

# INDLANDSISEN ER OVERRASKENDE FØLSOM

**Når temperaturen stiger, går der ikke lang tid, før Indlandsisen kaster flere isbjerge og mere smeltevand af sig, end den plejer. Afsmeltningen kan få store konsekvenser for Jordens klimasystem.**

TEKST: ANNE RINGGAARD · LAYOUT: LYKKE SANDAL

**P**lastikæsker med håndskrevne mærkater er stablet på hylderne i en stigereol, der når fra gulv til loft på professor Camilla S. Andresens kontor i København. Æskerne indeholder små prøver af sediment. Geologen har siddet i vuggende både på grønlandske fjorde og hevet det op i meterlange rør. Dato og sted for borerne er nøje noteret.

”Nogle gange, når jeg har været på ekspedition, kan jeg komme hjem med 20 borekerner. Så ved jeg, at ærmerne skal smøges op, for det tager lang tid at komme igennem alle analyserne. Jeg bliver ved med at opdage nye ting i dem og få forskningsresultater ud af dem, mange år efter at jeg har hentet dem,” fortæller hun om de rør med sediment, hun har i årenes løb har fået transporteret fra Grønland til De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønlands

(GEUS) kernelager i Taastrup. Sediment er mineraler og partikler, der gennem Jordens historie er blevet aflejret som lag i jordskorpen og på bunden af søer, fjorde, floder og have.

## VIGTIG VIDEN

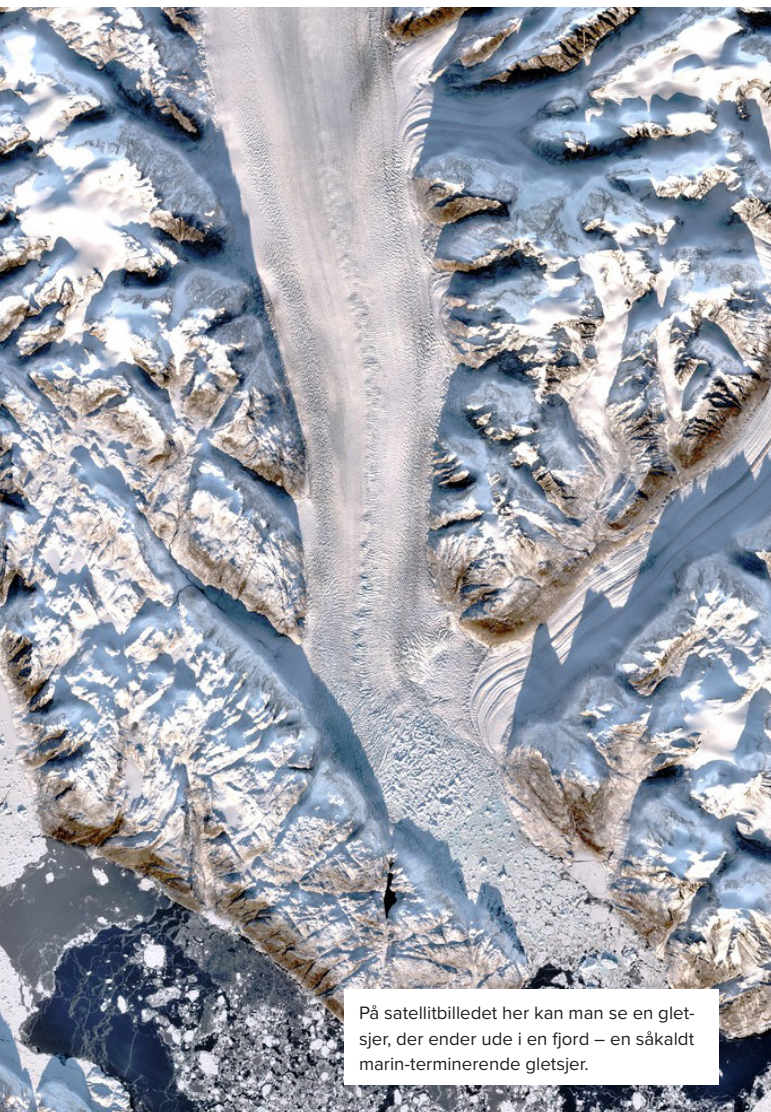
Camilla Snowman Andresen er professor i Afdeling for Glaciologi og Klima i GEUS. Hun er en af de få palæoklimatologer i verden, der er specialiseret i at bruge sediment fra bunden af grønlandske fjorde. Det bruger hun til at få viden om, hvordan Indlandsisen historisk set har reageret på klimaændringer.

### CAMILLA SNOWMAN ANDRESEN

Professor i Afdeling for Glaciologi og Klima ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og professor ved Universitetet i Bergen (UiB). Ph.d. i geologi fra Københavns Universitet.







På satellitbilledet her kan man se en gletsjer, der ender ude i en fjord – en såkaldt marin-terminerende gletsjer.

Den viden er vigtig, fordi den igangværende globale opvarmning medfører, at større mængder indlandsis smelter.

Indlandsisen består af frossent ferskvand. Når den smelter, fosser det ud i de omkringliggende fjordes salte vand. De to vandmasser blandes og løber videre ud i det nordatlantiske hav.

Afsmeltningen kan påvirke vigtige havstrømme, som har betydning for klimaet på Jorden – heriblandt Golfstrømmen. Camilla S. Andresen håber, at hendes forskning kan bidrage med viden om konsekvenserne, så vi bedre kan forberede os på fremtiden:

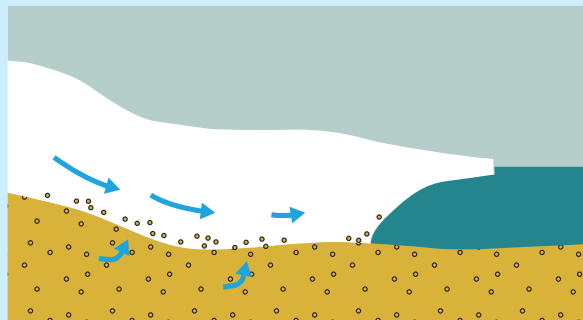
”Det handler grundlæggende om at få en forståelse for, hvilke mekanismer det sættes i gang, når Indlandsisen smelter. Der er mange af de processer, vi ikke forstår endnu”.

#### SAND ER TEGN PÅ ISBJERGE

Indtil for 20 år siden opfattede klimaforskere Indlandsisen som en ekstremt robust klods, der kun meget langsomt i løbet af tusindvis af år lader sig påvirke af små ændringer i klimaet.

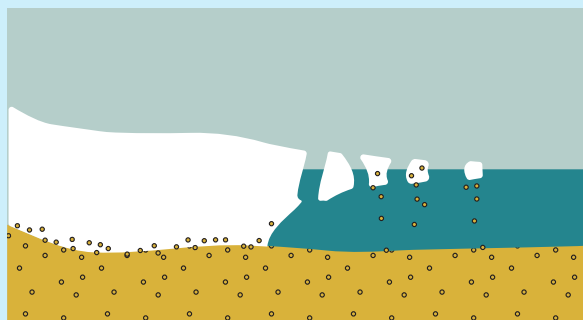
Men Camilla S. Andresen og andre forskere har efterhånden

#### SÅDAN ENDER SEDIMENT I FJORDENE

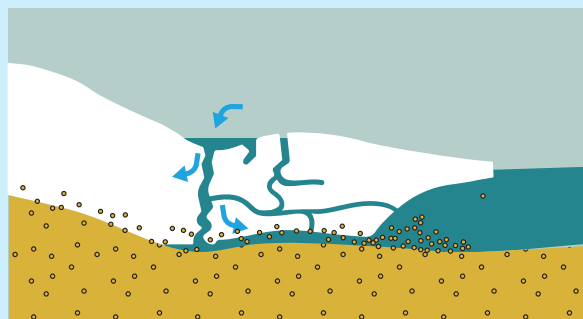


Sediment bestående af sand, grus og fint ler fra grundfjeldet trænger op i Indlandsisen, når iskappen bevæger sig hen over klipper og jord.

Efterfølgende ender sedimenterne i fjorden på to måder:



Når isbjerge brækker af og smelter ude i fjorden, synker sand og grus til bunds. Nogle gange finder forskerne endda store sten fra grundfjeldet i borekerner fra fjordene.



Smeltevand dannet på iskappens overflade trænger ned til isens underside via naturligt skabte kanaler og tunnelsystemer. Når smeltevandet fosser ud ved gletsjerfoden, fører det store mængder af fint ler fra grundfjeldet med sig.

Den sediment-rige vandmasse bevæger sig videre ud i fjorden, hvor det fine ler langsomt drysser ned på bunden.

vist, at det er en forkert antagelse: Historisk har de dele af iskappen, der smelter ud i fjorde og have, reageret hurtigt selv på små og midlertidige temperaturstigninger. Det viser professorens analyser af boreprøver fra grønlandske fjorde. Flere af resultaterne er citeret i rapporter fra FN's klimapanel, IPCC.

>

## SÅDAN ANALYSERES BOREKERNER FRA GRØNLANDSKE FJORDE

Camilla Snowman Andresen og hendes kollegaer tager jævnligt på feltarbejde i Grønland, hvor de henter borekerner i grønlandske fjorde. Borekerne indeholder sediment, som er blevet aflejret i løbet af de seneste cirka 10.000 år. De sendes i lange rør til Danmark, hvor de analyseres på forskellig vis.

### RØNTGENFOTOGRAFERING

Røntgenbilleder giver forskerne en tredimensionel forståelse af, hvilken struktur og type af sediment borekerne består af.

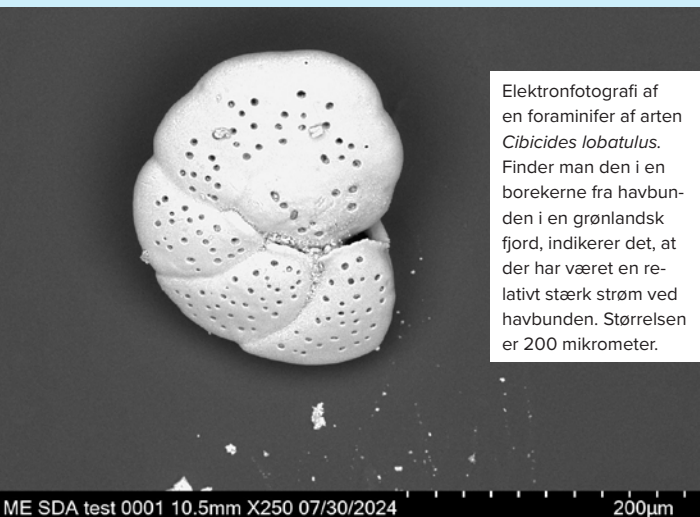
Billederne viser, om sedimentet egner sig til klimaundersøgelser, eller om der har været forstyrrelser i sedimentet – for eksempel et undersøisk jordskred – som har ødelagt historietællingen.

Røntgenbillede af en borekerne bestående af smeltevandssedimenter. De lysere lag er en smule grovere sediment, der kan dannes, når der er mere fart på smeltevandet.

### FOSSILANALYSE

Forskerne kortlægger fortidige klimaændringer ved at studere sedimentets indhold af biologiske efterladenskaber fra organismer, der levede i vandsøjlen eller på havbunden, for eksempel foraminiferer. Foraminiferer er encellede organismer, der danner en beskyttende kalkskal omkring sig.

Ved at studere skallerne under et mikroskop afgør forskerne, hvilke arter af foraminiferer der er aflejret i forskellige perioder. Nogle arter foretrækker for eksempel varmere vand end andre. Artssammensætningen er derfor en proxy for temperaturer. Foraminifererne bruges til at datere sedimentet med kulstof-14-metoden, som du kan læse mere om på [geoviden.dk/fortidsklima](http://geoviden.dk/fortidsklima).



Elektronfotografi af en foraminifer af arten *Cibicides lobatulus*. Finner man den i en borekerne fra havbunden i en grønlandsk fjord, indikerer det, at der har været en relativt stærk strøm ved havbunden. Størrelsen er 200 mikrometer.

### TILBAGE TIL FORTIDENS HAV

I sommeren 2024 var geolog og professor Camilla Snowman Andresen og andre forskere på togt med forskningsskibet Sir David Attenborough. Fra skibet bo-



rede de bl.a. sedimentkerner op af havbunden i en række fjorde i Østgrønland. Kernerne består af mudder og sand fra Indlandsisens gletsjere samt spor efter skaller og biologisk materiale. Ved at analysere kernerne på forskellige måder kan geologerne få et indblik i, hvordan havet påvirkede gletsjerafsmeltning i fortiden.

Det er sand i sedimentkernerne, der fortæller Camilla S. Andresen, at Indlandsisen er skrøbelig. Sandet kommer fra grundfjeldet under Indlandsisen.

Isbjerge bringer sandet med sig, når de knækker af Indlandsisens gletsjere og flyder ud på fjordene. Når bjergene smelter, synker sandet hurtigt til bunds.

På fjordbunden adskiller sandet fra Indlandsisens grundfjeld sig markant fra det mudder, det bliver begravet i. Derfor kan sandet bruges som en proxy – det vil sige indikator – for, hvor meget is der i tidens løb er knækket af iskappen.

”Forsimplet sagt er konceptet: Jo mere sand vi finder i en prøve fra en bestemt periode, desto flere isbjerge må der have været,” forklarer hun.

### HVORFOR KÆLVEDE HELHEIM-GLETSJEREN?

I et af sine studier har Camilla S. Andresen analyseret sediment, der op gennem det 20. århundrede er blevet aflejret i den østgrønlandske fjord Semilik. Det er her, Grønlands tredjestørste gletsjer, Helheim-gletsjeren, kælver.

Professoren studerede, hvor meget sand fra Indlandsisen der i forskellige perioder er sunket til bunds. Formålet var at finde ud af, hvorfor Helheim-gletsjeren og andre udløbsgletsjere pludselig begyndte at kælve meget mere end normalt i starten af 00'erne.

Når Indlandsisens gletsjere kælver, betyder det, at store flager knækker af som isbjerge, der flyder ud på fjorde og have.

Analyserne af sediment fra Semilik-fjorden afslørede, at Helheim-gletsjerens øgede kælvnings i starten af



00'erne ikke var usædvanlig. Op gennem 1900-tallet har isen flere gange reageret hurtigt på små, midlertidige temperaturudsving.

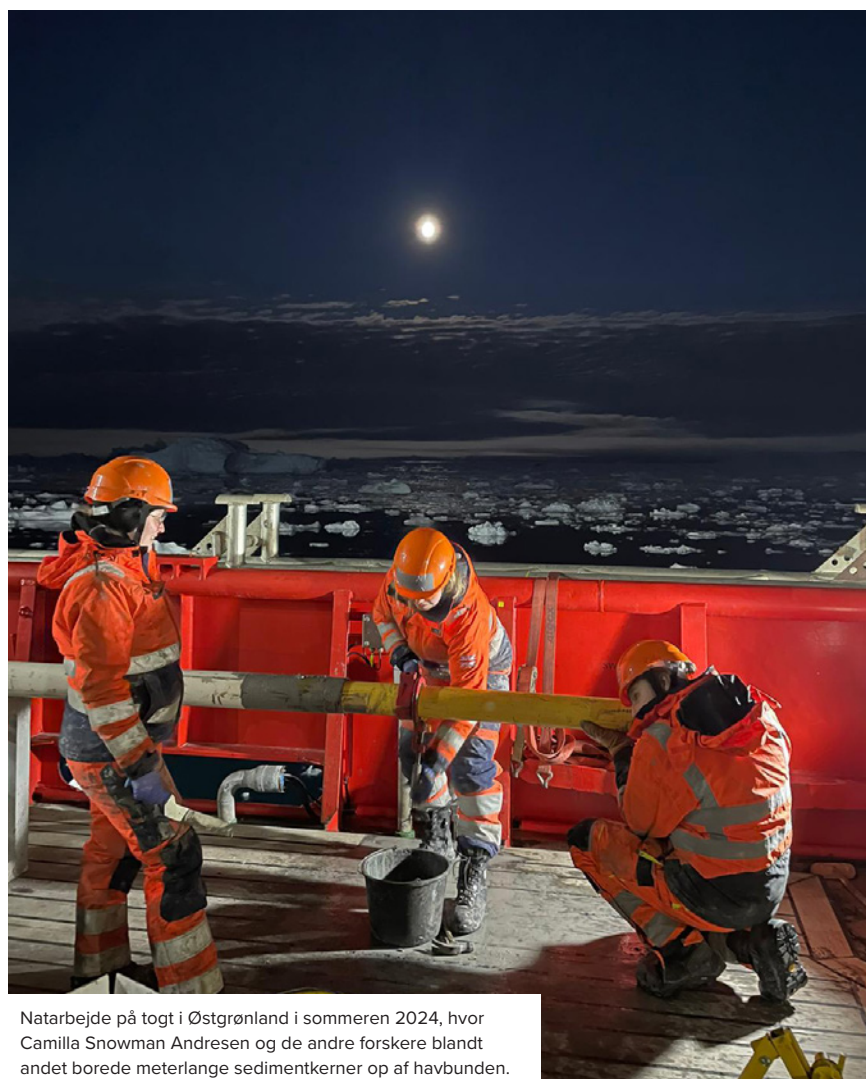
Da gletsjerne begyndte at kælte meget mere end normalt i 2000 til 2005, skyldtes det højst sandsynligt, at isen reagerede på den globale opvarmning og et klimatisk fænomen kendt som den Nordatlantiske Oscillation (NAO), forklarer Camilla S. Andresen.

NAO er forårsaget af svingninger i det atmosfæriske tryk ved havoverfladen i Nordatlanten. I starten af 00'erne medførte fænomenet, at vandtemperaturen omkring Grønland midlertidigt steg en smule.

Indlandsisens gletsjere reagerede altså prompte på temperaturstigningen ved at kælte mere, ligesom de har gjort flere gange tidligere.

#### FORSKNING BLIVER BRUGT AF FN'S KLIMAPANEL

Studiet er ikke det eneste, Camilla S. Andresen har lavet, som viser, at Indlandsisen reagerer prompte på temperaturændringer.



Natarbejde på togt i Østgrønland i sommeren 2024, hvor Camilla Snowman Andresen og de andre forskere blandt andet borede meterlange sedimentkerner op af havbunden.

“Vi kender endnu ikke de fulde konsekvenser, men én ting er sikkert: Indlandsisens afsmeltning vil have betydning for klimaet langt væk fra Grønland.”

CAMILLA SNOWMAN ANDRESEN

PROFESSOR, GEUS

Igennem årene har hun samlet borekerner fra adskillige udløbsgletsjere. Analyserne viser, at:

- et varmt klima samtidig med Romertiden (0-300 AD) og i Middelalderen (900-1200 AD) fik nogle af Indlandsisens udløbsgletsjere til at smelte hurtigere end normalt.
- mange af de grønlandske gletsjere var mere stabile og fremskredne før den globale opvarmning. Før i tiden producerede gletsjerne slet ikke så mange isbjerge som i dag.

”Vi har dokumenteret, at udløbsgletsjere reagerer hurtigere på temperaturforandringer, end man havde regnet med,” siger Camilla S. Andresen.

Palæoklimatologi bidrager på den måde med vigtig og samfundsrelevant forskning, som er nødvendig for at forstå konsekvenserne af den nuværende globale opvarmning, mener hun:

”Vi kender endnu ikke de fulde konsekvenser, men én ting er sikkert: Indlandsisens afsmeltning vil have betydning for klimaet langt væk fra Grønland. Vi ved fra andre palæoklimatiske studier, at smeltevand i meget store mængder påvirker overfladetemperaturen og saltholdigheden i Nordatlanten.”

Små temperaturændringer i det nordatlantiske hav kan forplante sig til større klimatiske forandringer, der har betydning andre steder i verden.

”Lige nu prøver vi at finde ud af, hvor meget og hvor hurtigt smeltevand fra Indlandsisen skal fosse ud i havet for at igangsætte ændringer i klimaet,” afslutter Camilla S. Andresen. •