

Mikrolivet i mudderet

maj 2020
Nicole Posth

Læringspointer

- Jeg kender mikroorganismernes systematiske tilhørsforhold
- Jeg kan forklare hvordan de har bidraget til at forme miljøet vi lever i og fortsat gør det.
- Jeg kan perspektivere mikroorganismer mhp deres rolle som mulig hjælper i forbindelse med miljø- og klimaudfordringer.



Mikrober har været på jorden i milliarder af år

Livet har været en del af Jordens udvikling i det meste af planetens historie ...

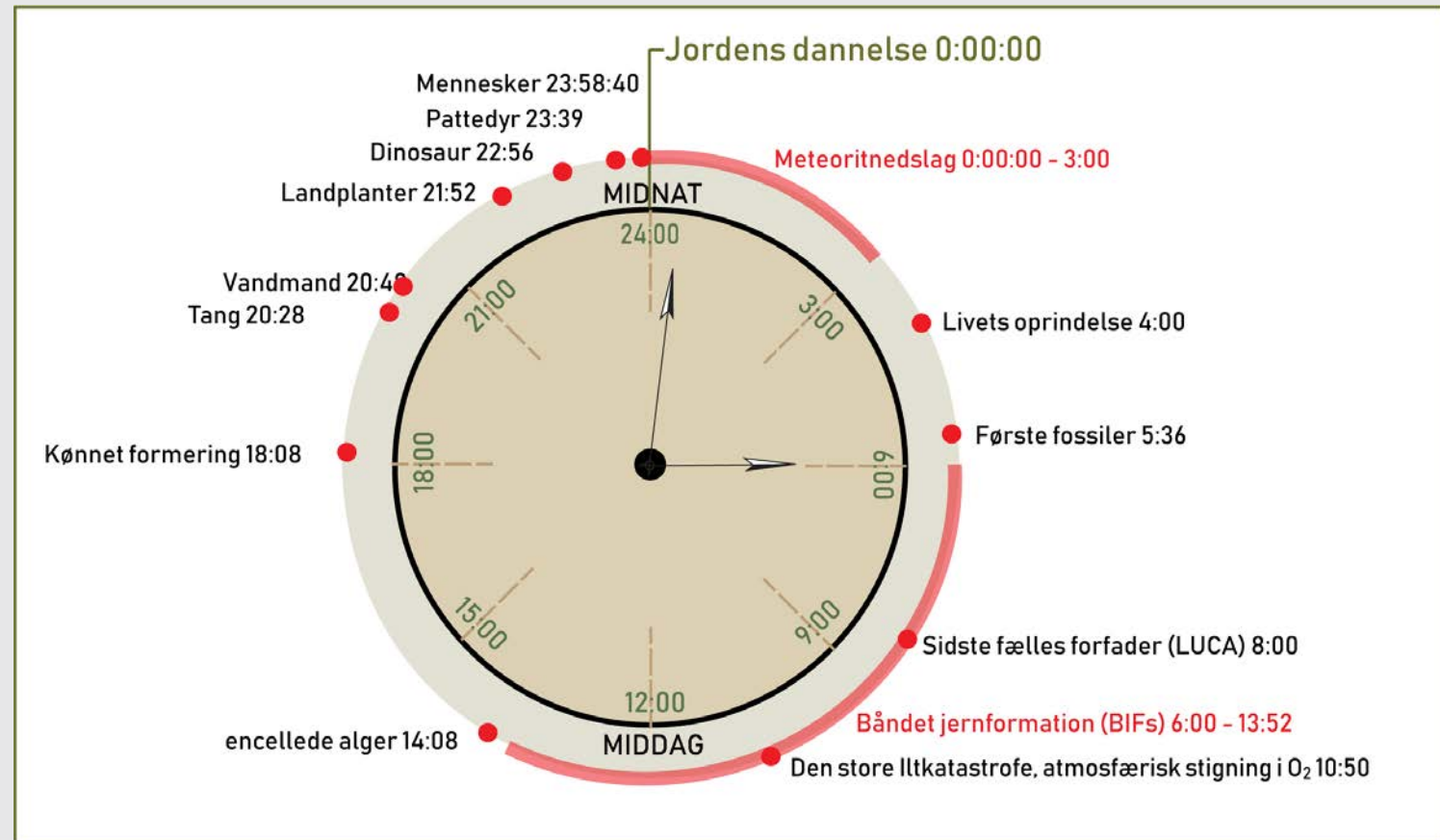


Mikrober har været på jorden i milliarder af år

Geologisk tid er svær at forstå.

Hvis Jordens historie er som et ur med 24 timer, så opstår *mennesket* det sidste minut af de 24 timer.

Mens *de ældste mikrober* opstår i de første timer – for over 3 milliarder år siden



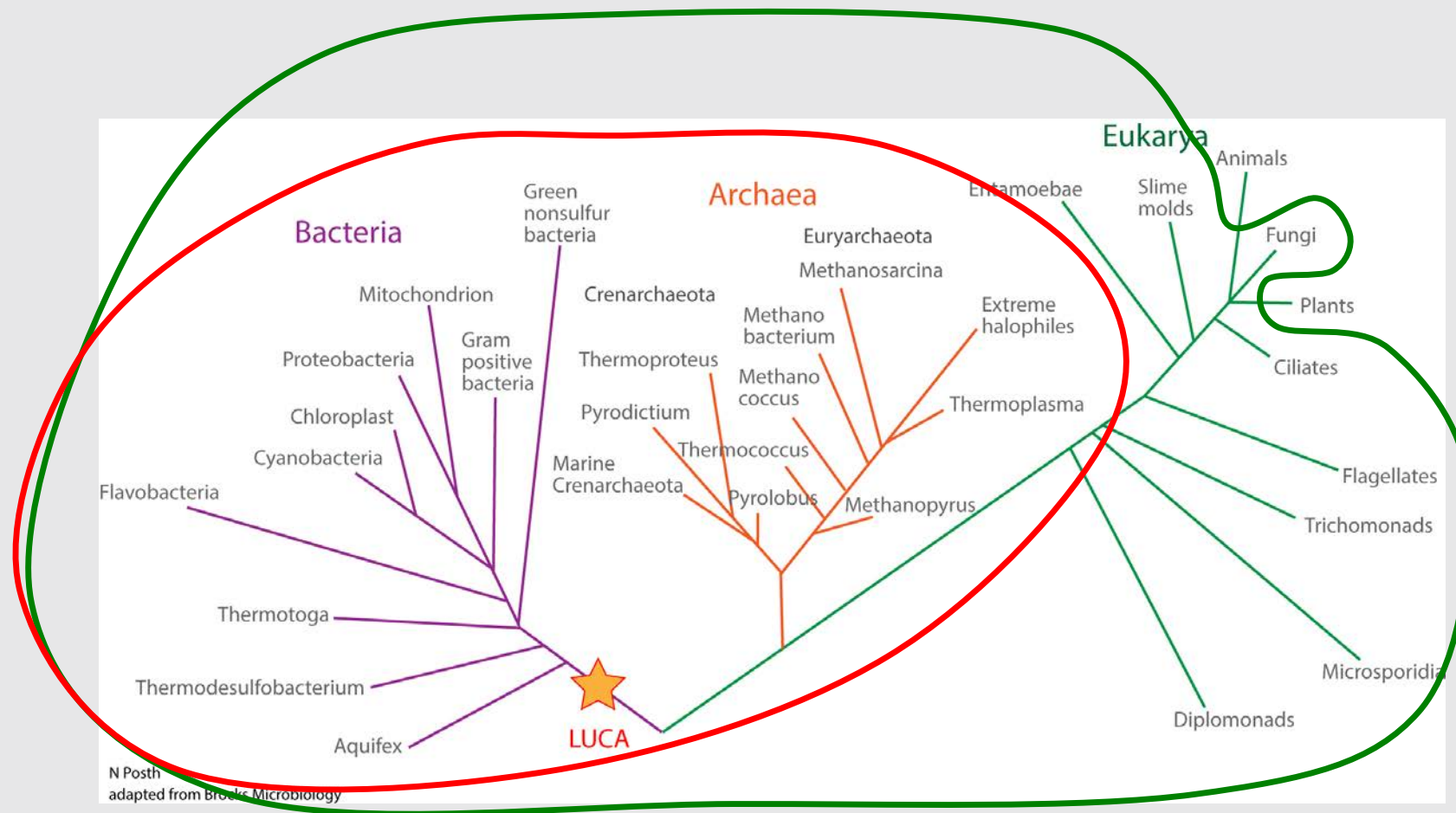
Mikrolivet på Jorden

Gennem de mange millioner år har mikrolivet tilpasset sig mange forskellige miljøer - nogle ekstreme:

- Polarområder
- Vådområder
- Dybhavet
- Iltfattige miljøer



Livets træ



Mikroorganismer udgør størstedelen af de levende organismer på jorden
 ...alle bakterier og archaea/Arkæer samt de fleste eukarya/Eucaryoter

Hvad kræver livet

Diskuter med din sidemakker

Lav en kort liste over de grundlæggende ting organismer har brug for at overleve. Diskuter med klassen...



Hvad kræver livet

- energikilde
 - lys
 - kemiske reaktioner
- kunne trække vejret /respiration
 - Aerob – med ilt
 - Anaerob – med nitrat, sulfat eller svovlforbindelser
- kulstof for biomasse
 - organisk C
 - CO₂



Mikroorganismer indgår i flere stofkredsløb



Ilt-respiration



Photo: E Robertson

Svovl-respiration



Photo: A Kappler

Jern-respiration

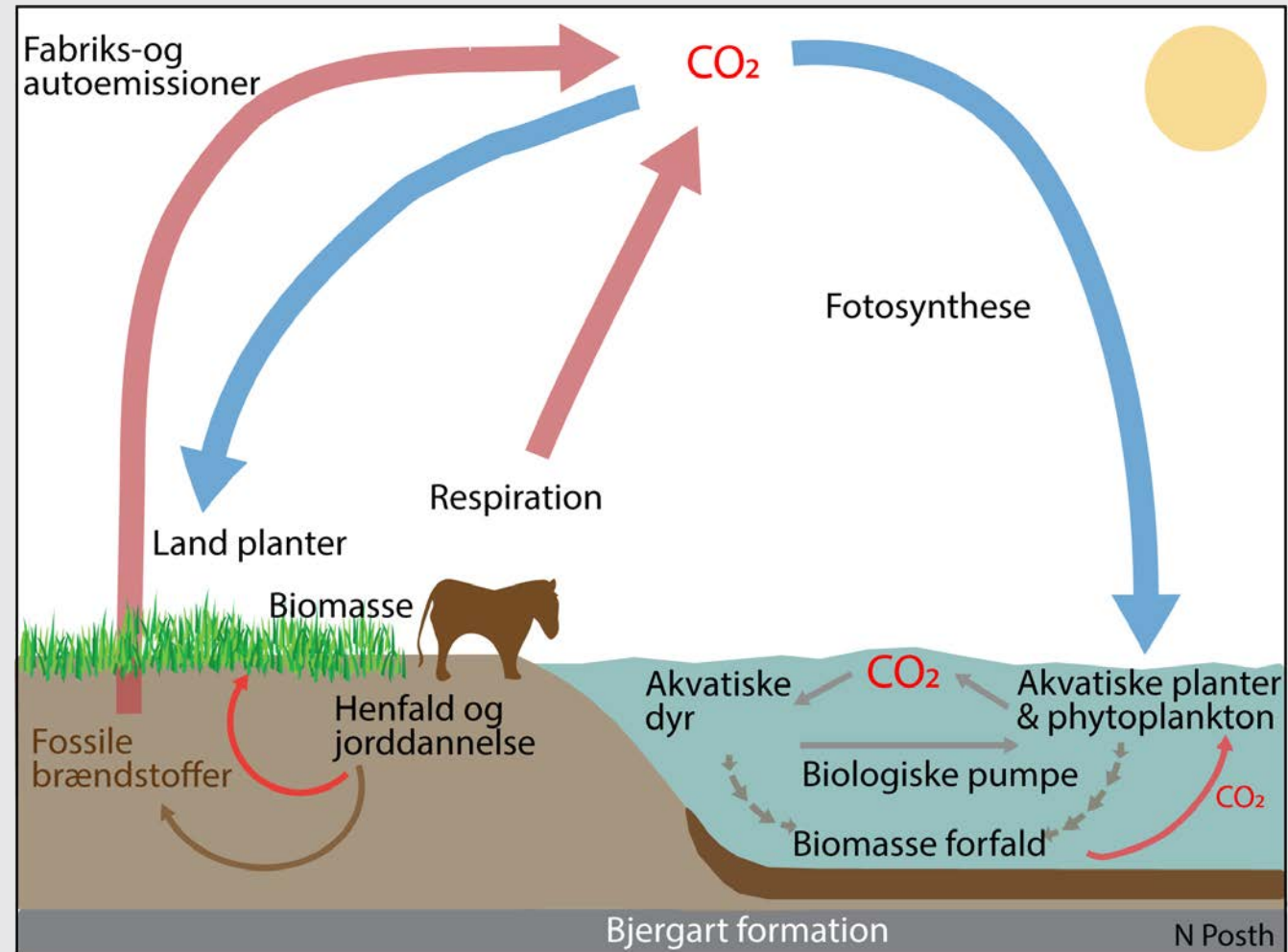


Arsenate-respiration

Mennesket benytter ilt for at respirere. Mikroorganismer kan lave anaerob respiration med mange forskellige kemiske forbindelser og kan respirere med mange forskellige oxidationsmidler f.eks. svovl og jern.

Mikroorganismer indgår bl.a. i disse kredsløb:

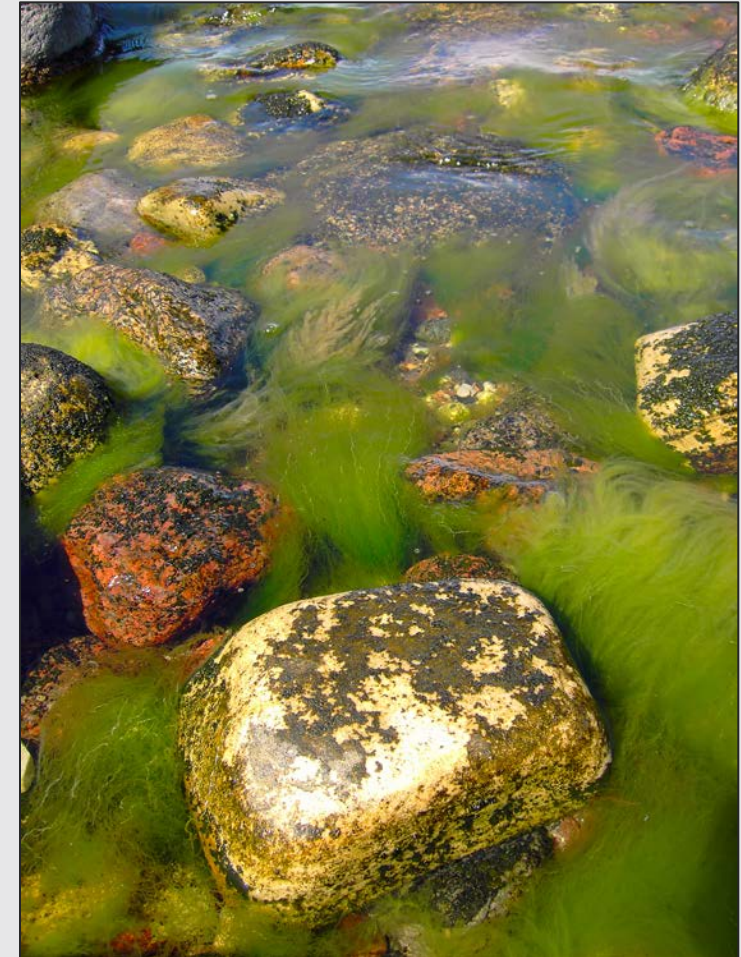
- Kulstofkredsløb
- Kvælstofkredsløb
- Iltkredsløb
- Svovlkredsløb
- Jernkredsløb



Hvad laver mikroorganismene i stofkredsløbene?

Mikroorganismer:

- Oxiderer og reducerer stoffer
- Bygger biofilm (en film af bakterier)
- Opløser mineraler
- Skaber mikro- og makromiljøer



Mikrober har arbejdet i stofkredsløb i milliarder af år på Jorden

Milliarder år gamle båndet jernstensformationer, kaldet (BIF, **B**anded **i**ron **f**ormations), bruges som optegnelser over Jordens udvikling. Det menes, at de er dannet af noget af det tidligste mikroliv.



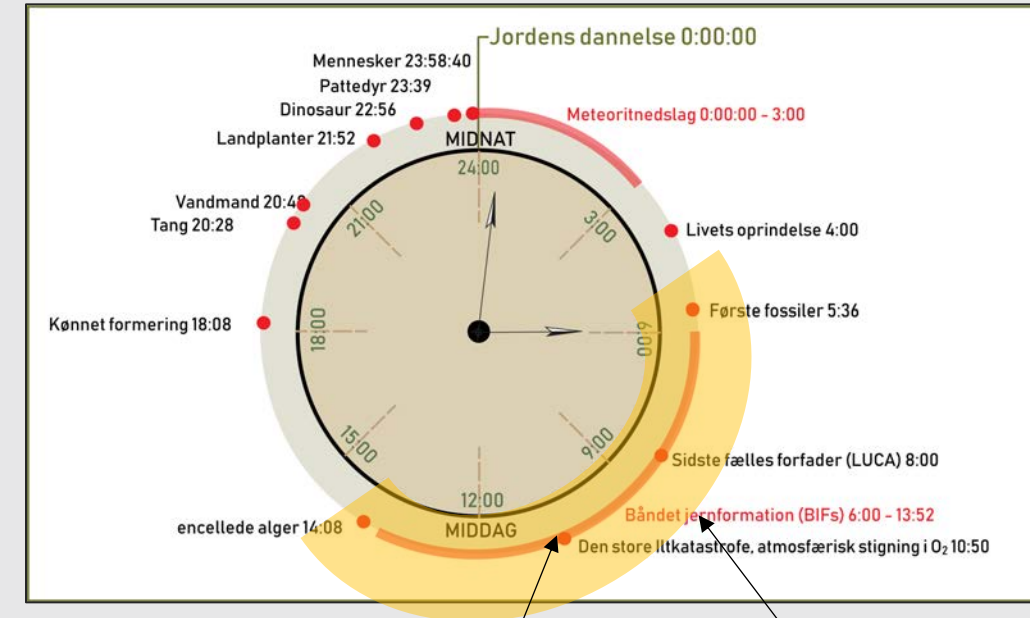
3 milliarder år gamle BIF, White Mfolozi Gorge, Sydafrika

Hvis vi forstår hvordan BIF blev dannet, kan BIF'er fungere som målestok for Jordens udvikling (som årringe i træ).

BIF blev dannet i urhavet, hvor jernforbindelser blev oxideret.

Men BIF blev dannet for meget længe siden – og *før* vi havde ilt i atmosfæren.

Så hvordan blev jernet i BIF oxideret?

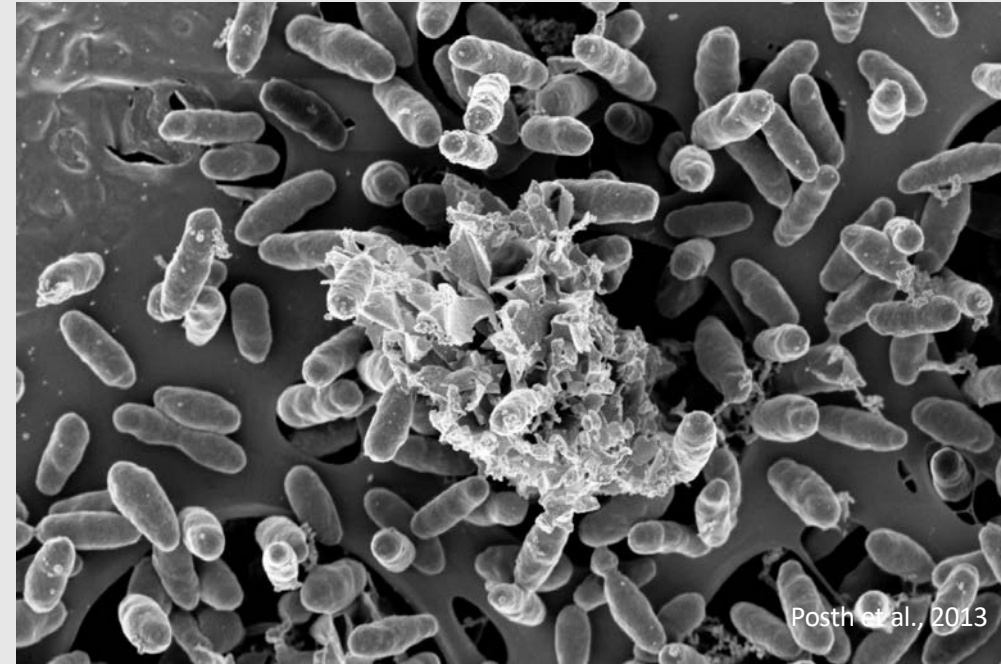


BIFs dannelse

Atmosfærisk stigning i O₂

Måske blev BIF dannet af mikroorganismer (jernoxiderende fotosyntetiserende cyanobakterier):

Mikroorganismene benyttede den lettilgængelige energi i jernforbindelser (Fe^{2+}) i havvandet i anereob respiration og dannede røde jernoxider $\text{Fe}(\text{OH})_3$ som restprodukt - ligesom vi danner CO_2 når vi respirerer aerobt.

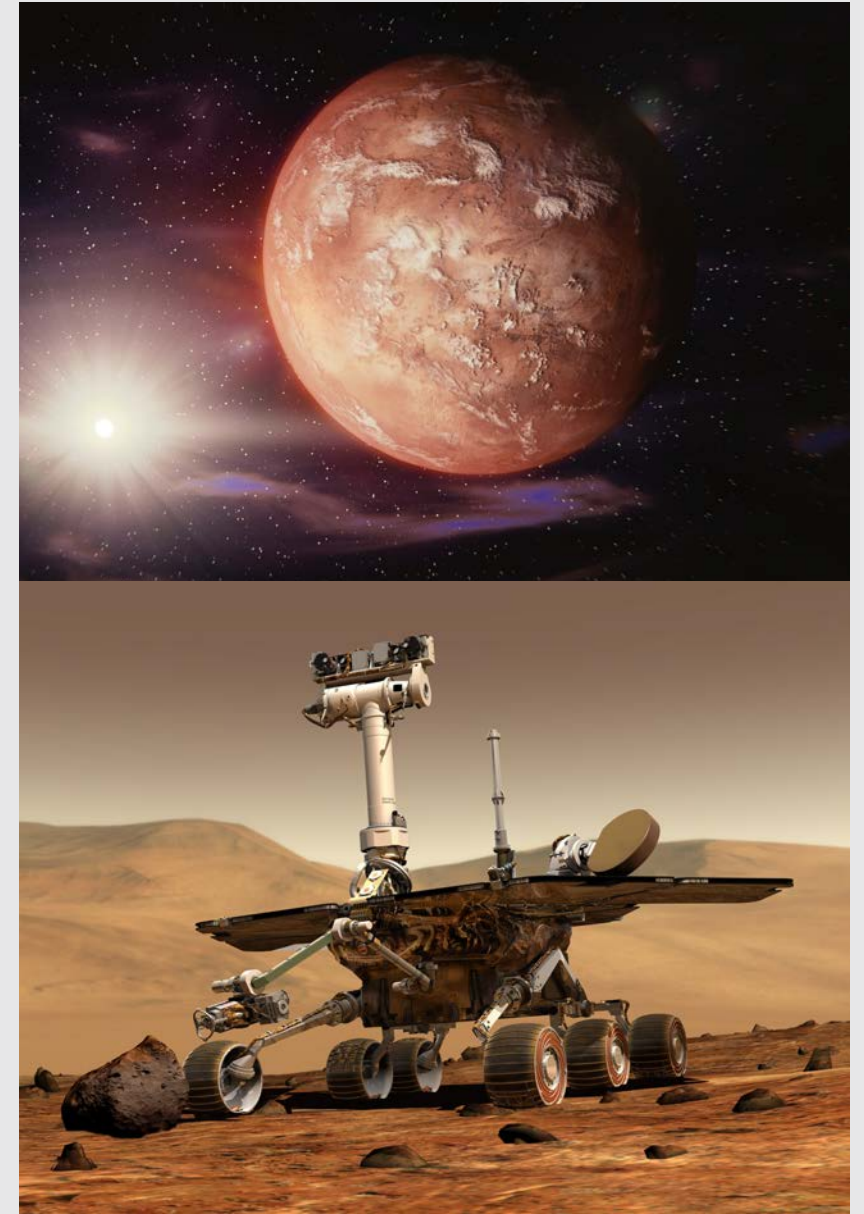


Kan disse gamle organismer have aflejret så enorme bjergformationer for milliarder af år siden?

Mikrober har gjort dette i årtusinder på Jorden ... og muligvis på andre planeter

Meget af forskningsindsatsen på Mars er fokuseret på liv og grænser for liv.

Forståelsen af mikroliv i stofkredsløb på Jorden er grundlæggende for denne indsats.



Mikroorganismer i miljøet

Mikrober spiller en nøglerolle i oprensning af forurenende stoffer og en bæredygtig fremtid

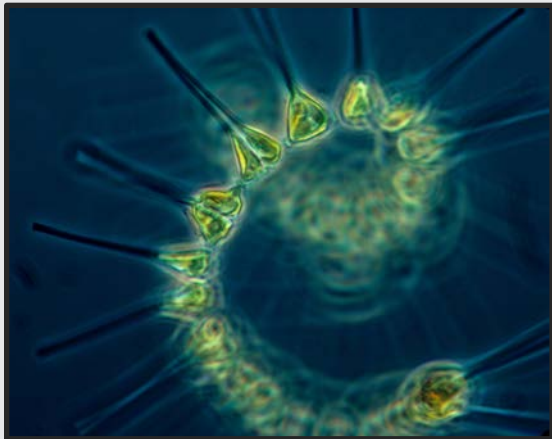


Mikroorganismer fjerner CO₂ fra atmosfæren og reducerer drivhusgasser

Mikroorganismer har nøgleroller i production/forbrug af drivhusgasser, dvs. kuldioxid og metan.

Havlevende mikroorganismer (fytoplankton) binder 50% af den globale CO₂ via fotosyntese.

Der er mikroorganismer i havbunden (methanotroph og methanogener) som er vigtige forbrugere og producenter af metan.



Fordi marine mikroorganismer er fordelt over store havoverflader og har hurtig omsætnings hastighed, giver det mulighed for hurtigt at reagere på klimaændringer på verdensplan.

Hvis vi forstår og anvender mikroliv, kan det hjælpe os ved f.eks.:

1. Forbedrede landbrugsresultater
2. Produktion af biobrændstoffer
3. Oprensning af forurening. Mikrober kan fjerne forurenende stoffer i jord og vand gennem processer som:
 1. Udfældning
 2. Nedbrydning



Et eksempel: Mikroorganismer og drikkevand forurenet med arsen (As)

- Flere steder i verden (fx Bangladesh og Indien) er drikkevand forurenet af arsen
- Mikroorganismer kan frigive arsen bundet i mineraler til grundvandet, men de kan også aktivt transformerer farlige arsen-forbindelser til ufarlige forbindelser, og stimulere mineraliserings processer. På den måde kan drikkevandet blive filtreret og ikke længere være skadeligt for mennesker.



Et andet eksempel: Mikrolivet og *Plastisfæren*

Plast i havet findes ofte dækket med liv: fra mikroorganismer til havdyr, som muslinger. Dette er *Plastisfære*: en ny marin økologisk niche oprettet med introduktionen af plast til miljøet

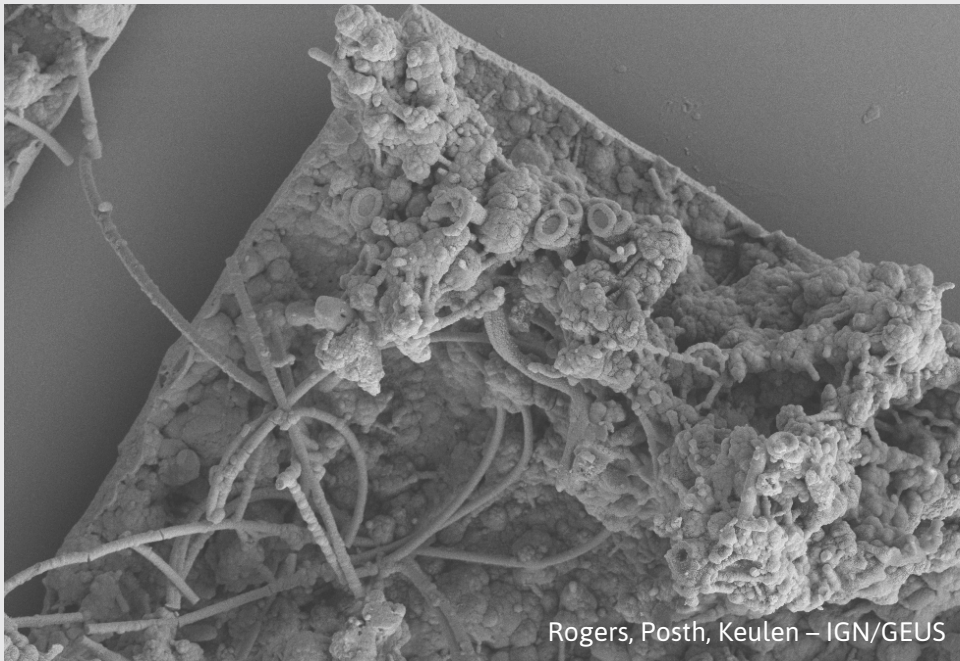


Biologisk nedbrydning af plast

Forskere har nu fundet en række mikroorganismer, der nedbryder plast i miljøet.
Hvor effektiv er dette?
Kan dette udnyttes til vandbehandling?



Foto: JA Carreres-Calabuig



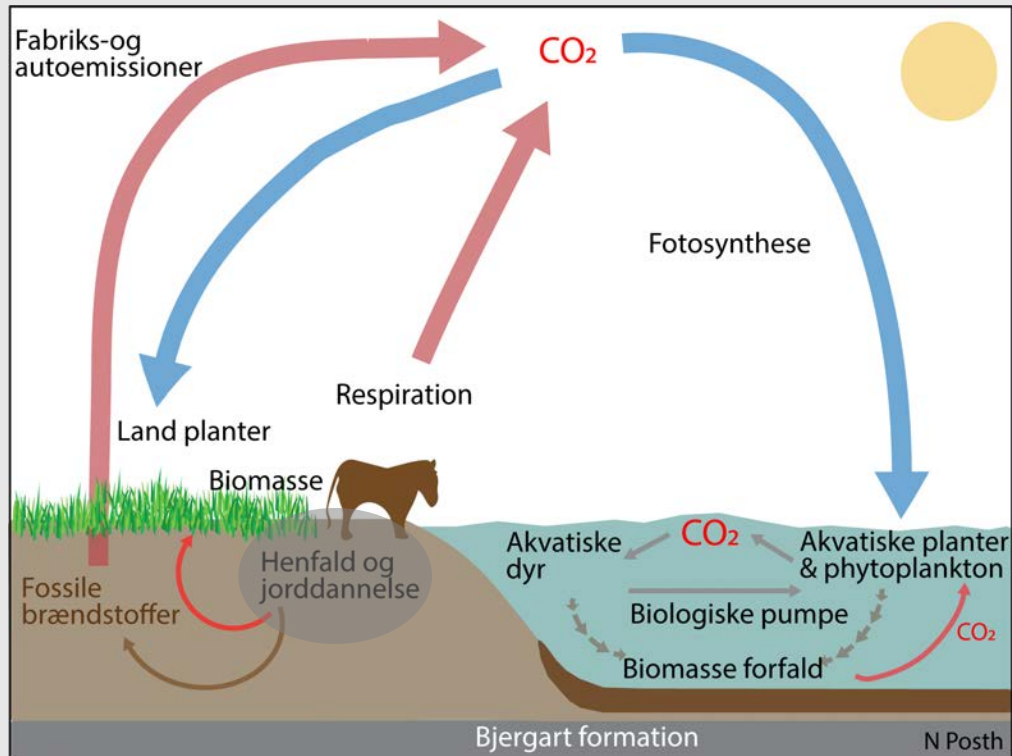
Rogers, Posth, Keulen – IGN/GEUS

Et stykke plast, der har svømmet i vandet i Svanemøllenhavn i 1 år, er dækket af mineraler og biofilm, som mikroorganismer har produceret.

Hvad laver biofilmen:

1. Får plast til at synke/flyde?
2. Gør plast "velsmagende" for f.eks. fisk?
3. Nedbryder plast?

Disse spørgsmål er alle en del af den aktuelle forskning



Biologisk nedbrydning af organisk stof er nedbrydningen af polymerer til monomerer til fedtsyrer, kuldioxid og brint i nærvær og fravær af ilt:

Organisk stof (CH_2O) $\longrightarrow$ kuldioxid + vand + brint (H_2)

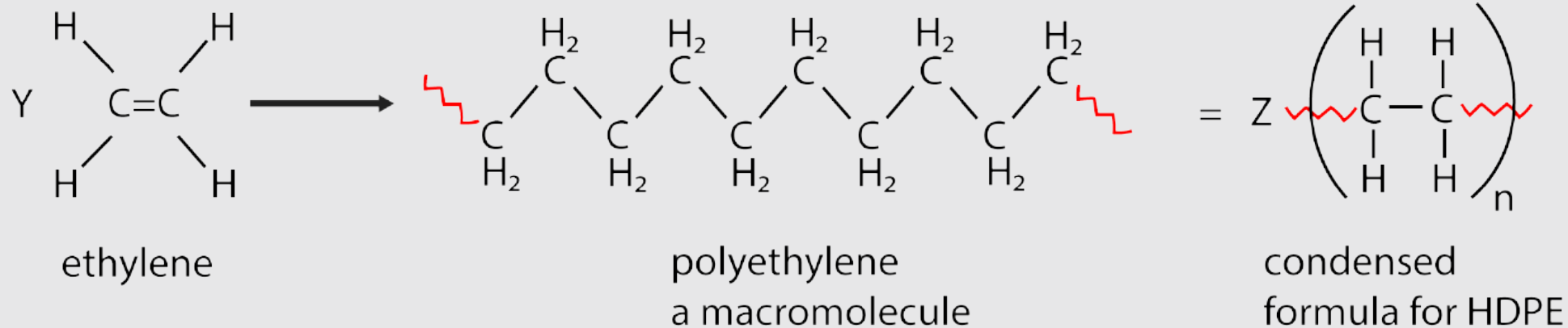
Polymerer $\rightarrow$ monomerer

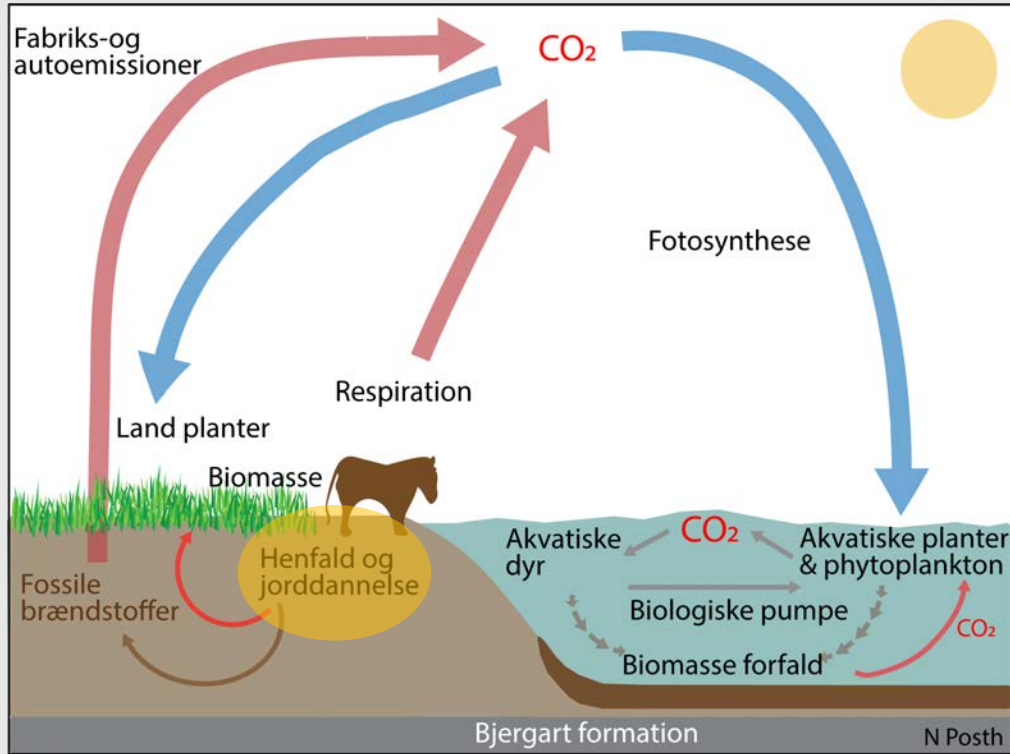
$\nearrow$ Fedtsyrer + CO_2 + H_2 (uden ilt)

$\searrow$ CO_2 + H_2 (med ilt)

Plaststruktur – polymerer

Hvad er polyethylene (PE)?





Kan bakterier nedbryde
plast i miljøet, ligeså
godt som de kan
nedbryde andre
polymerer?

PLAST?

Polymerer → monomerer

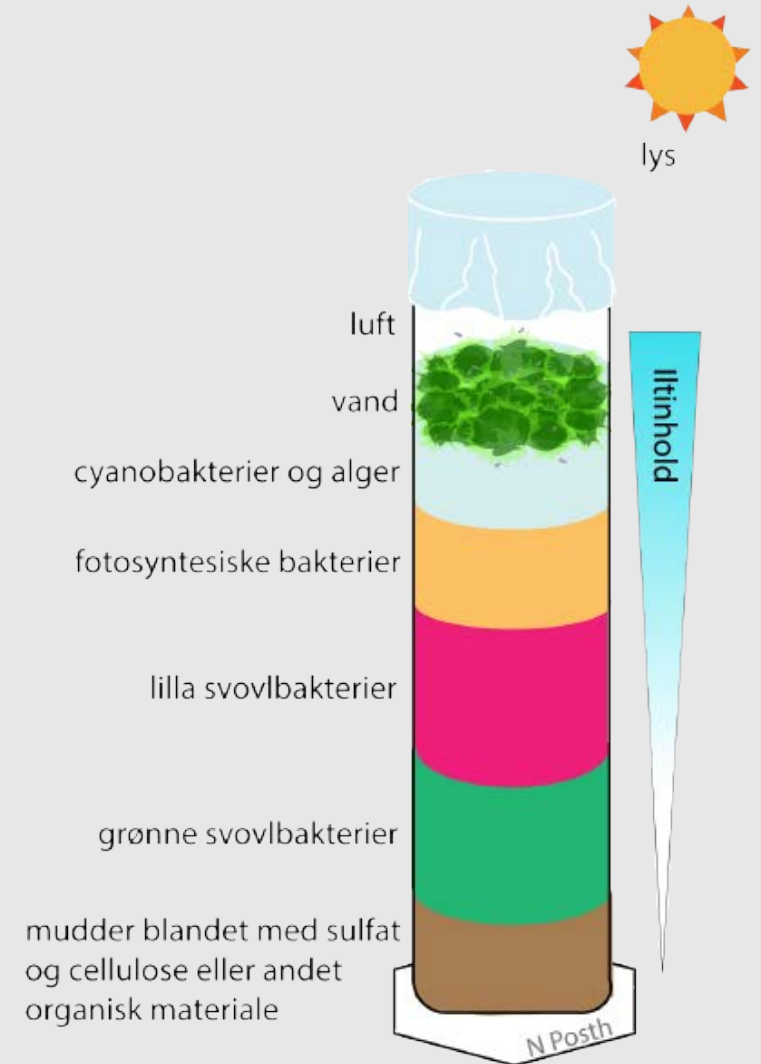
Organisk stof (CH₂O) → kuldioxid + vand + brint (H₂)

→ Fedtsyrer + CO₂ + H₂ (uden ilt)

→ CO₂ + H₂ (med ilt)

Sådan kan I selv undersøge emnet i naturen:

1. Byg en Winogradsky-Søjle og se hvordan mikroorganismer kan etablere biogeokemiske stofkredsløb (se øvelse).
2. Gå langs stranden, indsamle plastaffald og registrer, hvor der er biofilm. Benyt mikroskop eller stereolup.

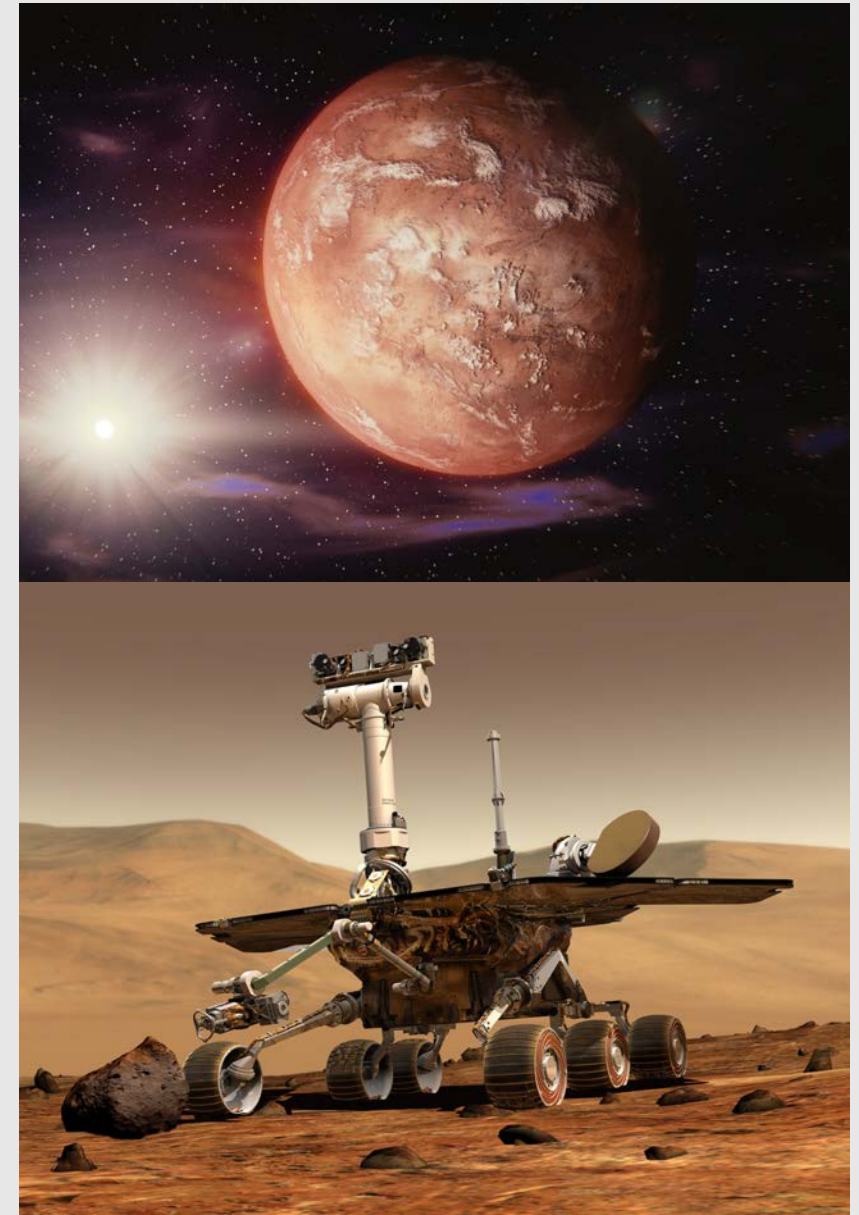


EXTRA ØVELSE

Break-out spil i gruppe på 3-4

Elon Musk har ansat dit konsulentfirma.
Han vil gerne have gode råd til den bedste måde at teste livet på Mars.
Specielt vil han gerne have forslag til:

1. Hvor på Jorden kan han studere livsformer, der sandsynligvis er meget gamle og robuste og levesteder, hvor miljøet ligner det på Mars?
2. Hvilke metoder kan hans ingeniører bruge for at teste, om der er liv og om der er mulighed for at opretholde liv.



Sådan kan I arbejde videre med emnet

Mikrolivet i mudderet relaterer sig til disse andre lektioner fra **www.junior-geologerne.dk**:

- Klimamaskinen
- Fortidens klimavariationer
- Livets udvikling og masseuddøender del 1 og 2



Øvrige undervisningsmaterialer

Biokemi, klimaforandringer og forureningsbekæmpelse:

<https://www.us-ocb.org/science-support/outreach-education/>

<https://www.nationalgeographic.org/education/>

Origins of Life on Earth:

NASA: <https://www.nasa.gov/stem>

ESA: https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/New_STEM_classroom_resources_using_Lego_Mindstorms_available_online

Plastic pollution:

<https://seagrant.psu.edu/sites/default/files/Lessons%20for%20NIE%202%20and%203%205GyresALLACTIVITIESPlasticPollutionCurriculum.pdf>

Sådan arbejder geologer

