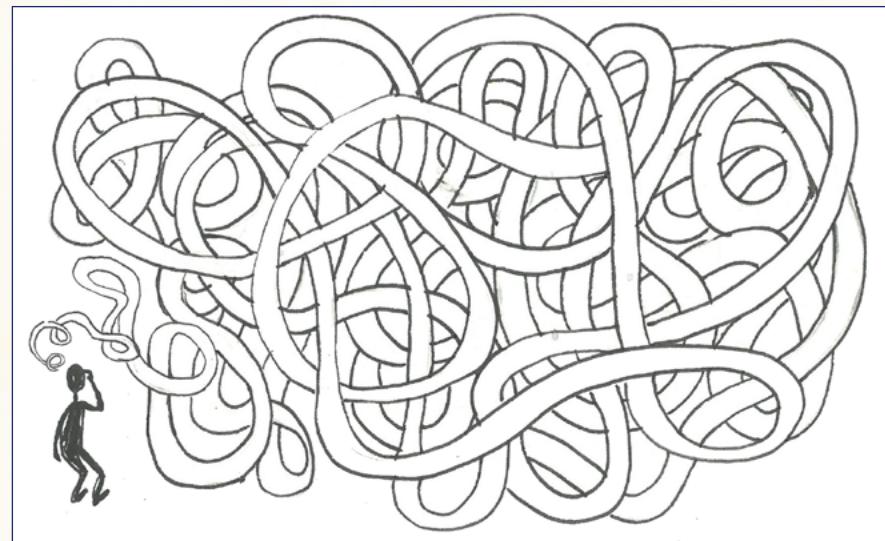
lemstillinger som er opstået de foregående timer. Den virtuelle rejse er kun én del af faget Kloden Kalder, så jeg plejer at bruge denne time som en del af afslutningen på samtlige aktiviteter vi har lavet.

2 Spørg eleverne hvordan de ser på Den Store Acceleration her ved afslutningen på vores virtuelle rejse gennem klodens brændpunkter? Brug spørgsmålene til at sætte gang i samtalen – dette er den måske vigtigste del af dagens time, så tag tiden til at høre, hvor eleverne står og følg med



hvor end diskussionen tager jer. Vent med at gå videre, før du er sikker på at diskussionen har nået et mætningspunkt – det er disse spørgsmål der er omdrejningspunktet for resten af timen og vi vender tilbage til dem undervejs.

I løbet af den virtuelle rejse har vi kigget på klimaforandringerne gennem forskellige linser. Du kan bruge de fem spørgsmål til højre på slide ② som en indgang til at diskutere, hvordan eleverne opfatter klimaforandringerne. Her kan du introducere **klimaforandringerne som et "uartigt problem"** (wicked problem). **Uartige problemer** er problemer der "er svære eller umulige at løse på grund af utilstrækkelige, modsatstredede og skiftende betingelser som ofte er svære at erkende". Du kan hente inspiration i [Mike Hulmes diskussion](#) af problemstillingen.

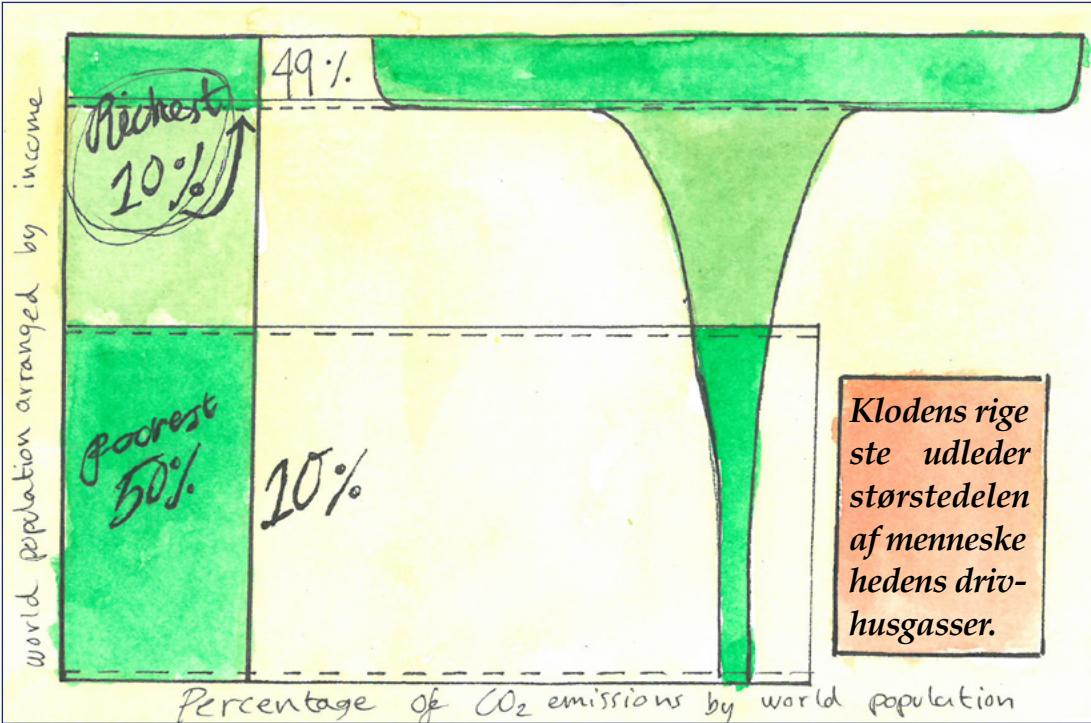


Et uartigt problem har ikke nogen enkel løsning, bl.a. fordi det udspiller sig i flere dimensioner og fordi løsningen afhænger af hvordan man anskuer problemet.

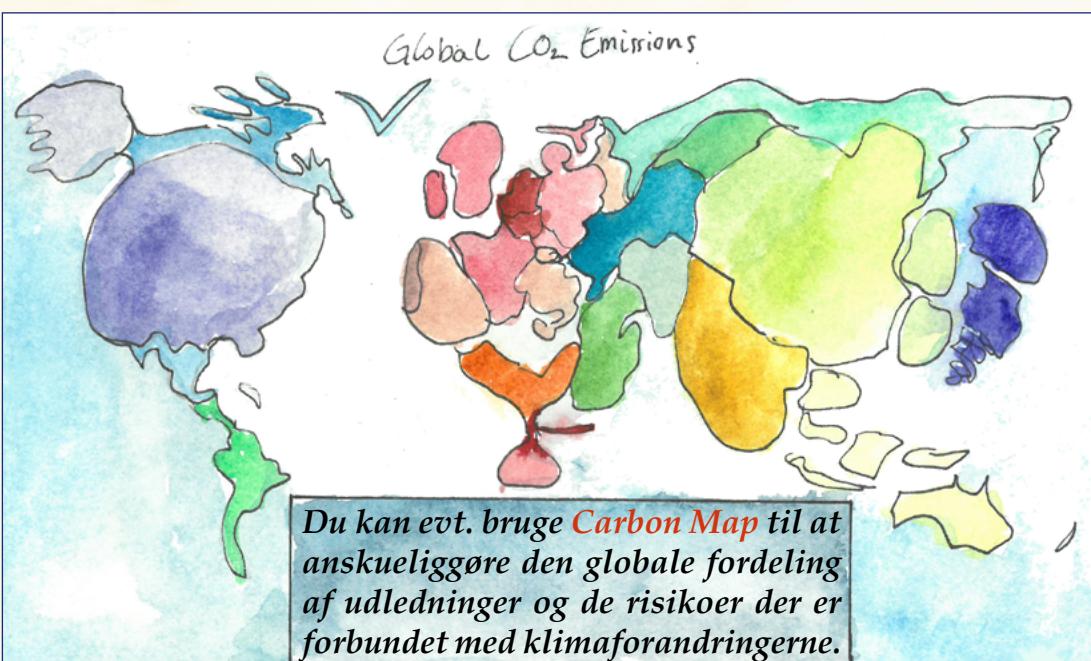
uden fossile brændstoffer. Hvordan ville vores selvopfattelse være anderledes? Du kan læse Blooms essay om petro-subjektivitet og finde mere baggrundsmateriale [her](#).

④ En anden måde at se problemstillingen på er ved at kontrastere industriel produktion og hjemmeproduktion af de fornødenheder vi har brug for. Denne skematik er hentet fra Bill Mollisons bog "[Permaculture – A Designers' Manual](#)". Brug illustrationen til at vise, hvor meget infrastruktur og energi der skal til for at opretholde industriel produktion af fødevarer. Du kan se Geoff Lawton forklare forskellen [her](#).





CO₂ udledninger fordelt på befolkning efter indkomst



CO₂ udledninger fordelt på lande

5 Som en konsekvens af industrialiseringen og den globale ulighed er det klodens rigeste, der står for langt størstedelen af menneskehedens CO₂-udledninger. Fra 1990-2015 stod de rigeste 1% for 15% af kumulative udledninger imens de rigeste 10% tilsammen stod for 52%. Du kan finde flere nøgletal i [denne rapport](#), som også kan bruges til en diskussion af vores ansvar som borgere i et højforbrugssamfund.

Vi kan ikke hver især bære hele ansvaret for klimaændringerne, men på den anden side bliver vi også nødt til at finde en måde at tage ansvar. Brug grafen til at understrege at det er en problemstilling som i højeste grad vedrører os – det gør en forskel om vi gør en forskel. Kan vi finde en attitude eller tilgang der kan hjælpe os med at stå i klimaændringernes uartige problemer som ikke har entydige løsninger? Her finder jeg Derek Rasmussens gyldne regel som han har formuleret i essayet "[Qallunology: A Pedagogy For the Oppressor](#)" anvendeligt. Denne diskussion overlapper med timen om "Etnosfæren", så her kan du trække tråde til det materiale.

6 Brug disse grafer til at perspektivere den globale CO₂ udledning og vores del som danskere. De fire illustrationer kan kobles til den foregående diskussion om ansvar. Du zoomer ind på hver af graferne ved at klikke videre i præsentationen:

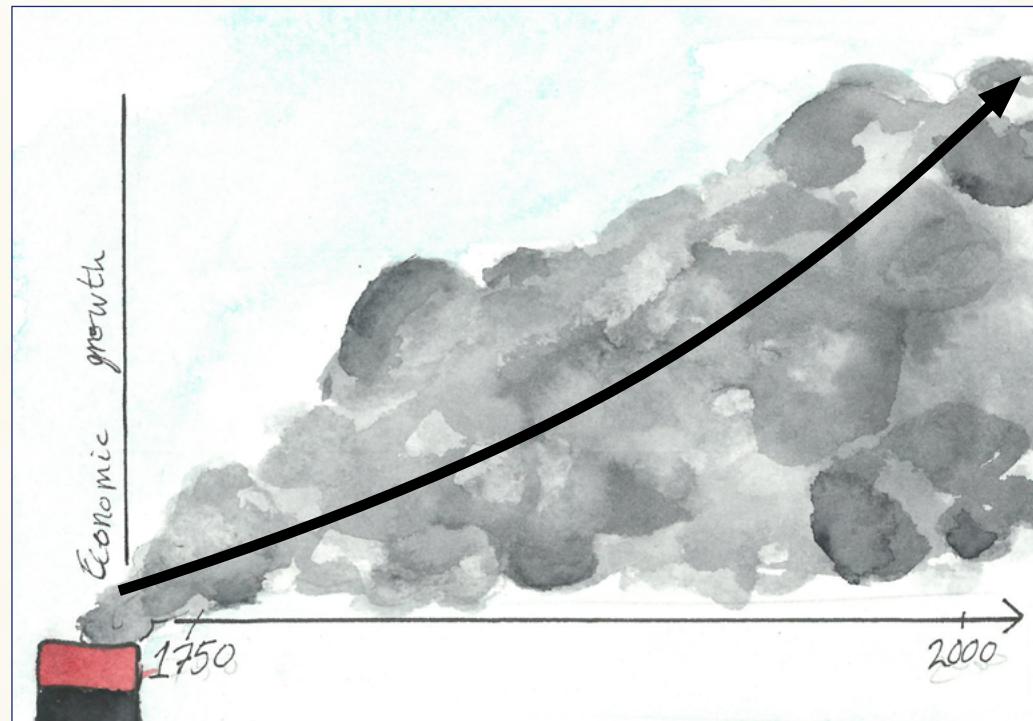
1. Samlede udledninger siden 1750 fordelt på lande og regioner. Du finder mere baggrund [her](#).
2. Udledninger siden 1990 fordelt på sektorer. Du kan læse mere om de forskellige sektorers udledninger [her](#).
3. Hvilke nationer udleder mest målt per indbygger? Se evt. [denne forklaring](#) af illustrationen.
4. Hvilke befolkninger udleder mest når man justerer for udledninger ved forbrug? Læg mærke til Danmarks position. Du kan finde de præcise tal for forskellige lande [her](#).

Udregningerne for hvor meget forskellige lande og befolkninger udleder varierer alt efter regnemetoden og hvilke drivhusgasser er medregnet. Man får et mere præcist billede af befolkningers reelle udledninger, hvis man medberegner international handel og den import/eksport af udledninger som følger med forbrug af varer der er produceret i andre lande – se f.eks. [denne artikel](#).

7 Danskernes udledning af drivhusgasser er blandt verdens højeste på ca. 19 ton per indbygger om året, ifølge tænk tanken Concito. **Bemærk:** dette tal er baseret på [denne rapport fra 2014](#) og er højere end andre opgørelser da udregningen medtager alle drivhusgasser og forbrug af varer produceret i udlandet. Rapporten fortæller samtidig at den gennemsnitlige udledning på verdensplan er omkring 6t CO₂.

Diskuter hvordan vores personlige udledninger er sammensat og stil de forskellige dele op imod hinanden (kategoriens "Offentligt" dækker over fælles infrastruktur som f.eks. veje og hospitaler). Her kan du evt. også gøre brug af Concitos [klimadatabase](#) som viser, hvor meget forskellige fødevarer belaster klimaet.

Når man tager den mængde kulstof vi kan udlede på globalt plan, hvis vi skal begrænse den globale opvarmning til 2 °C, og fordeler den på verdens befolkning, har vi i gennemsnit hver især **1,5 ton at gøre med når vi når frem til 2050**. Vi står altså overfor en omlægning af både vores fælles infrastruktur og personlige forbrug i en



Økonomisk vækst har historisk set hængt uløseligt sammen med forurening af atmosfæren. Spørgsmålet er om vækst kan afkobles naturødelæggelser eller om målet for økonomier skal ændres?

skala som er svær at forestille sig. Spørg eleverne, hvordan de tror vi hurtigst kan nedsætte vores CO₂ udslip? Hvad står i vejen og hvad hjælper (både psykologisk og materielt)? Hvad er det gode liv, hvis vi skal leve uden at belaste klimaet?

8 Det er vigtigt at perspektivere vores individuelle udledninger ift. det store billede. Klimaforandringerne er i høj grad en konsekvens af beslutninger taget af store multinationale selskaber, af lobbyisme og politisk hvidvask af forurening. Du kan hente mere baggrundsinformation om hvem de store udlere er i [Carbon Majors rapporten](#). Historien om [Exxon's bevidste manipulation af den offentlige debat](#) var den første der for alvor afslørede dybden af fossilindustriens bedrag (se også ["Exxon Knew" kampagnen](#)). Den danske dokumentar [Kampagnen mod klimaet](#) giver et godt indblik i historien.

9 Fortæl om koblingen imellem økonomisk vækst og CO₂ udledninger, og hvorfor vækst ikke er det samme som livskvalitet. En god indgang til dette emne er Tim Jacksons ["Prosperity without growth"](#), du kan evt. læse mere på [Centre for the Understanding of Sustainable Prosperity](#) eller se [Jacksons TED talk](#). Dette er et stort emne og en spirende debat, spørg eleverne om de har beskæftiget sig med emnet før? Mange har f.eks. hørt om [degrowth bevægelsen](#). Aalborg Universitet har lavet en fremragende introduktion til [økologisk økonomi](#), du evt. kan trække på.



Mennesker er holobionter

FORSIDESLIDE. Spørgsmål og pause. Hvor den første del opsummerede forskellige perspektiver på klimaforandringerne, kommer den sidste del ind på hvilke bevægelser og aktører arbejder for omstillingen til en retfærdig verden, hvor menneskers samfund er i balance med Jorden. En af fagets hovedpointer er at omstilling drejer sig om kultur i ligeså høj grad som politik, økonomi og teknologi: en transformation af vores verdensbillede og selvforståelse er nødvendig for at vi kan indgå i naturens kredsløb uden at ødelægge balancerne i de økosystemer vi er en del af.

Som introduktion til timens næste del, vender jeg ofte tilbage til historien fra begyndelsen af timen "Jordens system" om livets udvikling og mennesket som **holobiont** eller "et konsortium af organismer". Dette perspektiv, og kontrasten til synet på mennesket som et afgrænset individ, er et godt billede på den ændring i vores verdensbillede der skal til, for at de systemer vi udtænker og bygger kan blive bæredygtige. Denne fortælling bygger bro til de tiltag og det udsyn der præsenteres i næste del.

10 Her kan du dele nogle af de projekter, aktører eller tiltag som du selv finder mest inspirerende. Spørg eleverne hvilke af de projekter de er stødt på i løbet af undervisningen taler til dem? Hvad inspirerer dem til at handle og hvilke handlinger giver mest mening? Hvordan ser de på den grønne omstilling nu, efter den virtuelle rejse rundt på kloden, og hvilke "fronter" giver det mening at sætte ind på?

Stoffet der formidles i den virtuelle rejse peger på at Jordens klimatiske stabilitet er ved at erodere og at vi i dette århundrede står midt i en planetær transformation som vi ikke kan kontrollere eller vide hvor ender. Det er et voldsomt perspektiv og derfor er det vigtigt at have en fortløbende samtale om, hvordan vi står i dette perspektiv uden at gå under. Det er en samtale der ikke bør stå alene eller reserveres til en kort diskussion til sidst i forløbet. Du kan bruge dette slide til at væve nogle af de tråde sammen som I allerede har diskuteret undervejs.

Modgiften mod den afmagt og ensomhed som kan opstå i klimaforandringerne skygge, er fortællingen om de mange mennesker på kloden

Leadership is arising from the bottom up, not from the top down, and my metaphor for what we are seeing is that the movement represents humanity's immune response to political corruption, economic disease, and ecological degradation.

Paul Hawken



som vil det samme og arbejder for det samme mål. Her er **Paul Hawkens** bog **"Blessed Unrest"** en god indgang. Hawkens research anslår, at der findes en "unavngiven bevægelse" på omkring to millioner organisationer, der på den ene eller anden måde arbejder for social- og miljømæssig retfærdighed.

Afspil video (1:53 min), hvor Hawken beskriver denne unavngivne, globale bevægelse. Du kan i øvrigt finde flere bøger, film og artikler til dette emne i materialebanken.

11 Introducér organisationen **Bioneers** som arbejder for at skabe løsninger på klodens biokulturelle problemstillinger. Du finder flere videoer, podcasts og artikler i deres **medie-center** og på deres **YouTube kanal**. Afspil video (2:43 min) som giver et indblik i det paradigmeskifte der er i gang ift. regeneration af naturen.

12 Fortæl om Paul Hawkens initiativ **Project Drawdown**. "Drawdown" er det tidspunkt, hvor koncentrationen af drivhusgasser

i atmosfæren begynder at falde. Listen over de hundrede mest effektive måder at nå dette punkt, er den mest komplette oversigt over klimatiltag der findes. Du kan evt. besøge hjemmesiden sammen med eleverne og sammenligne de forskellige tiltag. Det er en spændende øvelse fordi det er tydeligt at omstilling ikke bare handler om "grønne" initiativer, men hænger sammen med kampen for social retfærdighed. F.eks. er pigers adgang til skole og kvinders ret til at bestemme over deres egen krop, en af de "løsninger" der har størst potentielle for at nedsætte CO₂-udledningen fordi det samtidig bremser befolkningstilväksten. Du finder også flere opdateringer og rapporter på hjemmesiden.

13 Projekter der **genskaber vilde områder** (rewilding) har vundet frem de sidste år, også **i Danmark**. På **europeisk plan** er der nogle store projekter i gang med at genskabe naturområder. I en **rapport fra 2021 konkluderer** forskere fra Nationalt Center for Miljø og Energi at rewilding i Danmark kan skabe mere variede plantesamfund og generelt øge biodiversiteten. Biologen E. O. Wilson har foreslået at vi **freder halvdelen af kloden** for at bremse tabet af biodiversitet og klimaforandringerne. Det handler altså om at værne om og bruge naturens egen evne til regeneration. Du kan fortælle om havets **"hvalpumpe"** som et eksempel inden du afspiller videoen (4:51 min).



At give alle piger på kloden adgang til en uddannelse er en af de mest effektive måder vi kan bremse CO₂-udledningen.



I aktiv rewilding genindfører man arter der oprindeligt hørte til i naturen. I Danmark har man f.eks. indført vilde heste, okser, elge og bævere. Mange rewilding projekter er åbne for offentligheden.

14 Der findes et stort potentiale for at nedsætte drivhusgasudledningerne i landbruget og tilmed gøre madproduktion CO₂-negativ (i dag opdyrkedes omkring 60% af det danske land og 80% af afgrøderne er dyrefoder). "Carbon farming" dækker over en række forskellige metoder til at binde CO₂ i jorden fra kompostering og pløjefrit landbrug til biokul. Du kan læse mere om carbon farming og regenerativt landbrug [her](#). Afspil video (12:19 min).

15 Fortæl om den demografiske udvikling og diskuter muligheden for at de yngre generationer udvikler et andet verdensbillede og mindset end de generationer, der industrialiserede verden. Hvordan



ser eleverne på det, og hvad kunne det betyde for hvordan fremtiden kommer til at udfolde sig? I den sidste video spørger **Charles Eisenstein**, hvilke historier guider vores handlinger. Du kan bruge videoen og **spørgsmålet den stiller** som indgang til den afsluttende samtale. Afspil video (4:36 min).

16 Videoen på den foregående slide berører nogle af de pointe vi har diskuteret i løbet af den virtuelle rejse. Hvis det er relevant, kan du kan bruge den til at runde nogle af disse samtaler. Ellers er denne slide med for at åbne op for en afsluttende samtale om hvordan eleverne ser på klimaet, naturen og fremtiden her ved rejsens ende? Vi har set eksempler fra forskellige steder i verden og undersøgt nogle af de alternativer der er tilgængelige for os her i Danmark – hvilke tiltag er særligt spændende? Hvilke idéer og eksperimenter vil eleverne tage med sig videre? Brug det sidste af timen på diskussion og tilbageblik. Hvordan denne diskussion afholdes er helt op til dig!

17 Henvis til hjemmesiden og baggrundmaterialet til dagens time.



Baggrundsmateriale

Fagmaterialer online

Prezi-præsentation: <https://prezi.com/view/3XWlw2eKCpv95hz1YS25/>

Materialebank: <https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-earthcare>

Permakultur

David Holmgren (2002) *Permaculture – Principles & Pathways Beyond Sustainability*, Holmgren Design Services

Om atstå i klimaforandringernes altomfavnende og gruopvækrende perspektiv

Esther M. Kjeldahl (2020) *Vi er sammen om at mærke det – Sådan finder du styrke, selvtillid og fællesskab i klimakampen*, People's Press

Visioner for et samfund uden vækst

John Holten-Andersen et al. (2016) *Livet efter væksten - samfundsvisioner i en omstillingstid*, Hovedland

Rewilding

Caroline Fraser (2010) *Rewilding the World: Dispatches from the Conservation Revolution*, Picador

En ny historie om klimaforandringerne

Charles Eisenstein (2018) *Climate – A New Story*,

Hyperlinks

Earth care: <https://www.permaculture.co.uk/articles/what-permaculture-part-1-ethics>

Klimaforandringer, et uartigt problem: <https://thewire.in/environment/climate-change-wicked-problem>

Uartige problemer: https://en.wikipedia.org/wiki/Wicked_problem

Mike Hulme, klima som uartigt problem: <https://www.theguardian.com/environment/2010/may/13/right-wrong-tackling-climate-change>

Petro-subjektivitet: <https://breakdownbreakdown.net/petro-subjectivity/>

Brett Bloom, essays og interviews: <https://breakdownbreakdown.net/>

Mollisons bog om permakultur: <https://www.permaculture.org.uk/principles/principles-permaculture-designers-manual-bill-mollison>

Geoff Lawton forklarer det industrielle æg: <https://www.permaculturenews.org/2019/04/19/industrial-eggs-vs-permaculture-eggs/>

Carbon Map: <https://www.carbonmap.org>

“Carbon inequality” rapport: <https://oxfamlibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/621052/mb-confronting-carbon-inequality-210920-en.pdf>

Qallunology: A Pedagogy for the Oppressor: <https://educationjournal.web.illinois.edu/archive/index.php/pes/article/view/1797.pdf>

Udledninger fordelt på regioner: <https://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2>

Udledninger fordelt på sektorer: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

Udledning per capita: <https://ourworldindata.org/per-capita-co2>

Udledning per capita justeret for forbrug: <https://ourworldindata.org/consumption-based-co2>

Artikel om import/eksport af udledninger: <https://www.carbonbrief.org/mapped-worlds-largest-co2-importers-exporters>

Concito om danskernes udledninger: <https://concito.dk/projekter/storre-trivsel-med-mindre-klimabelastning>

Rapport om verdens landes udledninger: https://www.truthstudio.com/content/CREEA_Global_Resource_Footprint_of_Nations.pdf

Den store klimadatabase: <https://denstoreklimadatabase.dk/>

1,5t CO₂ per indbygger i 2050: <http://shrinkthatfootprint.com/carbon-targets-for-your-footprint>

Carbon majors rapport: <https://climateaccountability.org/carbonmajors.html>

Historien om Exxon: <https://insideclimatenews.org/project/exxon-the-road-not-taken/>

Exxon Knew: <https://exxonknew.org/>

Kampagnen mod klimaet: <https://www.dr.dk/nyheder/webfeature/kampagnen-mod-klimaet>

Historisk sammenhæng mellem vækst og forurening: <https://eeb.org/library/decoupling-debunked/>

Kobling mellem vækst og CO₂: <https://skepticalscience.com/print.php?n=2446>

Vækst≠livskvalitet: <https://systemicalternatives.org/2014/04/23/prosperity-without-growth/>

Prosperity without growth: <https://timjackson.org.uk/ecological-economics/pwg/>

Centre for the Understanding of Sustainable Prosperity: <https://www.cusp.ac.uk/>

Tim Jacksons TED talk: https://www.ted.com/talks/tim_jackson_an_economic_reality_check

Degrowth: <https://www.degrowth.info/en/>

Økologisk økonomi: <http://www.ecomacundervisning.dk/>

Holobiont: <https://en.wikipedia.org/wiki/Holobiont>

Paul Hawken: <https://paulhawken.com/>

Blessed Unrest: https://www.goodreads.com/book/show/89998.Blessed_Unrest

Bioneers: <https://bioneers.org/>

Bioneers medie-center: <https://bioneers.org/media>

Bioneers YouTube kanal: <https://www.youtube.com/user/bioneerschannel>

Project Drawdown: <https://drawdown.org/>

Pigers uddannelse nedsætter CO₂: <https://drawdown.org/solutions/health-and-education>

Rewilding: <https://rewilding.org/what-is-rewilding/>

Rewilding i Danmark: <https://www.dr.dk/nyheder/viden/natur/rewilding-hitter-her-er-fire-steder-i-danmark-hvor-du-kan-se-store-vilde-dyr>

Rewilding i Europa: <https://rewildingeurope.com>

Rapport om rewilding i Danmark: <https://dce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/store-vilde-dyr-kan-vaere-en-billig-genvej-til-oeget-biodiversitet/>

E. O. Wilsons “Half-Earth Project”: <https://www.half-earthproject.org/>

Hvalpumpen: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/natures-solution-to-climate-change-chami.htm>

Dansk landbrug i dag: https://denstoredanske.lex.dk/Dansk_landbrug

Carbon farming: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_farming

Kompostering: <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/08/190814161818.htm>

Pløjefrit landbrug: https://en.wikipedia.org/wiki/No-till_farming

Biokul: <https://en.wikipedia.org/wiki/Biochar>

Carbon farming og regenerativt landbrug: <https://medium.com/bioneers/tagged/carbon-farming>

Demografisk udvikling: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/04/28/millennials-overtake-baby-boomers-as-americas-largest-generation/>

Charles Eisenstein: <https://charleseisenstein.org>

Eisensteins spørgsmål: <https://charleseisenstein.org/program/series/climate/>

Alternativer til forbrugssamfundet



Den virtuelle rejse er ét modul blandt flere på Kloden Kalder. Vi gør os også erfaringer med alternativer til forbrugssamfundet og undersøger hvordan vi skaber nye relationer til naturen. Se klodenkalder.com for mere inspiration til øvelser, eksperimenter med forskellige håndværk og gør-det-selv metoder der kan hjælpe med at nedsætte vores forbrug.





Jeppe Graugaard er lærer på Ry Højskoles Horisontlinje, hvor han underviser fagene Kloden Kalder, Verden Omkring Os, Livsrejse, Mærk Verden og Filosofisk Samtale. Siden 2008 har han beskæftiget sig med forskellige aspekter af klimatilpasning, grøn omstilling og bæredygtighed som samfundsfortælling. Han har en MSc Climate Change samt en PhD fra School of Environmental Sciences ved University of East Anglia og har tidligere arbejdet som miljøkonsulent. Han er medstifter af foreningen EarthWays, som arbejder for at bringe vores levevis i overensstemmelse med de grundlæggende betingelser for liv på Jorden. Mange af hans essays, interviews og online projekter er tilgængelige på patternwhichconnects.com.



Kloden Kalder er et open source læringsforløb der er tilrettelagt som en virtuel rundrejse til naturens brændpunkter.

Denne vejledning er en guide for undervisere, studerende og andre der gerne vil vide mere om klodens tilstand og de forandringer der kommer til at præge vores planet de næste mange hundrede år.

Forskellige aspekter af de globale forandringer i naturen undersøges i ni virtuelle præsentationer, som indeholder kortfilm, grafikker og debatoplæg.

Præsentationerne kan bruges som et grundforløb eller som inspirationsmateriale i undervisning om klimaforandringer, bæredygtighed og grøn omstilling.

