

↑
NATURVIDEN
SKABERNES
HUS



DET RENE VAND

Lærervejledning



Tema

Livet på rumstationen

Fællesfaglige fokusområder

- På rejse i rummet
- Teknologiens betydning for menneskets sundhed og levevilkår

Kompetenceområder

Undersøgelses-, kommunikations- og perspektiveringskompetence

Fagområder fra læreplanen, færdigheds- og vidensområder

- Biologi: Faglig læsning, krop og sundhed
- Fysik/kemi: Faglig læsning, undersøgelser i naturfag, vandets kredsløb (spildevand som ressource)
- Geografi: Jordkloden og dens klima, vandets kredsløb
- Uddannelse og job: Mine muligheder, arbejdsliv



Aktivetsform

Naturvidenskabelig arbejds metode



Klassetrin

Udskoling – forløbet anbefales til 7. klasse



Varighed

5 lektioner

Livet på rumstationen er et fællesfagligt, undersøgelsesbaseret og problembaseret undervisningsforløb til udskolingens naturfag om danske rumvirksomheders bidrag til forskning på Den Internationale Rumstation.

Materialet er udviklet af Naturvidenskabernes Hus i samarbejde med Videnskab.dk og ESERO Danmark. Samarbejdspartnere er Syddansk Universitet, Aquaporin og Danish Aerospace Company.

Materialet er støttet af Uddannelses- og Forskningsministeriet.

August 2023



LIVET PÅ RUMSTATIONEN

Den danske ESA-astronaut Andreas Mogensen var i 2015 på sin første ESA-rummission, Iriss. Missionen til Den Internationale Rumstation ISS varede ti dage. Den 26. august 2023 drog han afsted igen som pilot på det Dragon-rumskib, der fragtede ham selv og hans kollegaer fra NASA og de 400 km op til ISS. Denne anden rummission, som hedder Huginn, varer et halvt år, hvor ISS er hans hjem. Ombord på rumstationen skal Andreas Mogensen udføre forskning og teknologiudvikling og demonstrere teknologier i vægtløs tilstand.

Ud af ti forskellige forsøg, som Andreas Mogensen skal udføre, er fem af disse udvalgt og omsat til undervisningsmateriale for elever i udskolingen. Materialet, som samlet kaldes *Livet på rumstationen*, tager udgangspunkt i de fem udvalgte forsøg.

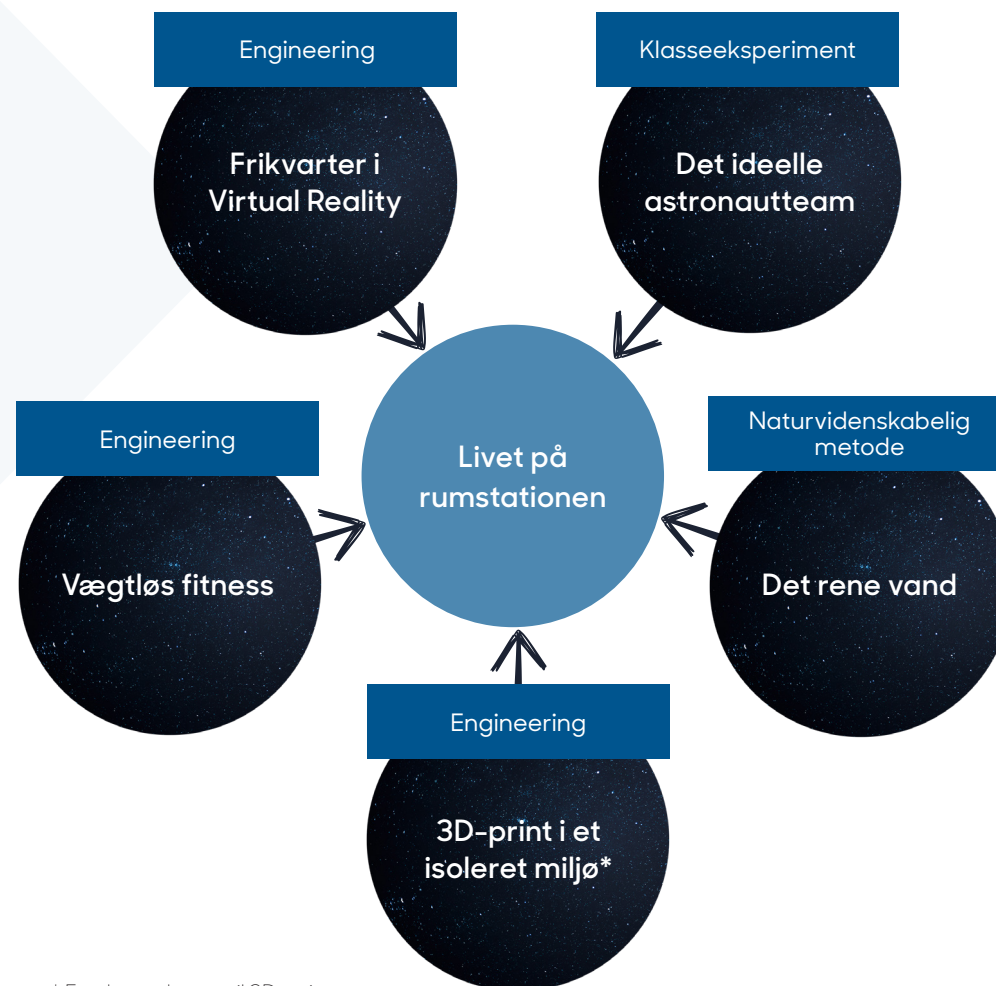
Problembaseret og fællesfagligt undervisningsforløb

Livet på rumstationen kobler fem anvendelsesorienterede og praksisnære STEM-undervisningsforløb med forskellige aktivitetsformer. Det er casebaserede, kompetenceorienterede og undersøgelsesbaserede undervisningsforløb til udskolings elever i naturfagene biologi, geografi og fysik/kemi. Samlet set udgør forløbene et fællesfagligt undervisningsforløb i naturfagene med det fællesfaglige fokusområde "Livet på en rumstation", hvor eleverne arbejder med teknologi, interesseudsætninger og foretager egne hands-on naturfaglige undersøgelser, der er tilknyttet autentiske forsøg udført på ISS og med erhvervs- og forskningsmæssig tilknytning.

Forløbene kan benyttes i tilknytning til læseplanerne i naturfagene biologi, fysik/kemi og til dels geografi. De er integreret med artikler og videoer fra Videnskab.dk om Andreas Mogensens fem forsøg. De kobles også med medarbejdere i virksomheder og forskere, der står bag forsøgene. Med det integrerede materiale vil hvert forløb også have fokus på faglig læsning og forforståelse af faglige begreber.

Du kan vælge mellem fem undersøger af, hvordan et menneske lever i oplevet vægtløs tilstand, indelukket på et lille område, og samtidig

bevarer et godt mentalt og fysisk helbred, har adgang til rent vand, og kan reparere rumstationen på en bæredygtig måde. Undersøgelserne kobles til rumvirksomheder som Aquaporin og Danish Aerospace Company og til universitetet DTU Space, til en artikelsamling fra Videnskab.dk samt til forklarende videoer.



* Fordrer adgang til 3D-printer

INTRODUKTION

Velkommen til *Det rene vand* – et undersøgelsesbaseret og anvendelsesorienteret forløb, der fokuserer på naturfagene og inddrager naturvidenskabelig undervisningsmetode. Forløbet er målrettet udskolingselever.

Bæredygtighed i rumfart og dyre dråber

På verdensplan er rent drikkevand ikke en selvfølge, og under 1 % af klodens vandressourcer kan i dag bruges til drikkevand. I Danmark betragtes grundvandet som egnet til drikkevand, selvom vi oplever større og større udfordringer med at garantere, at vores drikkevand er fri for skadelige stoffer som PFAS, pesticider, bakterier med flere.

Rumfart er nødt til at være bæredygtig, især når vi taler om at tage tilbage til Månen eller videre til Mars. Hver anden måned tilføres Den Internationale Rumstation ISS 2–3 tons proviant (mad, vand, ilt, luft, udstyr). Når hver liter vand, der skal sendes op til astronauterne, koster en halv million kroner, gælder det om at genbruge vandet så effektivt som muligt. Jo længere vi rejser ud i rummet, des mere bæredygtige er vi derfor nødt til at være. Over 95 % af væske på ISS genbruges, og det kræver effektive vandrensningsteknologier.

I 2003 blev den amerikanske forsker Peter Agre tildelt en Nobelpris for sin opdagelse af proteinet aquaporin. Peter Agres forskning viste, at der findes aquaporin i alle levende celler, og at aquaporinets egenskab er at rense og siden transportere vand igennem cellerne. Virksomheden Aquaporin anvender i dag proteinets unikke egenskab i vandfiltre. Det kan vi dog ikke arbejde med i undervisningslokalet. Men vi kan arbejde med forståelsen af en membran på makroskopisk niveau og få hands-on erfaringer med den teknologi.

Gennem hands-on aktiviteter vil eleverne få mulighed for at udforske mekanisk vandrensning ved hjælp af forskellige typer membraner indsat i apotekersprøjter. De vil opstille hypoteser og teste effektiviteten af den mekaniske vandrensning. Dette giver dem mulighed for at arbejde undersøgelsesbaseret og opnå praktisk erfaring med naturvidenskabelig arbejdsmetode, opstille hypoteser, arbejde med variabelkontrol og mere overordnet motivere til at undersøge andre former for vandrensning og sætte det i relation til de tekniske vilkår for livet på en rumstation.

En vigtig overvejelse omkring vandkredsløbet er, at på Jorden sikrer tyngdekraften, at regnvand trænger ned gennem jordlagene og ned i grundvandsspejlet. På rumstationen, hvor der er oplevet vægtløshed, kræver det et tryk at tvinge vand gennem forskellige rensende lag.

I forløbet vil eleverne blive udfordret til at tænke kreativt, prøve idéer af og træffe beslutninger baseret på deres observationer og resultater. De kan dykke ned i vandkredsløbet, vandrensning, og hvorfor det er vigtigt at arbejde med bæredygtighed inden for rumfart.

Om forløbet

Lektionsplanen strækker sig over fem lektioner. Du vil finde aktiviteter for hver lektion og råd til at støtte elevernes undersøgende aktiviteter. Dette vil hjælpe dig med at facilitere forløbet og sikre, at eleverne får højest muligt fagligt udbytte.

Forløbets første to lektioner har et fokus på faglig læsning. Dernæst undersøger elever i teams forskellige typer af membraner, mens de udfylder ark med membranmaterialer, hypoteser, undersøgelsesresultater og forbedringsforslag. Endelig præsenterer de deres resultater for hinanden jf. krav til præsentationer.

FORBEREDELSE TIL FORLØBET

Didaktisk introduktion

Formålet med forløbet er at arbejde med vandrensning, vandteknologier og vandkredsløbet – på Jorden og på Den Internationale Rumstation – gennem en casebaseret tilgang.

Eleverne vil blive introduceret til Andreas Mogensen, der tester vandrensningsudstyr fra virksomheden Aquaporin, som har udviklet et filter bestående af en membran lavet af proteiner. Membranen tillader kun vandmolekyler at passere, ligesom proteiner i vores kroppe regulerer transporten ind og ud af celler og blodkar.

Eleverne vil arbejde med geometrisk opmåling af membraner, øge materialekendskab, forbedre og prøve sig frem, vurdere egne erfaringer med systematiske undersøgelser, herunder variabelkontrol, og vurdere deres undersøgelser i forhold til at løse den givne udfordring.

Forløbet vil kunne sikre en refleksion over jordens vandkredsløb, det alternative vandkredsløb på Den Internationale Rumstation ISS, og spildevand som en ressource.

Med Andreas Mogensens forsøg på Den Internationale Rumstation i 2023 sættes naturfagernes fagområder og de bidragende forskere og virksomheder ind i en ny narrativ kontekst til rammesætning af naturfagsundervisningen. På den måde kommer eleverne til at arbejde med aktuelle problemstillinger, som ingeniører, forskere og astronauter dagligt undersøger og arbejder med, både naturfagligt, teknologisk og i etisk og samfundsmæssig forstand.

Forløbet er tilrettelagt som et undersøgelsesbaseret dilemmaforløb, hvor I sammen undersøger membrans evne til at rense vand mekanisk.

Lærervejledningen på de følgende sider indeholder et anbefalet forløb med forslag til aktiviteter, som du kan inddrage undervejs.

Forløbsressourcer

- Lærervejledning (pdf) inkl. forløbsplan sidst i lærervejledning
- Elevmateriale (pdf): beskrivelse og udfordring til eleverne
- Link til alle elevaktiviteter:
 - Video – Forklaringsvideo om eksperiment
 - Artikel 1
 - Artikel 2
 - Elevark 1-3

Videnskab.dk har lavet en forklaringsvideo om Andreas Mogensens eksperiment/demonstration, som vises på klassen.

Videnskab.dk har også skrevet to artikler, der relaterer sig til Andreas Mogensens eksperiment/demonstration samt eksperimentets betydning for os her på jorden.

Overvejelser om materialer til undersøgelser

Forløbet kan tage kort og lang tid. Det afhænger af, hvor længe du vurderer, at der er energi til at arbejde med materialerne.

Det er erfaret under test af forløbet, at det kan være en god idé at have et stabiliserende net i baghånden, særligt til de membranmaterialer, der er lavet af papir, f.eks. kaffefiltre, servietter eller andre materialer, som ændrer karakter, når de bliver våde. Papir bliver f.eks. blødt, og når man presser vand gennem sprøjten, vil det krølle sig sammen og blive trykket med ud gennem sprøjtens snævre tud.

Det kan være en udfordring at få membranerne til ikke at krølle, når de udsættes for tryk i sprøjten. Erfaringen viser, at med store sprøjter med 3,5 cm som indre diameter går det fint med store spændeskiver, der kan holde membranen. En spændeskive på hver side af membranen, og de tre cirkelskiver ilægges forsigtigt (eller trykkes op i sprøjten med en stang), før renseeffektiviteten efterprøves.



Foto: En spændeskive på hver side af membranen holder styr på den, når den bliver våd og blød.

Flere beholdere ved siden af hinanden kan illustrere progressionen fra urent vand over de første rensninger og til stadig mere mekanisk rensat rent vand.

Forslag til materialeliste

- Store 100 mL engangssprøjter i plast, som f.eks. de, der kan [købes hos Frederiksen](#)
- Spændeskiver – kan købes billigt i et byggemarked
- Saks
- Lineal og tusch
- Evt. knive til at skære i membraner
- Beholder til mudret vand samt til opsamling af rensat vand
- Mudret vand (brug ikke leret jord, da alt stopper til, men sand og spagnum-jord/så- og priklej jord)



Eksempel på engangssprøjte, der fungerer til forløbet.

Foto: Frederiksen Scientific

Forslag til membranmaterialer

- Stof, gazebind, pladevat, mundbind, kaffefiltre, engangsvaskeklude, tynde skiver af kartoffel/æble
- Lad gerne eleverne medbringe forslag til membranmateriale hjemmefra

Samarbejde på tværs

Forløbet kan kombineres med andre forløb i Livet på Rumstationen for at afdække flere perspektiver på, hvordan der forskes på rumstationen såvel som på jorden, og på den måde kan forløbet indgå i et fællesfagligt fokusområde med henblik på den fællesfaglige prøve.

Forberedelse til forløbet

Læs alt lærermaterialet og gennemgå elevark.

Vær opmærksom på materialebehov i højre kolonne af den foreslåede lektionsplan på de følgende sider.

Det anbefales at elevteams fører en logbog (Elevark 2) for at sikre faglig progression og refleksion over egen læring, samt navigation i forhold til, hvor de er i forløbet. Print rigeligt med Elevark 2-logbøger ud, da de bruges flere gange gennem forløbet.

Gruppedannelse

I forløbet arbejder eleverne i teams af 3-4 elever. Teams kan dannes ud fra:

- Elevernes eget valg
- Din vurdering af den bedste dynamik med kendskab til klassekontekst
- Diversitet i elevsammensætning

Overblik over lektionsplan (på de følgende sider)

Beskrivelse	Antal lektioner
Faglig læsning, videoer og vandkredsløbet på ISS	2
Hands-on undersøgelse af vandrensning	2
Præsentation af resultater og tegning	1
I alt	5



LEKTIONSPLAN

Fase/Beskrivelse	Lektioner	Links og dokumenter, noter og elevark
<p>Faglig læsning, videoer og vandkredsløbet på ISS</p> <p>1. Gennemgå udfordringen på klassen:</p> <p>Lav jeres egen vandrenser</p> <p>Præsenter eleverne for problemstillingen og gennemgå forløbet i fællesskab, så eleverne ved, hvad forløbet består af.</p> <p><i>I skal i jeres team undersøge forskellige måder at rense vand mekanisk ved hjælp af en sprøjte og forskellige membraner, som I vælger.</i></p> <p>Husk at præsentere eleverne for krav til løsning af udfordring samt krav til præsentationen (fokus både på resultat, proces og egen læring – brug logbøger).</p> <p>Introduktion til vandrensning og membranteknologi</p> <p>2. Vis forklaringsvideoen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lad undervejs eleverne skrive svære ord ned. • Tal på klassen om svære ord/fagord samt videoens budskaber, og skriv dem op hver for sig på tavlen. • Lad eleverne gætte på ordenes betydning. Undersøg sammen udvalgte ord om nødvendigt. Lad først eleverne selv forklare ordene. • Snak sammen om videoens budskaber: Hvad får vi at vide? Hvad ser I? 	<p>2 lektioner</p>	<p>Fokus på faglig læsning og forforståelse</p> <p>Forklaringsvideo fra Videnskab.dk</p> <p>Artikel 1: Sådan kan spildevand hjælpe den grønne omstilling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekspert: Jørg Vogel, leder af afdelingen for teknologiudvikling, Aquaporin <p>Artikel 2: Danske vandfiltre skal forvandle urin til drikkevand på ISS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekspert: Leendert Vergeynst, Forsker i vandbehandling, Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet <p>Elevark 1: Opsamling på video og artikler (tjebokse – det har vi nået, det har vi lært)</p> <p>Forslag Forberedelse til næste lektion: Bed eleverne medbringe materiale til membraner hjemmefra.</p>

3. Læs artiklerne og præsentér vigtigste pointer

Opdel klassen i to store grupper. Den ene halvdel af grupperne læser artikel 1 – den anden halvdel af grupperne artikel 2.

4. Præsentation. De to grupper præsenterer vigtigste pointer for hinanden. Tre minutter pr. gruppe.

Hjælpe spørgsmål til elevlæsning og præsentation:

- Hvad er artiklens vigtigste 1–2 budskaber?
- Hvad betyder rumforsøget for os her på jorden?
- Hvem/hvad er eksperterne?
- Hvad laver Leendert fra Aarhus Universitet?
- Hvad laver Jørg Vogel fra virksomheden Aquaporin?
- Hvor kommer virksomhedens navn fra?
- Hvad er og gør aquaporiner?
- Hvordan er deres arbejde relevant for udfordringen?
- Hvor meget vand bruger en gennemsnitsdansker om dagen?
- Hvor meget bruger en astronaut?

Tal på klassen og afsæt tid til mere research efter behov (afhænger af niveauet af faglig forforståelse, som vurderes af dig):

- Ved vi nok om vandets kredsløb på jorden?
- Hvad ved vi om typer af vandrensning og membranteknologi?
- Forstår vi betydningen af bæredygtighed i rumfart?
- Diskutér på klassen, hvordan vandrensning kan være vigtig både på Jorden og i rummet.

Udbytte: Eleverne får en grundlæggende forståelse for vandrensning, vandets kredsløb og membranteknologi samt erkendelse af bæredygtighedens betydning.

Inspiration

Opgaven kan udvides ved at kontakte eksperterne og interviewe dem.

[Inspirationsmateriale om vandkredsløbet på Jorden \(vandetsvej.dk\)](#)

5. Teamdannelse

Opdel klassen i teams á 3-4 elever.

6. Tegn vandkredsløbet på en rumstation

Gennemgå jordens vandkredsløb på klassen.

Lad hvert team prøve at tegne vandkredsløbet på rumstationen på et A3-ark (Elevark 3: Tegn vandkredsløbet på ISS).

Bed hvert team reflektere over de to lektioner ved hjælp af Elevark 2: Logbog.

Elevark 3:
Tegn vandkredsløbet på ISS

Elevark 2: Logbog – inden slutning af lektionen, skriver hvert team i logbogen

Fase/Beskrivelse	Lektioner	Links og dokumenter, noter og elevark
<p>Hands-on undersøgelser af vandrensning</p> <p>Introducér eleverne til de forskellige typer membraner, og lad dem selv undersøge deres egenskaber.</p> <p>Mål: Lad hvert team udforske vandrensning ved hjælp af forskellige typer membraner i apotekersprøjter, evaluere deres effektivitet og gøre egne erfaringer med forskellige materialetyper.</p> <p>Aktiviteter:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hvert team laver en liste over membraner, de forestiller sig kan bruges i sprøjten (Elevark 4: Undersøgelse af membraner). 2. Teamet opstiller hypoteser om, hvordan hver membran vil påvirke vandrensningen. <ul style="list-style-type: none"> • Udfør eksperimenter, hvor eleverne tester forskellige membraner og observerer resultaterne. • Diskutér og evaluer i teams, hvilke membraner der var mest effektive til vandrensning. <p>Udbytte: Eleverne opnår praktisk erfaring med vandrensning og får mulighed for at analysere og vurdere forskellige membraners effektivitet.</p> <p>Ved lektionens afslutning udfyldes Elevark 2: Logbog.</p>	<p>2 lektioner</p>	<p>Materialer</p> <p>Se materialeliste i lærervejledningen side 12 og forbered ved særligt at læse overvejelserne omkring materialer.</p> <p>Laboratorium – bedst udendørs, da det sviner at arbejde med mudret vand (adgang til håndvaske nødvendigt).</p> <p>Eksempler på membranmaterialer: Tynde æble-/kartoffelskiver, rispapir, blade, papir, servietter, stof, gazebind, andre permeable materialer</p> <p>Elevark 4: Undersøgelse af membraner</p> <p>Elevark 2: Logbog Inden slutning af lektionen, skriver hvert team i logbogen</p>

Fase/Beskrivelse	Lektioner	Links og dokumenter, noter og elevark
<p>Præsentation af resultater og tegning</p> <p>Teamet præsenterer resultaterne af deres undersøgelser.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Præsenter de tre bedste typer af membraner, som I har fundet, til rensning af forurenet vand. 2. Præsenter den videnskabelige baggrund for jeres udvælgelse, dvs. vis jeres dataset, målinger, variable og demonstrer, hvordan den bedste membran renses vandet. Ville I selv drikke vandet? 3. Fortæl om/vis vandkredsløbet på en rumstation, og sammenlign med vandkredsløbet på jorden. 4. Fortæl gerne om andre typer af vandrensning, og hvordan I tænker, man bedst kan have bæredygtig vandforsyning til astronauter på en rummission, baseret på jeres undersøgelser og research. <p>Fortæl om jeres arbejdsproces, og hvad I ville have gjort anderledes, hvis I skulle gennemføre forløbet igen.</p>	<p>1 lektion</p>	