

# Beskrivelse af SRP i samarbejde med Niels Bohr Institutet

Titel	Emne
Klima og iskerner	Geofysik
<b>Kort beskrivelse</b>	
<p>Center for Is og Klima borer og analyserer iskerner med det formål at kortlægge og analysere fortidens klimaændringer for at forbedre vores forståelse af nuværende og fremtidige klimaændringer. Gruppen har i snart et halvt århundrede været blandt verdens ledende grupper indenfor iskerneboring og vand-isotopmålinger, og vi kan tilbyde SRP-projekter, der kombinerer historiske, eksperimentelle, matematisk/modelleringsmæssige og litteraturbaserede elementer.</p>	
<p>Projekterne kan gennemføres i fagene Geovidenskab og Fysik, enten sammen eller i samarbejde med Matematik eller (ofte mindre oplagt) Kemi. Vi er også åbne for andre projektideer og fagkombinationer, især for studerende, der kontakter os i god tid inden opgaven skal skrives.</p>	
<b>Særligt for foråret 2021</b>	
<p>Pga. coronarestriktioner og skiftende bemanding i isotoplaboratoriet, kan vi ikke garantere at der kan foretages isotopmålinger. Vi kan tilbyde et forløb, hvor den studerende laver et forsøg med isotopfraktionering under fordampning hjemme hos sig selv eller på eget gymnasium (der kræves adgang til en præcis vægt og nogle måleglas eller andre beholdere, f.eks. små kopper). Forsøget undersøger hvordan isotoper fraktioneres ved overgang mellem vand og damp, hvilket er den samme fysiske mekanisme, der gør at isotopmålinger kan bruges til rekonstruere fortidens temperaturer ved hjælp af prøver fra iskerner.</p>	
<p>Afhængig af situationen vil vejledning foregå på universitetet eller på zoom i en lille gruppe. Hvis laboratoriet er operationelt på det relevante tidspunkt i foråret, kan den studerende aflevere eller indsende prøverne, og isotopmålingerne vil herefter blive foretaget af universitetets ansatte (instrumenterne introduceres via zoom). Hvis laboratoriet ikke foretager målinger på det relevante tidspunkt, vil vi give den studerende kunstige, men realistiske data, baseret på resultater fra tidligere år forsøg, som kan danne grundlag for rapporten.</p>	
<b>Projekter om isotoper og klima</b>	
<p>Her er en række ideer til SRP-projekter, der anvender resultaterne fra ovenstående eksperiment i forskellige sammenhænge:</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Isotoper som værktøj til undersøgelse af fortidens klima med fokus på beskrivelse af fortidens klima og en dybere diskussion af hvordan isotopforhold og temperatur hænger sammen (mulige del-emner: Rayleigh-destillering, regression, diskussion af indflydelsen af sæsonafhængighed).</li><li>- Isotoper som værktøj til undersøgelse af fortidens klima med fokus på nyudviklet måleapparat (laser ring-down spektroskopi). Kræver gode engelskkundskaber, da der ikke findes ret meget materiale om sidstnævnte på dansk.</li><li>- Datering af is. I de øvre dele af iskappen bruges årlagstælling ved hjælp af isotopdata og evt. andre datatyper. Sædvanlig isfyldemodellering (kræver differentiaalligninger) bruges til at modellere alderen af isen længere nede i iskappen (Sandwich-modellen). De talte og modellerede aldre kombineres og forskellene fortolkes ift. modelantagelserne.</li><li>- Temperatur, nedbørsmængde og isotopforhold i nutiden. Sammenligning af data fra mange lokaliteter og analyse/modellering af sammenhænge.</li></ul>	
<b>Historisk projekt om vandisotopmålinger til klimaanalyse.</b>	
<p>Willi Dansgaard opdagede i 1950'erne at isotoper kan bruges til at undersøge fortidens klima. Metoderne</p>	

har ændret sig, men grundlaget for meget arbejde på Center for Is og Klima er stadig den samme opdagelse.

Kan evt. kombineres med

- historiefaget ved f.eks. at inddrage den kolde krig og Camp Century-basen.
- diskussion af udviklingen i isotop-målemetoder (fra konventionel massespektrometri til laser-baserede metoder).
- egne isotopmålinger på iskerner (men bemærk at målemetoderne ikke er de samme som i Willi Dansgaards tid).
- prøvetagning under regnvejr (foretages af den studerende inden besøget) og måling af isotopforhold i disse prøver. Resultaterne kan sammenlignes med Willi Dansgaards oprindelige forskningsartikel. (Anbefales ikke i foråret 2021)

### **Bratte klimaændringer**

Baseret på eksisterende data beskrives de sidste 100.000 års klimahistorie i Grønland, f.eks. med fokus på de bratte Dansgaard-Oeschger-klimaændringer, der observeres i data fra istiden. Sandsynlige forklaringsmodeller for disse klimaændringer diskuteres.

Kan også kombineres med

- isotopmålinger (som ovenfor)
- eksperiment om Grønlandspumpen/bundvandsdannelse (udføres på egen skole eller evt. på Ungdomslaboratoriet).
- inddragelse af hvordan de bratte klimaændringer registreres i andre klimadata (f.eks. havsedimenter eller drypsten) og forklaringsmodeller herfor. Litteraturbaseret – gode engelskkundskaber er nødvendigt.

### **CO<sub>2</sub> og temperatur**

(de eksperimentelle dele tilbydes ikke i foråret 2021 pga. usikkerhed omkring laboratorietilgængelighed) Der indgår f.eks. en dag i isotoplaboratoriet og en dag i gaslaboratoriet, hvor den studerende introduceres til hhv. isotopmålinger og CO<sub>2</sub>-målinger og evt. laver en eller flere egne målinger. Resten af projektet er baseret på analyse af eksisterende datasæt. Mulige elementer og problemstillinger, der kan berøres:

- Beskrivelse af målemetoder for isotoper (mål for temperatur) og CO<sub>2</sub> i iskerner
- Analyse af udviklingen af temperatur og CO<sub>2</sub> gennem de seneste 800.000 år.
- Diskussion af relevante feedbacks der involverer temperatur og CO<sub>2</sub> på relevante tidsskalaer. Milankovitch-svingninger som forcering af istider og mellemistider.
- Bestemmelse af den relative timing mellem temperatur og CO<sub>2</sub> hen over den seneste istids afslutning. Her reproduceres dele af resultaterne fra en engelsksproget publiceret artikel, <http://www.clim-past.net/8/1213/2012/doi:10.5194/cp-8-1213-2012>. Dette kræver mod på arbejde med databehandling, herunder tidsforskudt krydskorrelation. Dette er udfordrende i Excel, så det anbefales at den studerende har erfaring med et andet og mere velegnet værktøj.
- Diskussion af forskellen mellem de relative roller for temperatur og CO<sub>2</sub> hen over henholdsvis den seneste istids afslutning og de seneste århundreder.

Projektet kan evt. kombineres med forsøg på egen skole eller Ungdomslaboratoriet omkring drivhuseffekt, opløselighed af CO<sub>2</sub> i havvand, albedo eller lignende.

### **Isflydemodellering**

Minder om projektet "Datering af is" ovenfor, men uden eksperimentelt arbejde og med mere fokus på modellering. I de øvre dele af iskapen bruges årlagstælling til datering. Sædvanlig isflydemodellering (kræver differentialligninger) bruges til at modellere alderen af isen længere nede i iskapen (Sandwich-modellen og evt. Dansgaard-Johnsen-modellen). De talte og modellerede aldre kombineres og forskellene fortolkes ift. modelantagelserne.

Kan evt. kombineres med simpel fortolkning af radarbilleder, der viser lag i isen og beskrivelse af hvordan disse data fremkommer.

### Isflydemodellering i polære koordinater

Simpel isflydemodellering (kræver differentially ligninger) bruges til at modellere alderen af is. Sandwich-modellen og evt. Dansgaard-Johnsen-modellen opskrives i 2D (der f.eks. symboliserer et tænkt  $\emptyset$ -V-snit gennem Grønlands indlandsis) og modellen omsættes til polære koordinater (der symboliserer Antarktis). Kan evt. kombineres med simpel fortolkning af radarbilleder, der viser lag i isen og beskrivelse af hvordan disse data fremkommer.

### Mere information

Læs mere på <http://www.isogklima.nbi.ku.dk/forskning/>. Mere specifikt:

- Om isotoper og måling af disse (se også undersiderne)  
[http://www.isogklima.nbi.ku.dk/forskning/rekonstruktion/fortidens\\_temperaturer/](http://www.isogklima.nbi.ku.dk/forskning/rekonstruktion/fortidens_temperaturer/)
- Historisk dimension: Willi Dansgaards bog Grønland - i istid og nutid, Rhodos, 2000 (udsolgt, kan lånes på biblioteket) eller den omarbejdede engelske version  
[http://www.isogklima.nbi.ku.dk/publikationer/frozen\\_annals/](http://www.isogklima.nbi.ku.dk/publikationer/frozen_annals/)
- Generel introduktion til iskerner:  
<http://www.isogklima.nbi.ku.dk/publikationer/popvid/naturvidenskabforalleiskerner.pdf>

Vi vil i nogen grad hjælpe med at finde egnet materiale, men den studerende må forvente selv at skulle lede efter materiale og at noget materiale kun vil være tilgængeligt på engelsk.

### Eksempel på beregning og eventuelt plot eller lignende

Alle projekter kræver matematisk grundviden og de fleste projekter kræver at man kan lave simple grafer, udføre regression og lignende. Dette vil i nogle tilfælde være i underkanten til at retfærdiggøre matematik som et af de to fag, så det tilrådes at den studerende tidlige rådfører sig med sin lærer/vejleder herom. Modelprojekterne er mere matematisk orienterede, og det er nævnt ovenfor hvor særlige kundskaber eller metoder er nødvendige.

## På NBI

### Eksperiment/simulering/datahøst

Se afsnittet "Særligt for foråret 2021" ovenfor vedr. eksperimentelt arbejde.

Afhængig af situationen vil vejledning foregå som en blanding af online og fysiske møder enten i grupper, der arbejder med samme eksperiment, eller individuelt.

I modellerings- og litteratur-baserede projekter inviteres den studerende til et antal møder på centeret til faglig sparring og diskussion af resultaterne.

### Varighed

Et par dage.

## Med NBI

### Kontakt

Både studerende og vejlederen er velkommen til at kontakte lektor Sune Olander Rasmussen, [olander@nbi.ku.dk](mailto:olander@nbi.ku.dk) i forbindelse med projektformuleringen og eventuelle afklarende spørgsmål efter

elevens besøg på NBI.

Vi beder om at blive konsulteret inden den endelige opgaveformulering fastlægges for at sikre at opgavens indhold er afstemt med de forventelige eksperimentelle resultater og vejledningsressourcer.