

Jordens system

Denne time er en introduktion til Jorden forstået som et selvregulerende system. Målet er at forstå naturlige systemers homøostase, de fundamentale dynamikker som regulerer atmosfæren og kulstofkredsløbets betydning for klodens temperatur. Dette er den mest tekniske, og derfor måske den mest krævende, time, men hvis vi kan forstå disse grundlæggende koncepter, har vi en grundforståelse der kan sætte resten af rejsen i det rette perspektiv. Det er derfor vigtigt at tage tiden til at forklare koncepterne indgående og tjekke elevernes forståelse. Timen slutter med et blik på, hvilke konsekvenser klimaforandringerne vil få for livet på kloden de næste hundrede år og hvordan deltagerne ser på fremtiden. Denne diskussion er måske den allervigtigste del af timen – afhængigt af gruppen. Det er svært at kigge på fremtiden uden at komme til at føle afnagt og det er vigtigt at snakke om. Derfor er der i mine timer som regel 30 minutter til en åben diskussion til sidst. Hvis ikke der er brug for diskussionen til sidst, kan man supplere med noget af det ekstra materiale der findes på klodenkalder.tumblr.com.

START (FORSIDE SLIDE): Introduktion til dagens time. Kæd gerne sammen med sidste time: nu går vi fra det store blik til at kigge på nogle af detaljerne omkring, hvordan temperaturen på Jorden reguleres, og hvilken rolle atmosfærens drivhusgasser spiller. Atmosfæren er omdrejningspunktet for denne time.

SLIDE 2 (TEKST): Introducer Amsterdam erklæringen. Læs den evt. højt sammen (<http://bit.ly/2q2loY3>) og sæt i videnskabshistorisk perspektiv (se f.eks. <http://www.futureearth.org/blog/2015-dec-14/evolution-earth-system-science>).

SLIDE 3-6 (BILLEDER + TEKST): Forklar hvordan Jorden som system består af fire sfærer som igen består af andre elementer.

SLIDE 7 (TEKST): Introducer tilbagekoblinger i systemer – brug eksempler fra det klimatiske system, evt. afsmeltning af is eller metan i permafrosten (<https://da.wikipedia.org/wiki/Tilbagekobling>).

SLIDE 8 (BILLEDE): Introducer negative tilbagekoblinger (https://da.wikipedia.org/wiki/Negativ_tilbagekobling).

SLIDE 9 (BILLEDE): Introducer positive tilbagekoblinger (https://da.wikipedia.org/wiki/Positiv_tilbagekobling).

SLIDE 10 (VIDEO): Afspil videoen "Feedback loops in nature" (5:10 min).

SLIDE 11 (TEKST): Introducer homøostase (<https://da.wikipedia.org/wiki/Hom%C3%B8ostase>)

SLIDE 12 (VIDEO/TEKST): Fortæl om James Lovelock (der findes en udmærket BBC dokumentar om ham: <https://www.youtube.com/watch?v=OqwZIDEZ9Ng>) og

Daisyworld (tråd til sidste time): selvregulering er ikke magi, men en kvalitet ved komplekse systemer (emergens: <https://da.wikipedia.org/wiki/Emergens>). Afspil video (6:44 min).

SLIDE 13 (GRAFER): Forklar, hvad der sker når naturlige systemers dynamiske balancepunkt bliver forstyrret (se f.eks. <http://oceantippingpoints.org/our-work/glossary>).

SLIDE 14 (TEKST): Introducer tipping points i det klimatiske system (se f.eks. Tim Lenton's artikel som populariserede begrebet: <https://www.pnas.org/content/105/6/1786>).

SLIDE 15 (BILLEDE): Diskuter hvor på kloden klimaforskerne forventer der eksisterer "tipping points". Spørg om deltagerne har hørt om nogle af dem?

SLIDE 16 (FORSIDESLIDE): Tag en puster og tjek forståelsen. Hvis de har forstået tilbagekoblinger, homøostase og tipping points, har de forstået de grundlæggende mekanismer der skal til for at forstå rigtig meget af det klimatiske system! Hvis der er brug for det hent en kop kaffe eller hold en kort (max. 5 min!) pause.

SLIDE 17 (BILLEDE): Forklar lidt mere indgående om atmosfærens rolle i klimasystemet (se f.eks. <https://www.experimentarium.dk/klima/drivhuseffekten>) og introducer idéen om klodens "strålingsbalance" (se f.eks. denne forklaring: <https://www.youtube.com/watch?v=t9B8gG0tJzo>).

SLIDE 18 (VIDEO): Et blik på, hvordan CO₂ opfører sig i atmosfæren i løbet af et år. Jeg skruer altid helt ned for lyden og forklarer lidt om, hvad vi ser. Læg især mærke til, hvor på kloden CO₂en befinder sig og hvornår den udløses i større mængder. I den nordlige halvkugles sommer- og vækstperiode trækkes der mere CO₂ ned end der frigives (OBS: skovene i Siberien er afgørende for, hvornår dette kan ses på illustrationen: vi er helt henne i juni før effekten slår ind). Afspil video (3:10).

SLIDE 19 (BILLEDE, VIDEO & TEKST): Fortæl om hvordan mængden af CO₂ i atmosfæren reguleres af kulstofkredsløbet (se f.eks. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate-education-resources/carbon-cycle>, humlen her er at forstå den konstante udveksling af kulstof til og fra atmosfæren). Afspil video (2:55).

SLIDE 20 (GRAF): Forklar sammenhængen imellem CO₂ i atmosfæren og klodens middeltemperatur (https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_temperature_record).

SLIDE 21 (GRAF): Vis hvordan temperaturen er steget i takt med niveauet af CO₂ i atmosfæren de sidste 140 år.

SLIDE 22 (GRAF): Jeg har inkluderet denne graf og linket til Our World in Data fordi der af og til er nogle der gerne vil vide mere om hvordan vores CO₂ forbrug er fordelt på lande, befolkningsgrupper og sektorer. Det er ikke vigtigt at gå i dybden med dette nu, og det kan være at der bare er brug for at få hovederne ud af graferne, men Our World in

Data har nogle fremragende grafer der illustrerer hvordan udspecificerer CO2 udslippet.

SLIDE 23 (forsideslide): PAUSE. Du kan forsikre gruppen om at de ikke vil blive udsat for flere tekniske forklaringer! Efter pausen kigger vi på hvad det hele betyder for klodens fremtid.

SLIDE 24 (TEKST): Fortæl om lidt om hvordan det internationale samfund arbejder med klimaforandringer under UNFCC (https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Framework_Convention_on_Climate_Change) og hvad IPCCs rolle er (https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change). Det vigtige er at deltagerne forstår målet med at holde den globale opvarmning til 2 grader C (se f.eks. <https://theconversation.com/why-is-climate-changes-2-degrees-celsius-of-warming-limit-so-important-82058>).

SLIDE 25 (GRAF): Forklar fremskrivningerne af CO2 i atmosfæren og klodens middeltemperatur (og IPCC som et konservativt estimat). Brug 2100 som holdepunkt.

SLIDE 26 (TEKST, GRAF, VIDEO): Forklar hvordan man forventer at stigningen på 2 grader C hænger sammen med en stabilisering af CO2 i atmosfæren på 450 ppm. Introducer konceptet "kulstofbudget" (carbon budget) og vis videoen (stop ved 4:46 min når Kevin Anderson kommer til forklaringen om NET). Pointen her er at de politiske mål om at begrænse den globale opvarmning til 2 grader ikke er forankret i det videnskaben siger og samtidig forlader så på Negative Emission Technologies der ikke findes endnu.

SLIDE 27 (TEKST): Diskuter chancerne for at kunne begrænse opvarmningen til 1,5 eller 2 grader C.

SLIDE 28 (TEKST, BILLEDER, VIDEOER): Hvad kan vi forvente? Forklar usikkerheden og kæd sammen med diskussionen af tipping points. Hvor findes det klimatiske systems næste balancepunkt? Afspil den første video (4:46 min) som handler om konsekvenserne af 1,5-4 graders opvarmning. I video 2 (3:11 min) forklarer forskellige klimaforskere hvordan de ser betydningen.

SLIDE 30 (BILLEDER & TEKST): Diskussion. Hvordan forholder I jer? Hvordan forholder vi os sammen? 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 påvirker dem lige nu og her. Der kan komme mange tanker og følelser i spil, så det er vigtigt at være forberedt på at rumme dem og samtidig være klar til at indgyde lidt realistisk håb! Min tilgang til fremtiden (se f.eks. <https://patternwhichconnects.com/blog/giving-up-hope/>) og mit syn på samtalen (se f.eks. <https://patternwhichconnects.com/blog/nar-svarene-er-sluppet-op/>) kan måske være til inspiration, men det er en ny samtale hver gang den opstår. Nogle gange er der ikke så meget at sige fordi deltagerne er i deres egen proces – så kommer det som regel op til overfladen i løbet af de næste timer. Det er min erfaring at diskussionen tager omkring 30

minutter med de fleste grupper (men det afhænger lidt af størrelsen på gruppen). Jeg fortæller altid om de mange mennesker rundt om på kloden der arbejder for at vende udviklingen og om hvad vi skal lave i vores undersøgelser af alternativerne til forbrugssamfundet.

SLIDE 31 (TEKST): Henvisninger til mere baggrund om dagens emner.

Du kan finde mere inspirationsmateriale ved at søge på "kk-earthsystem" på fagets Tumblr-side (<https://klodenkalder.tumblr.com/search/kk-earthsystem>).