

Brænder isen?

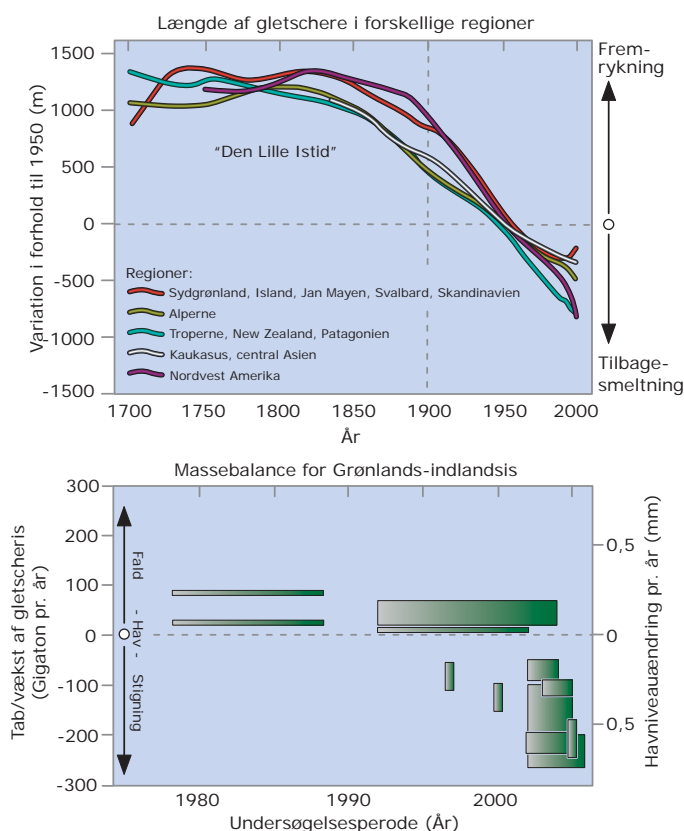
Effekten af globale klimaændringer illustreres ofte i medierne med billeder af gletschere, som er ved at smelte tilbage. Men hvad er egentlig tilstanden for verdens gletschere, set med videnskabens øjne?

Af Kurt H. Kjær

■ Effekten af klimaændringer portrætteres ofte dramatisk gennem kaskader af smeltevand, der fosser henover overfladen af gletschere for at buldre udover isranden sammen med store isskoster eller for at forsvinde i dybe sprækker i isen. Man er ikke i tvivl – isen brænder, mens CO₂ pumpes ud i atmosfæren. Isen vil svinde ind år efter år på toppen af verdens bjerge, mens kæmpe is-øer river sig løs og sejler af sted fra verdens store iskapper i Antarktis og Grønland og åbner for hidtil usete fjorde og dale. Alt dette er ifølge medierne, formidlere og meningsdannere den verden, vi og vore børn kommer til at opleve i en tid med globale klimaændringer. Men hvad er tilstanden for verdens gletschere, hvorfor interesserer de os i et globalt perspektiv og reagerer de uventet på klimaændringerne?

Smeltning

De dystre forudsigelser skyldes for en stor dels vedkommende fremskrivninger af den udvikling, som har fundet sted inden for de sidste årtier, hvor ny avanceret fly- og satellitovervågning har vist udviklingen fra år til år i nedisede områder.



Figur 1. Øverst: Oversigt over tilstanden af verdens gletschere de senest 300 år baseret på længden af gletschere i forskellige regioner. Den stiplede vertikale linje viser tidspunktet for afslutningen af den Lille Istid. Nederst: Sammenstillingen af titals massebalance undersøgelser fra Grønlands-indlandsis. Boksene viser undersøgelsesperioden, dets usikkerhed. Enkelte undersøgelser finder også et gradvist stigende tab som startede tilbage i midten af 1990'erne. Kilde: delvist efter IPCC 2007.

Siden starten af 1980'erne er der fortaget massebalancemålinger henover Grønlands indlandsis, der beregner tab eller vækst af gletscheris pr. år (figur 1). Disse

målinger viser et generelt tab af gletscheris på ca. 50-230 gigaton pr. år inden for de seneste 15 år, hvor de centrale områder af indlandsisen vokser i tyk-

kelse, mens de kystnære områder udtynnes endnu hurtigere. Iskapperne i Antarktis ændrer også sin masse et sted mellem +50 til -200 gigaton gletscheris pr. år, men usikkerheden er af samme størrelsesorden som variationen, og forandringerne over de seneste 10 år synes at være mere beherskede end i Grønland. Resultaterne repræsenterer mildest talt en inhomogen samling data, der dækker over forskellige metoder og efterbehandling af data. En del af undersøgelserne har en lav dækningsgrad af iskapperne, hvor resultatet må ekstrapoleres fra et mindre undersøgelsesområde til hele ismassen for at give et helhedsbillede. At forskellige undersøgelsesmetoder giver forskellige resultater er selvfølgelig ikke opsigtsvækkende, når man taget det enorme areal af iskapperne i betragtning, men det gør sammen med det korte tidsinterval for undersøgelserne, det svært at vurdere stabiliteten af iskapperne på Grønland og Antarktis, når den naturlige variation ikke kan skilles fra en eksakt udvikling. I denne sammenhæng er det interessant at se længere tilbage i tiden – for ca. 9000-6000 år siden, hvor klimaet var lidt varmere end det nutidige, stod randen af den



Figur 2. Rhonegletscheren i Schweiz – før og nu. Det markante farveskifte på fjeldsiden viser hvor gletscheroverfladen stod under den Lille Istid i tiden mellem år 1500-1900. Gletscheren har altså haft en overordnet negativ massebalance siden afslutningen på den Lille Istid.

grønlandske indlandsis flere steder 20 kilometer inden for sin nuværende position.

Ved at studere historiske malerier og fotografier kan vi forsikre os om, at de mindre dalgletschere også ændrede volumen før i tiden. Under den Lille Istid mellem ca. år 1500-1900, hvor klimaet var koldere, voksede størstedelen af verdens gletschere og standsede flere gange i en fremskudt position (figur 2). I Alperne kan man også følge tilbagesmeltningen siden den Lille Istid og se hvordan længden af gletscherne reduceres år efter år (figur 1). Gletschere er altså følsomme og troværdige indikatorer på klimaændringer, og de forsøger at tilpasse sig og opnå en ligevægt, hvor

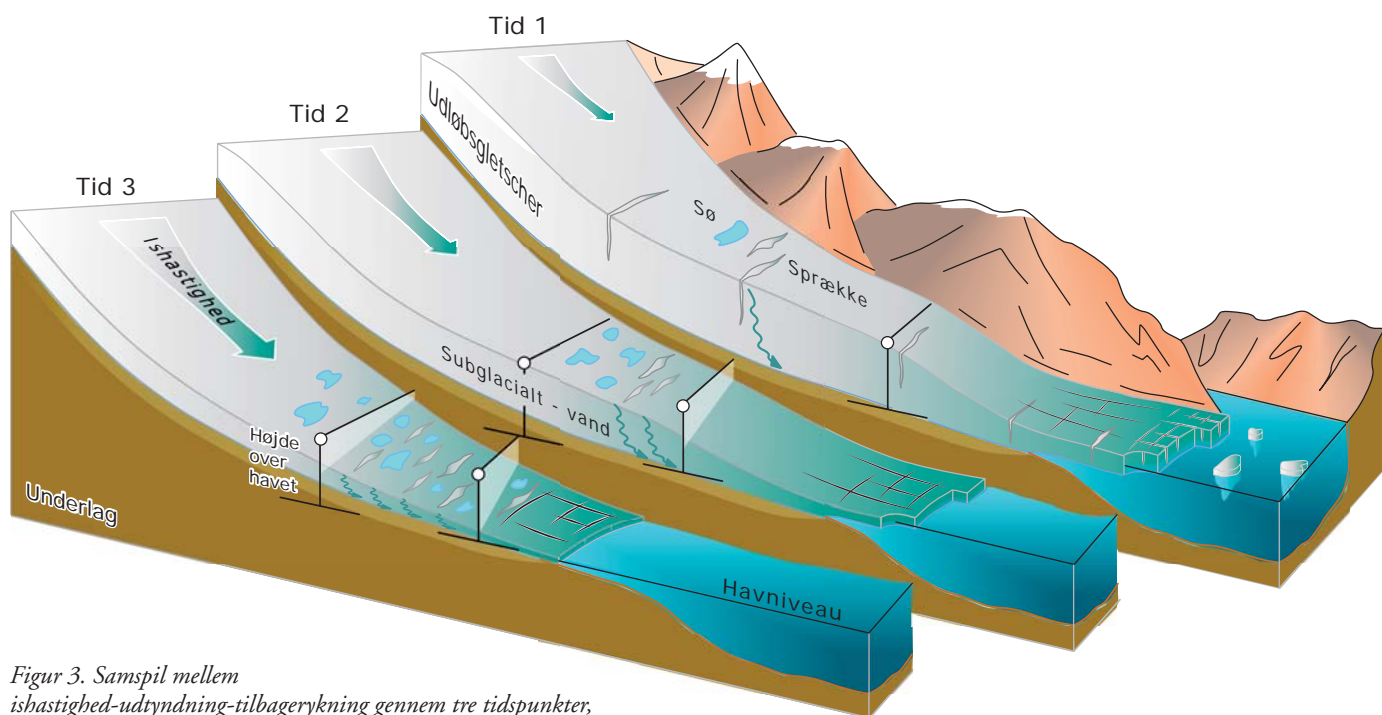
deres størrelse er afstemt med det omgivende klima. Tendensen fra Alperne kan genkendes ved de fleste andre dalgletschere rundt om i verden og argumentet for at nutidens udvikling ikke bare er en forlængelse af afslutningen på den Lille Istid er at mange dalgletschere stoppede deres reduktion eller ligefrem avancerede mellem 1950-1975. Nutidens tilbagesmeltning må altså være koblet til udviklingen af klimaet de seneste 30 år. På den Antarktiske Halvø viser en ny undersøgelse, at ni tiendedele af gletscherne har trukket sig tilbage over det seneste halve århundrede. Men historien er mere interessant for det er ikke kun en varmere atmosfære som spiller ind på ændringerne i

gletscherne masse. Selve symbolet på de globale klimaændringer – Kibo-gletscheren på toppen af Kilimanjaro i Østafrika – påvirkes tilsyneladende ikke af atmosfæriske opvarmning, da hele gletscheren stadig befinder sig langt under nul grader. Ved 5000 m's højde er temperaturen ca. 32 °C koldere end ved havoverfladen. Derimod synes manglende nedbør i form af sne at udsulte gletscheren, der samtidig mister masse ved sublimering, altså hvor is skifter fase direkte til vanddamp på grund af kraftig solindstråling. Tendensen kan kobles til en flere hundrede år gammel ændring i den atmosfæriske cirkulation og nedbørmønstret i det Indiske Ocean. Hvis den globale

opvarmning spiller ind, må det være som en forstærkning af en længerevarende udvikling og ikke årsagen til at "Kilimanjaro sne" forsvinder.

Den globale interesse

Interessen for tilstanden af verdens gletschere og de store iskapper på Grønland og Antarktis samler sig om deres indflydelse på havniveauet i verdenshavet og ændring af havstrømmene i Nordatlanten. De forholdsvis små gletschere som man typisk finder i de Skandinaviske, Alperne eller Himalaya, er uden den store globale betydning. Deres afsmeltning kan dog have meget stor indflydelse på regionale vandressourcer og



Figur 3. Samspil mellem ishastighed-udtyndning-tilbagerykning gennem tre tidspunkter, der kan medføre hastig tilbagerykning af isranden.

klimaforhold. I Himalaya kan opmagasineret smeltevand i store issøer pludselig tømmes med katastrofale konsekvenser for lokalbefolkningen, der lever i de lavere liggende dale.

Globalt set er det den grønlandske indlandsis og iskapperne på Antarktis, der kan påvirke Jordens klima fundamentalt. En total afsmeltning af

den grønlandske indlandsis ville betyde en verdensomspændende havniveau-stigning på 7 m, og hvis det Antarktiske isskjold forsvandt yderligere en stigning på 50-60 m. Tabet af masse fra den grønlandske indlandsis modsvarer i øjeblikket en havniveau-stigning i verdenshavene på op til ca. 0,8 mm pr. år (Figur 1). Men allerede ved en mode-

rat havniveau-stigning på mindre end 1 m vil det have store konsekvenser for lavtliggende kyster forbundet med økonomiske interesser. Enorme mængder af fersk, koldt smeltevand ville ødelægge strømningsmønstret og givetvis ændre klimaet i landene omkring Nordatlanten. Normalt vil klimaændringer først efter et vist tidsrum påvirke de store iskapper – en ændring i klimaet slår først igennem efter en vis reaktionstid. Den grønlandske indlandsis forventes at reagere med flere tusinde års forsinkelse på klimaændringer, og et bidrag på flere meters global havniveau-stigning inden for en overskuelig fremtid må anses for usandsynligt. Men alt afhænger af forståelsen af de processer, der styrer stabiliteten af Indlandsisen.

Det kan gå hurtigt

En af de helt store overraskelser, som den seneste forskning har bragt frem, er, hvor hurtigt udløbsgletschere fra den indre del af indlandsisen i Grønland ændrer deres hastighed. To af de store udløbsgletschere i sydøst-Grønland – Helheim og Kangerdlugssuaq fordoblede deres hastighed inden for ét år omkring 2004 for efterfølgende at genvinde udgangsniveauet

to år senere. Den øgede hastighed var så kraftig, at det kunne aflæses i antallet af mindre jord-skælv, der blev udløst ved bunden af isen, når den gled hurtigt henover sit underlag. Forløbet viser en ting med sikkerhed: Vi forstår ikke dynamikken bag disse ændringer og deres relation til klimaet.

På Antarktis synes isen også at reagere mere dynamisk end forventet. I større områder omkranses iskappen af flydende gletscheris, såkaldte is-shelfer. Enorme is-shelfer har flere gange under de sidste 10 år brudt op, og is-øer på størrelse med Fyn er sejlet af sted. Problemet er ikke den flydende is i sig selv, men at udløbsgletscherne i de bagvedliggende dale ikke længere holdes tilbage af is-shelferne. Dalene tømmes derfor uhørt hurtigt for is og trækker mere is med ud i havet fra den indre del af iskappen, som kan kollapse.

Selvom Indlandsisens største ismasse findes i det indre af Grønland, så er det lokale klimaforhold og dræneringsmuligheder i randzonen, der betinger hvor hurtigt isen kan reagere på klimaændringer. Det har også vist sig, at smeltevand fra isoverfladen hurtigere end forventet kan finde vej til

Klimabalance

– gletschere og iskapper

Størrelsen af dalgletschere og iskapper er resultatet af balancen mellem den årlige nedbørsmængde, altså sne, der tilføres gletscheroverfladen, og det årlige tab af masse, som kan tilskrives kalvning af is (isbjerge), overflade- og bundsmeltning, samt sublimation under meget kolde klimaforhold. Ved varmere klima og/eller mindre sne-mængder bliver denne massebalance negativ, og gletscherfronten trækker sig tilbage. Hvis klimaet derimod bliver koldere og/eller der falder mere sne bliver massebalancen positiv, og gletscheren vil bevæge sig fremad. Oftest falder der mest sne om vinteren og smelter mest is og sne om sommeren. Grænsen, hvor vinterens sne ikke når at smelte om sommeren, og hvor sneen smelter helt væk, kaldes for *ligevægtslinjen*.

Over ligevægtslinjen kan sne presses sammen til is, der langsomt bevæger sig mod bunden og flyder ud mod randen styret af tyngdekraften. En sund gletscher har lidt mere end halvdelen af sit areal over ligevægtslinjen. Hvis det ikke er tilfældet vil gletscheren forsøge at tilpasse sig til den nye situation, men hvis ligevægtslinjen ligger meget højt oppe eller helt over gletscheren betyder det, at der ikke akkumuleres sne på overfladen og at smeltning er dominerende.

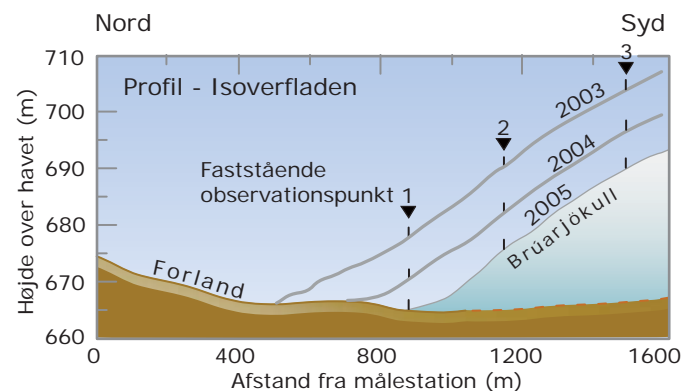


Figur 4. Nordranden af Vatnajökull på øst-Island, sommeren 2003, set fra en helikopter over gletscheren. Brúarjökull – en udløbsgletscher fra Vatnajökull galopperede 8 km frem i vinteren 1963/64 og smelter nu hastigt tilbage. Under det nuværende klima rykker gletscherfronter op til 200 m tilbage om året – en helt naturlig situation, da gletscheren har bragt is ned i et område med et klima, som ikke normalt tillader gletscheris at eksistere.

bunden af isen. Derved smøres underlaget af en vandfilm, og hastigheden stiger markant. Nu starter en selvkørende proces: Ved stigende hastighed udtynnes isens reservoir, og overfladen sænkes til en lavere højde og eksponeres derved for højere temperaturer, der igen leder til stigende afsmeltning – mere smeltevand og endnu højere hastighed (figur 3). Udløbsgletscheren vil under dette samspil rykke periodevis tilbage afhængig af bundtopografien. Kæden af processer kan forkorte reaktionstiden på klimaændringer betydeligt på den grønlandske Indlandsis.

De ikke egnede

I klimadebatten vises ofte før/nu billeder af gletschere, som har ændret deres størrelse betydeligt gennem de seneste 100 år (figur 2). Men i flere tilfælde har man valgt en type gletscher, som ikke er velegnet til den slags simplificerede fremstillinger. Her tænkes på de såkaldte galopperende



Tilbage smeltningen af Brúarjökull fra 2003 til 2005.

gletschere, som pludselig flyder flere kilometer frem i løbet få uger eller måneder for derefter at smelte hastigt tilbage (figur 4). Ved at fremhæve tilbagemeltningsfasen viser man kun den halve sandhed, nemlig den at gletscheris bliver transporteret uforholdsmæssigt langt ned og er bragt ud af balance og naturligvis smelter af for at tilpasse sig det omgivende klima.

Det står klart, at næsten alle verdens gletschere og store

iskapper er ude af balance med dagens klima. De fleste smelter tilbage, mens andre modtager mere snedebør i sammenhæng med varmere og fugtigere vejr. De holder midlertidigt deres position. Nu er erfaringshorisonten for disse hurtige ændringer ikke lang, og kun fremtidig overvågning samt rekonstruktion af den tidligere udvikling flere tusinde år tilbage i tid kan sætte dem i det rette perspektiv. ■

Om forfatteren



Kurt H. Kjær er docent og forskningslektor ved Statens Naturhistoriske Museum
Tlf.: 3532 2374
e-mail: kurtk@snm.ku.dk

Statens Naturhistoriske Museum: <http://snm.ku.dk>

Videre læsning:

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Kapitel 4: Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>

Das Gletscherarchiv. Gletscherarkiv fra Alperne med sammenlignende fotografier fra afslutningen af den Lille Istid og nu. www.gletscherarchiv.de

World Glacier Inventory.

"The World Glacier Inventory" indeholder information fra mere end 67.000 gletschere fra hele verden. www.nsidc.org/data/g01130.html