

## Kolonisering af Mars

### Om aktiviteterne til arbejdet med koloniseringen af Mars:

Aktiviteterne er tiltænkt at kunne indgå i et forløb til den fællesfaglige prøve i naturfag i grundskolen.

Aktiviteterne lægger vægt på at styrke elevernes undersøgelseskompetence, samt at sætte fokus på at eleverne opstiller hypoteser og undrer sig. Dette understøttes med åbne spørgsmål til undersøgelserne, der lægger op til yderligere undersøgende arbejde og perspektivering.

Udvalgte færdigheds- og vidensmål:

#### Fysik-kemi

- Eleven kan undersøge typer af stråling.
- Eleven kan indsamle og vurdere data fra egne og andres undersøgelser i naturfag
- Eleven kan undersøge enkle reaktioner mellem stoffer
- Eleven har viden om ioniserende strålings vekselvirkning med organisk og uorganisk materiale.

#### Biologi

- Eleven har viden om celler og mikroorganismers vækst og vækstbetingelser.
- Eleven kan undersøge organismers livsbetingelser.

#### Geografi

- Eleven kan undersøge naturgrundlagets betydning for menneskers levevilkår.
- Eleven har viden om jordbundens og undergrundens bestanddele i forhold til landskabsdannelse.

## Fire forsøg med fokus på udfordringerne i at kolonisere Mars

En af de store udfordringer på Mars er at gro afgrøder, og det skal I undersøge i fire forsøg:

**Forsøg 1:** Mars sand indeholder perchlorat ( $\text{ClO}_4$ ) bundet i salte, som f.eks.  $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$ , disse salte er giftige for planter.

**Forsøg 2:** Mars har et ringe magnetfelt, så organismer på Mars, vil blive udsat for store mængder kosmisk stråling.

**Forsøg 3:** Det regner ikke på Mars, og der er ingen ferskvandsressourcer. Så I skal destillere saltvand/urin eller genindvinde.

**Forsøg 4:** Atmosfæren på Mars indeholder primært  $\text{CO}_2$ . Derudover har Mars stort set ingen drivhuseffekt, så temperatursvingningerne fra dag til nat er ekstreme.

*Forsøgene/aktiviteterne er udviklet af naturfagslærer Jon Nielsen, 2020.*

## Forsøg 1: Planters vækstbetingelser på Mars

Undersøgelse: Spiringsforsøg med radiser

### Materialer

- 3 potter eller engangskopper
- Pottemuld
- Sand
- NaCl
- Radisefrø

### Fremgangsmåde

1. I skal bruge 3 forskellige potter indeholdende forskellige vækstmedier.
2. I planter 5 frø i hver.
3. Plant frøet i ca. 2 cm. dybde med lidt afstand mellem frøene.
4. Sørg for at alle 3 potter får samme mængde lys og vand.
5. Følg spiringen i 14 dage.

### Vækstmedie:

#### Jord



Potte a) Almindelig jord/pottemuld.

#### Sand



Potte b) Almindelig sandkassesand.

#### NaCl + Sand



Potte c) Almindelig sandkassesand blandet med NaCl (køkkensalt). I kan evt. også lave jeres egen jernoxid og blande i, hvis I ønsker en mere orange sand, der ligner sandet på Mars. (Jernoxiden laves med jernfiltspåner, der får lov at stå i vand i et reagensglas i en uges tid. Bland det derefter i sandblandingen).

**Hypotese:** Hvilke frø, tror I, vokser hurtigst og hvorfor?

**Fejlkilder:** Overvej, hvilke fejlkilder forsøget har.

**Flere mulige undersøgelser:** Overvej, hvordan I selv kan designe en undersøgelse, hvor I laver spiringsforsøg på andre måder:

- Andre vækstmedier.
- Lyskilder.
- Næringsstoffer.
- Andre typer afgrøder.

#### **FORKLARING:**

Mars overflade er dækket af orangerødt sand med et højt indhold af jernoxid (rust).

Ydermere indeholder sandet på Mars den potentielt giftige forbindelse perchlorat ( $\text{ClO}_4$ ), der er bundet i salte, som f.eks.  $\text{Ca}(\text{ClO}_4)$ .

Hvis man skulle dyrke planter i Mars' sand, ville man sandsynligvis være nødt til at fjerne saltet først.

*([https://www.researchgate.net/publication/242525435\\_Perchlorate\\_on\\_Mars\\_A\\_chemical\\_hazard\\_and\\_a\\_resource\\_for\\_humans](https://www.researchgate.net/publication/242525435_Perchlorate_on_Mars_A_chemical_hazard_and_a_resource_for_humans))*

Det er generelt sværere at dyrke planter i sand. Det er der flere årsager til:

- Sandjord har en løsere og lettere tekstur, og derfor holder den dårligere på vand og næringsstoffer udvaskes også langt nemmere.
- Sand indeholder typisk meget få eller ingen lerpartikler, og det er bl.a. lerpartiklerne i jorden, som er i stand til at holde på nærings-ioner.
- Saltet i sandet på Mars vil trække vandet ud af planterødderne, og livsbetingelserne vil derfor være meget svære for almindelige planter.

I det videre arbejde kan I med fordel undersøge sands evne til at holde på vand i forhold til lerjord – eller lave slemmeprøver/sigteprøver og undersøge teksturforskellen på forskellige vækstmedier.

I kan også undersøge, hvordan salt kan trække vand ud af celler (osmose).

## Forsøg 2A: Hvordan påvirkes levende organismer af stråling?

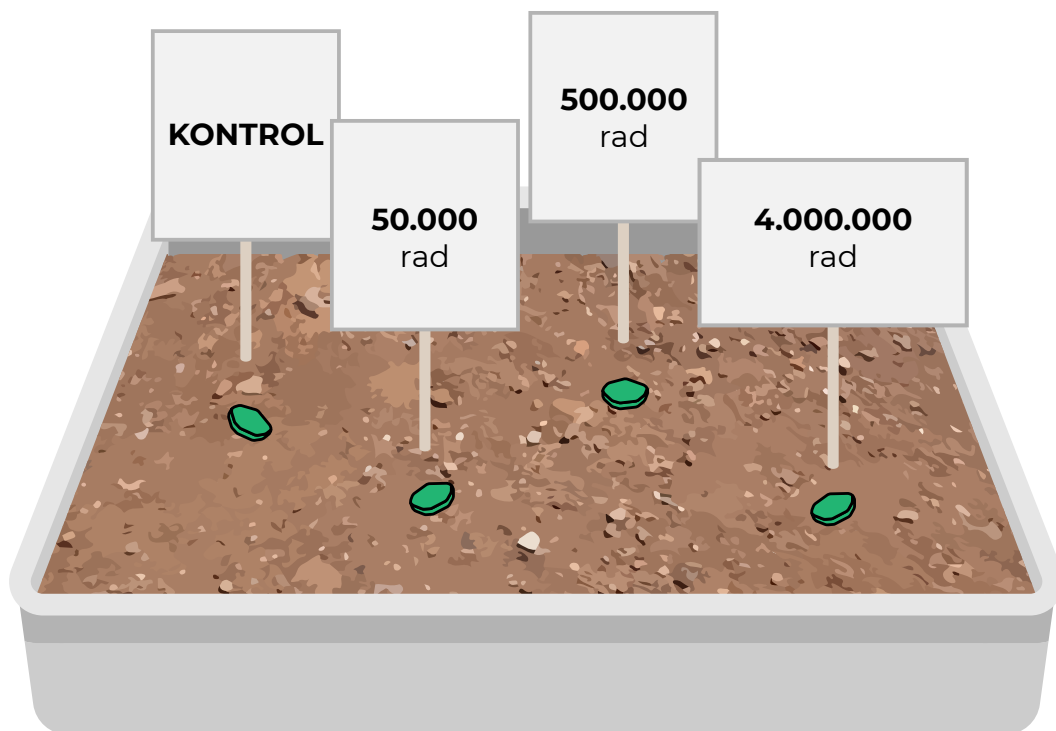
Undersøgelse: Undersøg radisers påvirkning af stråling

### Materialer

- Bestrålede radisefrø eller alm. radisefrø
- Bestemmelsesbakke eller små potter
- Blomsterpinde
- Papir og tape eller elefantsnot
- Radioaktive kilder
- Reagensglas
- Vat
- Stativ m. muffe og klemmer

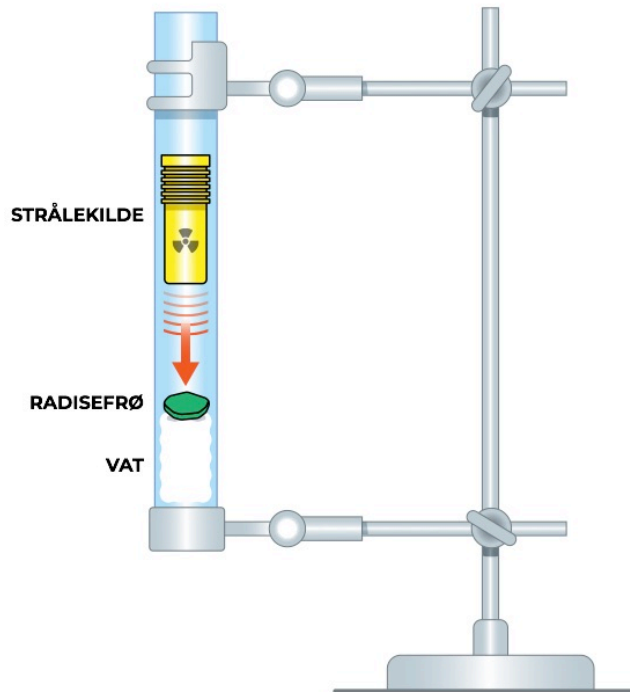
### Fremgangsmåde:

1. Plant bestrålede frø i pottemuld f.eks. i en bestemmelsesbakke med små skilte, der viser, hvor mange rad hvert frø har været udsat for.



2. Følg spiringen hen over de næste 14 dage. Hvilke frø vokser hurtigst og hvorfor?
3. Husk at vande med samme mængde hver gang i hele bakken.
4. Undersøg, hvad ioniseret stråling gør ved DNA.

5. Har I ikke mulighed for at købe bestrålede frø, så bestrål selv frøene med en alfa-, beta- og gammakilde. Sammenlign de 3 typer bestråling. Hav en potte som kontrol.



**Hypotese:** Overvej hvilken type stråling, der vil give de største skader på frøene – begrund dine overvejelser.

**Fejlkilder:** Overvej hvilke fejlkilder forsøget har.

## **FORKLARING:**

### **Typer af stråling:**

Alfa-stråling er den mest ioniserende stråling pga. af sin størrelse (Helium-kerne) til gengæld bremses den let af f.eks. hud, og den har ikke en stor rækkevidde, men kommer den ind i kroppen, kan den udrette stor skade.

Beta-stråling kan gøre skade både udenfor og inde i kroppen.

Beta-og Gammastråling er de 2 kilder, der har størst sandsynlighed for at kunne lave skader på frøenes DNA. Det skal dog bemærkes, at strålingsintensiteten på skolekilder er lav, og derfor er det vanskeligt at opnå de resultater, man opnår ved at plante de frø, der er bestrålet på forhånd. Lad derfor opstillingen stå så længe som muligt. Gerne henover en weekend eller en uge.

Gamma-stråling er den hurtigste og mindst energirige af de 3 strålingstyper, og opstår typisk når stoffer henfalder eller som energioverskud fra atomer, der er eksiteret – i form af synligt eller ultraviolet lys (fotoner).

Gammastrålingen har den største rækkevidde og gennemtrængningskraft, men for at gøre stor skade, skal man udsættes for en meget intens stråling. Læs mere på:

<https://fysikleksikon.nbi.ku.dk/atomfysikliste/>

### **Strålingsskader:**

Når ioniserende stråling rammer atomer i cellerne på levende organismer, afsættes energien og slår elektroner fri fra atomerne, hvilket medfører en ukontrolleret celledeling (kræft) eller skader på DNA.

Når frøene er bestrålede, vil der opstå skader, som giver dårligere vækst, ingen vækst eller misdannelser som f.eks. krøllede blade og lignende.

I det videre arbejde kan I med fordel undersøge, hvad mutationer er og evt. arbejde med egne modeller af DNA, for at anskueliggøre hvordan skader på DNA kan se ud.

Man kan også arbejde videre med proteinsyntesen.

## Forsøg 2B: Hvordan påvirkes levende organismer af stråling?

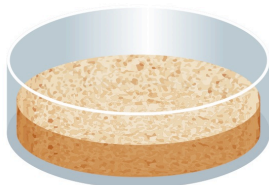
Undersøgelse: Bestrål mikroorganismer

### Materialer

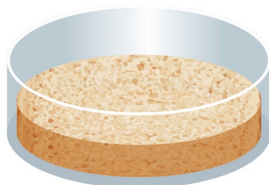
- Toastbrød
- Radioaktive kilder
- Petriskål eller fryseposer
- Stativ m. muffe og klemmer

### Fremgangsmåde

1. Tag 2 toastbrød, rør godt ved dem, hvor I ikke har vasket fingre, læg dem i en petriskål og sæt låg på. Alternativt så brug en frysepose, sørg for at posen sidder stramt om brødet og er lukket helt til.

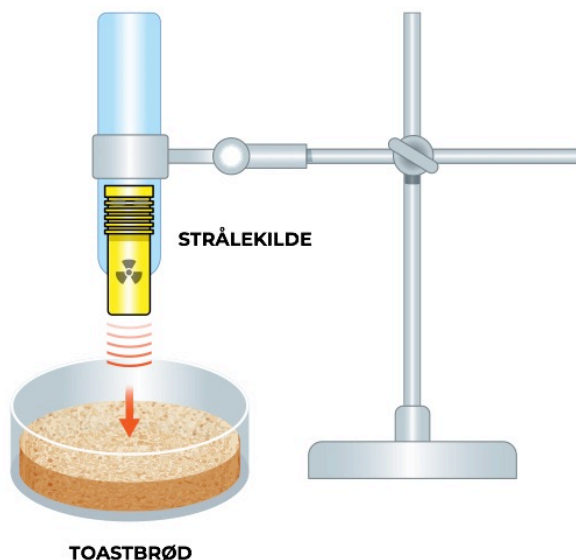


**Toastbrød**



**Toastbrød**

2. Det ene brød lader I være kontrolbrød.
3. Det andet brød placerer I en radioaktiv kilde over et sted, I ved, at jeres fingre har rørt. Prøv at lade forskellige grupper bruge forskellige kilder. Og lad nogle grupper placere deres brød under forskellige forhold (det kan være varmt/koldt).



4. Lad brødene stå mindst 1 uge, gerne 14 dage. Studér kolonierne af bakterier og svampe med en stereolup eller et mikroskop. Sammenlign brødene og diskuter forskellene på svampe- og bakterievækst.

**Hypotese:** Hvilken forskel tror du, der vil være på de områder af brødet, der er bestrålet i forhold til dem der ikke er. Begrund dine overvejelser.

- Kan I observere en forskel på de bestrålede områder? Er der nogle strålingstyper, der fungerer bedre end andre?
- I kan også udføre forsøget med agar-pulver/pølse i petriskåle – husk at tape låg og skål tæt sammen.
- Undersøg forskellene på bakterier og skimmelsvampe.

**Fejlkilder:** Overvej, hvilke fejlkilder forsøget har.

#### **FORKLARING:**

Der vil være masser af forskellige bakterier på vores hænder, der kan afsættes på toastbrødet og begynde en nedbrydningsproces. Bakteriekolonierne vil udvikle sig i løbet af 48 – 96 timer alt efter temperaturforhold.

Derudover vil de svampesporer, der findes naturligt i luften eller allerede i brødet – ligeledes trives og udvikle sig. Det gælder f.eks. skimmelsvamp.

Skimmelsvampen lever ligeledes af at nedbryde organisk materiale.

Læs evt. mere om svampe her: <https://wondersofbiology.com/what-are-fungi/>

Encellede organismer, som bakterier, er ekstra udsatte for strålingsskader, da de ikke har en cellekerne, men DNA'et flyder frit rundt i cellen (Prokariotiske celler) *Kilde:* <https://videnskab.dk/sporg-videnskab/hvad-er-en-bakterie>.

Når ioniserende stråling rammer atomer i cellerne på levende organismer, afsættes energien og slår elektroner fri fra atomerne, hvilket medfører en ukontrolleret celledeling (kræft) eller skader på DNA.

Når mikroorganismene bestråles, vil der opstå skader, som giver dårligere vækst, ingen vækst eller misdannelser.

En yderligere perspektivering kan være at diskutere, hvordan man kan bruge stråling til konservering af fødevarer eller til at sikre sterile instrumenter på sygehuse.



## Forsøg 3: Jagten på det livsvigtige vand

### Undersøgelse: Rensning af vand

På rumrejser og på ISS bruger astronauterne et avanceret vandrensningssystem, der filtrerer og genbruger 93% af al det vand, der bruges. Et dansk system ved navn Aquaporin bliver testet som et muligt alternativ. Se evt. video her:

<https://videnskab.dk/teknologi-innovation/dansk-system-skal-rens-rumstationens-spildevand>

### Materialer

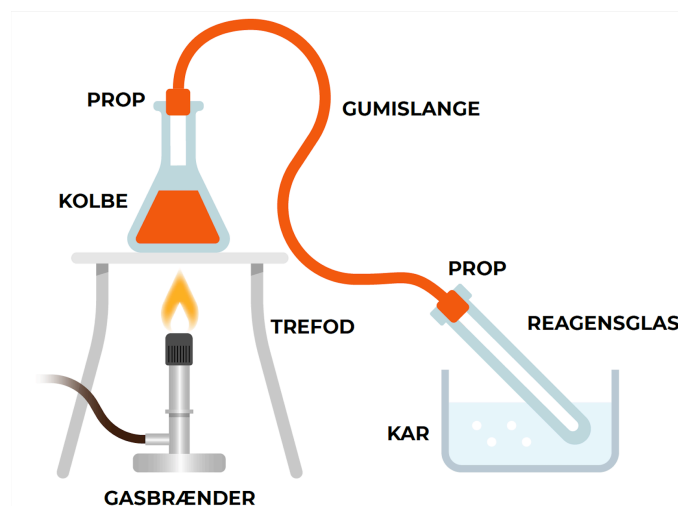
- Kolbe
- NaCl eller andet stof til at "forurene" vandet med
- Gummislange
- Gummiprop m. 1 hul der passer til kolbe
- Gummiprop m. 1 hul der passer til reagensglas
- 1 reagensglas
- 2 glasrør
- 1 kar
- Trefod og trådned
- Gasbrænder

### Fremgangsmåde

I skal undersøge, hvordan man kan rense vand ved hjælp af destillation.

Destiller saltvand:

1. Lav opstillingen som vist på billedet.
2. Husk at glasrøret i kolben kun lige kommer ned i kolben og ikke helt ned i væsken.
3. Husk at vandet i karet, hvor reagensglasset står, skal være køldt.
4. Bland vand i kolben sammen med et salt f.eks. NaCl.
5. Kog vandet og observér, hvad der sker.
6. Forklar hvordan opstillingen fungerer, herunder vands tilstandsformer og perspektivér til vandets kredsløb i naturen.
7. Det er energikrævende at lave destillation, hvordan skaffer vi bedst den energi i rummet?
8. Undersøg andre metoder at rense vand på – biologisk, kemisk og mekanisk.
9. Fejlkilder – overvej, hvilke fejlkilder forsøget har.



## Forsøg 4: Jagten på essentielle gasarter

### Undersøgelse: Elektrolyse af vand

#### Materialer

- 2 ledninger
- Strømforsyning
- Svovlsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Elektrolysekar med små reagensglas
- Tændstikker/træpind
- Sikkerhedsbriller
- Molekylebyggesæt

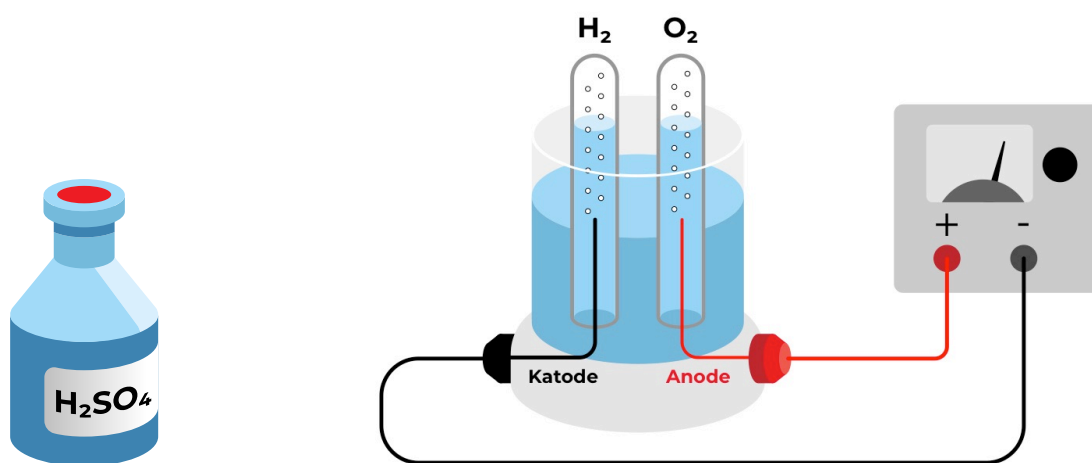
På Mars medbringer Perseverance roveren en mini MOXIE (Mars Oxygen ISRU Experiment) som er i stand til at spalte  $\text{CO}_2$  fra atmosfæren til  $\text{O}_2$  og CO ved hjælp af elektrolyse.

(Kilde: <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/moxie/for-scientists/>)

#### Fremgangsmåde

Her vil vi lave elektrolyse af vand, som er en del af Sabatier-reaktionen.

1. Lav elektrolyse af  $\text{H}_2\text{O}$  (tilsat lidt  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
2. Sørg for at have vand i de 2 små reagensglas, inden I putter dem i elektrolysekarret.
3. Husk at bruge jævnstrøm (DC).
4. Opsaml  $\text{H}_2$  og  $\text{O}_2$  i de to glas.
5. Hvad kan I bruge  $\text{H}_2$  til i rummet? Hvad kan I bruge  $\text{O}_2$  til i rummet?
6. Hvordan kan I påvise  $\text{H}_2$  og  $\text{O}_2$ .
7. Lav en reaktion og forklaring af forsøget.
8. Undersøg hvad Sabatier-reaktionen går ud på – hvorfor er den særlig interessant på Mars?
9. Fejlkilder – overvej, hvilke fejlkilder forsøget har.



## FORKLARING:

Ved hjælp af Sabatier-reaktionen kan man udnytte den  $\text{CO}_2$  der er i Mars' atmosfære + den Hydrogen, der er bundet i vandet i undergrunden (regolith) til at skaffe  $\text{H}_2\text{O}$  og  $\text{CH}_4$ . ( $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   $\Delta H^\circ = -165 \text{ kJ/mol}$ ) Kilde: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20120016419>

Når I sætter strøm til opløsningen med  $\text{H}_2\text{O}$  og  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , vil  $\text{H}^+$ -ionerne bevæge sig imod den negative pol (katoden), mens de negative ioner ( $\text{O}^-$  og  $\text{SO}_4^{2-}$ ) vil bevæge sig imod den positive pol (anoden).

Vi kan påvise  $\text{O}_2$  ved at sætte en glødende pind ned i reagensglasset ved anoden. Vi kan påvise  $\text{H}_2$  ved at sætte en tændt tændstik hen over munden på reagensglasset ved katoden. Her vil der komme et "plop" når Hydrogenet antændes.

Forbrænding af  $\text{H}_2 = \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ . Afstemt =  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

## I det videre arbejde kan I f.eks.:

Bygge reaktionen med et molekylebyggesæt.

Design en undersøgelse, der viser forbrændingen af  $\text{CH}_4 + \text{O}_2$  (forbrænding i en raketmotor)

Perspektivere over:

- Hvad  $\text{H}_2$  kan bruges til i rummet.
- Hvad  $\text{O}_2$  kan bruges til i rummet.
- Hvad  $\text{CH}_4$  kan bruges til i rummet.