

Newzealandske gletschere

- nogle af Verdens mest klimafølsomme

Af Mette Riger-Kusk, ph.d.-studerende, University of Canterbury, New Zealand

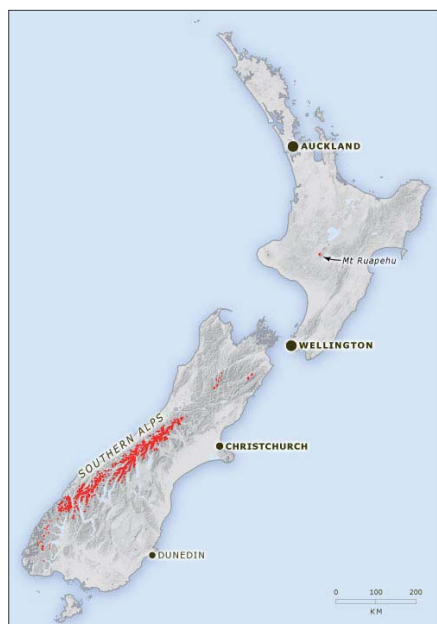
Svingninger i udbredelsen af Verdens ismasser er en af de mest pålidelige indikatorer for ændringer i de klimatiske forhold. Men selv i et så begrænset område som New Zealand findes der store regionale forskelle på gletschernes respons på klimaforandringer. Dette ses tydeligt i dag, hvor nogle gletschere oplever en dramatisk tilbagetrækning, alt imens andre vokser.

En gammel Maori-legende fortæller historien om, hvordan en af New Zealands mest imponerende gletschere blev dannet:

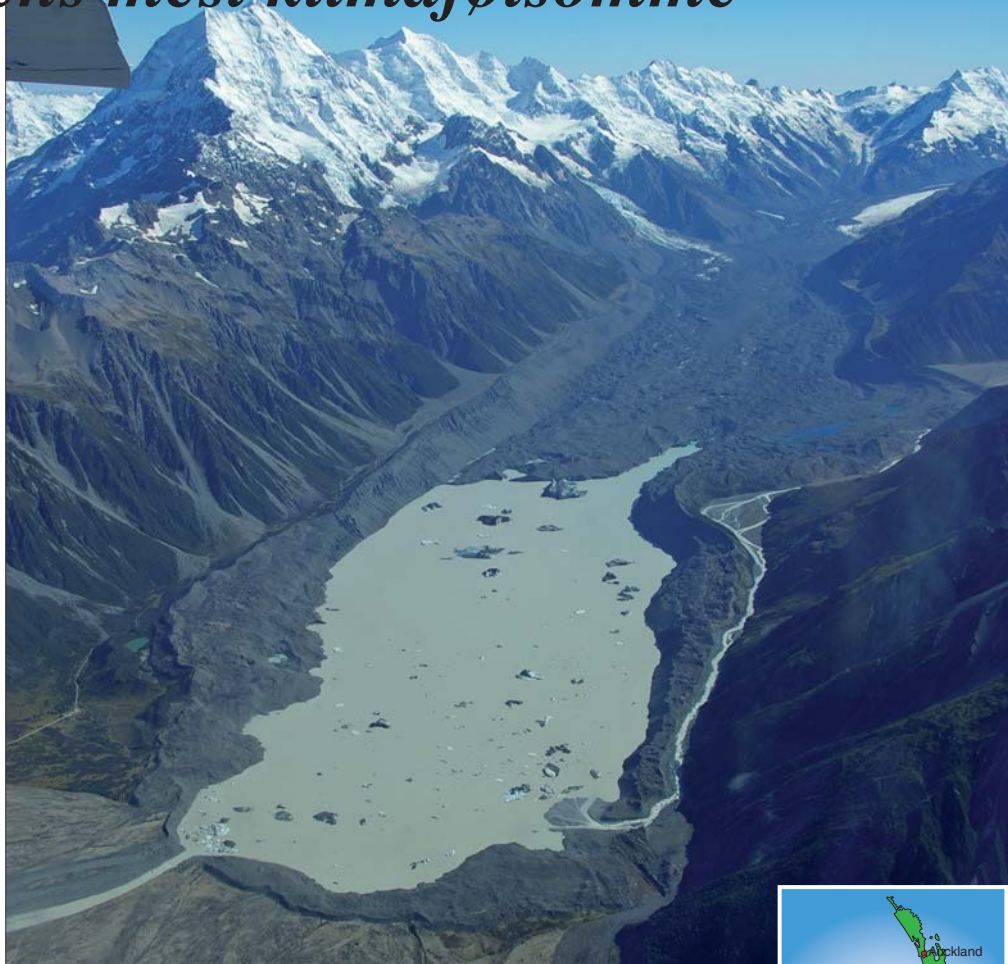
Hinehukaterne elskede at klatre i bjergene og overtalte sin elskede, Tawe, til at klatre med sig. Tawe faldt tragisk fra bjergtoppen og døde. Hinehukaterne blev overvældet af sorg og hendes mange, mange tårer frøs til is og dannede gletschere Ka Roimata o Hine Hukaterne (Lavinepigens tårer).

Tidlige observationer er sjældne

De fleste mennesker kender Ka Roimata o



Kort over New Zealand. Med rødt er angivet positionerne for landets gletschere. (Kilde: Trevor Chinn)



- Dalgletscher med lille hældning
 - Nedbør: 3.000 (front) – 7.000 mm v.æ.* pr år
 - Areal: 98 km²
 - Længde: 29 km
 - Hastighed: 0,3-0,6 m pr dag
 - Højdeinterval: 715-3.500+ m o.h.o.**
 - Sedimentdækket gletscherfront
 - Proglacial sø dannet i 1985
 - Reaktionstid: 20-100 år
- * vandækvivalent
** meter over havets overflade



Fotoet viser den nedre del af Tasman Glacier og dens proglaciale sø. Søen er opdæmmet af en moræne aflejret under Den Lille Istid og fyldt med kælvede isbjerge. (Foto: Mette Riger-Kusk)

Hine Hukaterne som *Franz Josef Glacier*, et navn givet til gletschere i 1863 af den tyske landinspektør og geolog Julius von Haast, der producerede nogle af de første kort og malerier af newzealandske gletschere.

Tidlige observationer af gletschere er sjældne i New Zealand ikke kun på grund af landets relativt korte videnskabelige historie, men også på grund af den ufremkommelige natur, der kan være noget af en udfordring selv for den ivrige glaciolog. De fleste gletschere ligger højt oppe i bjergene og langt fra beboede områder, hvilket gør langvarige videnskabelige programmer vanskelige. Men er man villig til at acceptere strabadserne, udgør sne- og is-forsk-

ninggrupperne i New Zealand et åbent og inspirerende arbejdsmiljø med uendelige forskningsmuligheder og med et godt samarbejde mellem universiteter og andre forskningsinstitutioner.

Disse grupper arbejder i øjeblikket især med, hvordan udbredelsen af newzealandske gletschere har varieret over tid, og hvordan denne viden kan anvendes til at forudsige, hvordan gletschere vil reagere overfor fremtidige klimaforandringer.

På grund af deres ekstremt store årlige massetilvækst (akkumulering) og -tab (ablation) er gletschere blandt nogle af Verdens mest klimafølsomme, og de har som følge deraf også oplevet store svingninger i volu-



- Stejl bjerggletscher
- Nedbør: 5.000 mm (front) - 12.000 mm v.æ. pr år
- Areal: 35 km²
- Længde: 11 km
- Hastighed: op til 2,5 m pr dag
- Højdeinterval: 300-2.900 m o.h.o.
- Gennemsnitlig lufttemperatur ved gletscherfronten: ~ 11 °C
- Årlige ablation ved fronten: 20 m v.æ. pr år
- Ren gletscheroverflade
- Reaktionstid: 5-20 år



The Franz Josef Glacier/Ka Roimata o Hine Hukatere. Fotografiet viser fronten af gletscheren. (Foto: Trevor Chinn)

men før i tiden. Nye dateringsteknikker så som registrering af koncentrationer af radioaktive isotoper tilført ved kosmisk stråling efter aflejring og eksponering (Surface Exposure Dating, SED) har for nylig med stor succes været anvendt til at aldersbestemme holocæne newzealandske moræneaflejringer. Resultaterne har givet nye fascinerende oplysninger om svingninger i udbredelsen

af gletschere på den sydlige halvkugle og vil bidrage til forståelsen af mønstre og timing af klimaændringer mellem den nordlige og sydlige halvkugle.

New Zealands gletschere

New Zealand ligger mellem 34° S og 47° S på grænsen mellem subtropiske og subpolare vand- og luftmasser. Ændringer i placeringen af denne grænse sker som følge af ændringer i *El Niño Southern Oscillation* (ENSO), der kan føre til både årlige og flerårige variationer, hvilket direkte påvirker massebalancen (forholdet mellem akkumulation og ablation) for landets gletschere. *El Niño* resulterer normalt i lavere luft- og vandtemperaturer og øget nedbør. La Niña derimod bringer højere temperaturer og mindre nedbør og derfor mindre gunstige betingelser for udbredelse af gletschere. Undersøgelser har vist, at variationer i New Zealands gletschere primært er kontrolleret af ændringer i lufttemperaturen og i mindre grad ændringer i nedbørsmængden.

Der findes mere end 3.100 tempererede, maritime gletschere i New Zealand med størrelser over 0,01 km² (se kort). Samlet udgør de et areal på 1.158 km² og et volumen på 53 km³, med *Tasman Glacier* som den største. Næsten alle New Zealands gletschere findes på *Sydøen* i bjergkæden kaldet *Southern Alps*. Med en gennemsnitlig højde

på mellem 2.000 og 3.000 meter fungerer bjergene som en 600 km lang barriere for de vestlige vinde, der dominerer på den sydlige halvkugle. *Mount Cook* (3.754 m) er det højeste bjerg, og de fleste gletschere ligger i dets nærhed (på 43,5° S). Der findes en kraftig nedbørsgradient på tværs af bjergene med nedbørsmængder på op til 12.000 mm vandækvivalent (v.æ.) per år på vestsiden og mindre end 1.000 mm per år på østsiden. På *Nordøen* findes der alene gletschere på *Mount Ruapehu*-vulkanen.

Bjerg- og dalgletschere

New Zealands gletschere kan groft inddeles i to hovedkategorier: stejle bjerggletschere, der bevæger sig med høj hastighed og dalgletschere, der er mindre stejle og flyder med en lavere hastighed. Fronten af dalgletschere er typisk dækket af et isolerende sedimentdække, og flere har for nylig udviklet hastigt ekspanderende søer foran gletscherfronten, de såkaldte proglaciale søer.

Den tid, det tager for en gletscher at tilpasse sig til en ændring i klimaet, afhænger af dens størrelse, form og hældning. De stejle bjerggletschere har en usædvanligt stor akkumulation og ablation og intet isolerende sedimentdække. Derfor tilpasser de sig hurtigt til forandringer i klimaet, hvilket kan observeres som en tilbagetrækning eller fremrykning af gletscherfronten inden for

MILJØRÅDGIVNING JORD & GRUNDVAND

Forureningsundersøgelser

Jordforureninger
Grundvandsforureninger
Indeklima

Anlægsarbejde

Klassificering af jord
Ændret arealanvendelse
Myndighedsbehandling

Geofysik

Lokalisering af ledninger og tanke
Lokalisering af vandskader i bygninger
Kortlægning af jordlagene

POUL FALKENBERG ApS

MILJØRÅDGIVNING - JORD & GRUNDVAND

Nordre Strandvej 119A, DK-3150 Hellebæk

Tlf: +45 48 18 75 66

www.poulfalkenberg.dk

en periode på 5 til 20 år. I modsætning hertil findes de mindre stejle sedimentdækkede dalgletschere, der kan have en reaktionstid på op til et hundrede år. Selv om afstanden mellem dem er mindre end 5 km, er *Franz Josef Glacier*, der ligger på *Sydøens* vestkyst, et typisk eksempel på den første kategori, mens *Tasman Glacier* længere mod øst tilhører den anden kategori.

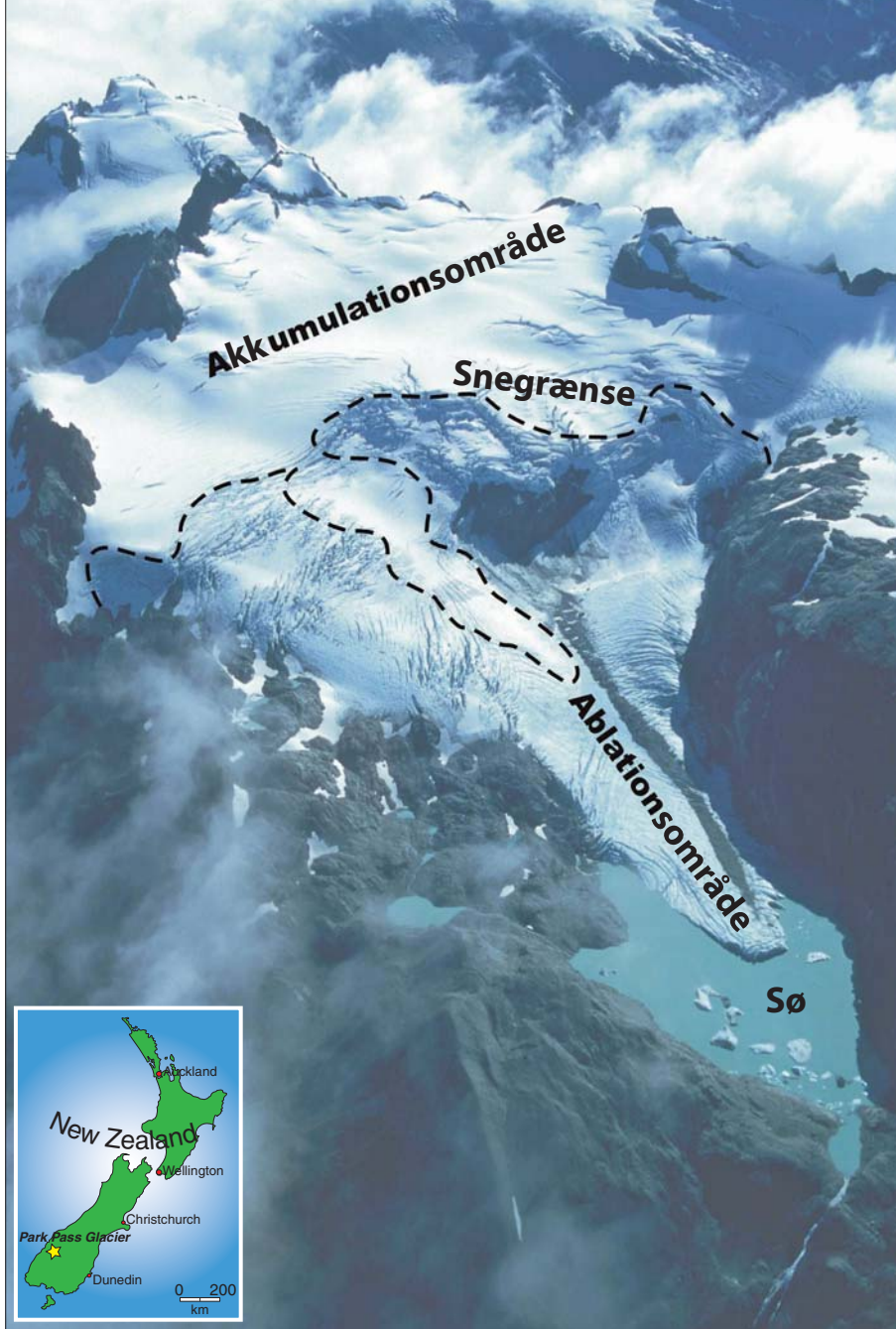
At beskrive alle New Zealands gletschere ved de to typer nævnt ovenfor er selvfølgelig en grov forenkling. De to eksempler illustrerer dog de store dynamiske forskelle, der eksisterer mellem gletschere og det endda inden for et meget lille geografisk område. Det er derfor ikke så enkelt at finde en god måde at overvåge de mange meget forskellige gletschere, især når de traditionelle metoder såsom detaljerede massebalanceundersøgelser er arbejdskraftintensive og dyre at vedligeholde.

Overvågning af gletschere

Registrering af ændringer i gletschernes længder er den enkleste metode til at overvåge gletschere. De observerede svingninger afhænger imidlertid af reaktionstiden for hver enkelt gletscher, og som ovenstående eksempler dokumenterer, kan denne variere betydeligt fra gletscher til gletscher. En alternativ og relativt simpel og hurtig metode at kortlægge massebalancen for en gletscher er ved at registrere placeringen af snegrænsen i slutningen af sommeren. Denne linie repræsenterer grænsen mellem akkumulations- og ablationsområdet på en gletscher (også kaldet ligevægtslinien), og årlige udsving af denne linie kan anvendes som et billede på ændringer i massebalancen (se billede).

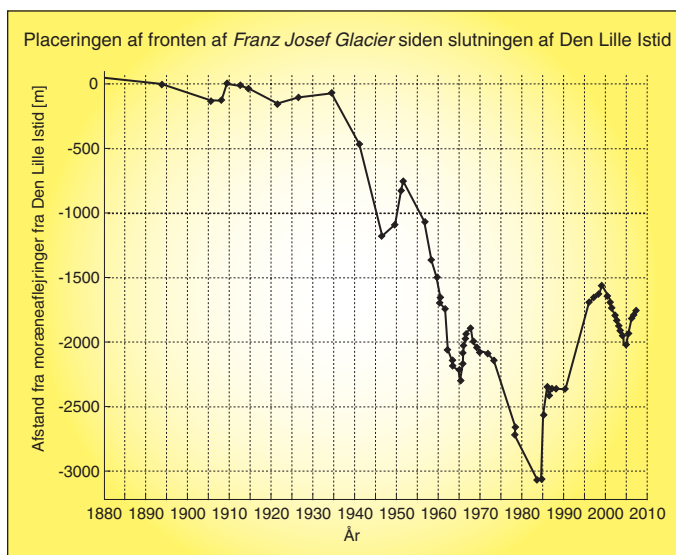
I New Zealand er fotografier af snegrænsen i slutningen af sommeren blevet indsamlet fra et lille fly siden 1977. Disse undersøgelser har bidraget med detaljeret viden om newzealandske gletscheres specifikke følsomhed og dynamik og har tydeliggjort forskellene mellem de forskellige gletschere. Andre projekter har foretaget detaljerede undersøgelser af massebalancen for enkelte gletschere, og modelleringstudier har fremmet forståelsen af gletschernes respons til klimaforandringer. For nyligt er gamle moræneaflejringer i *Mount Cook*-området blevet præcist dateret ved hjælp af af SED, der er en relativt ny dateringsteknik. Resultatet er en yderst detaljeret kronologi for holocæne svingninger i udbredelsen af gletschere i New Zealand.

Flere forskningsprojekter har vist, at de New Zealandske gletschere på tidspunkter i historien har opført sig markant anderledes end ismasserne på den nordlige halvkugle. Selvom en betydelig fremrykning af gletscherne fandt sted i New Zealand under Den Lille Istid, så genvandt de newzealandske gletschere ikke samme størrelse, som de havde for 6.500 år siden. Det står i stærk kontrast til de fleste gletschere på den nordlige halvkugle, hvor det maksimale holo-



Park Pass Glacier i slutningen af sommeren 2007. Med stiplede er angivet snegrænsen, der deler gletscherens akkumulationsområde fra ablationsområdet. Ændringer fra år til år i placeringen af denne linie kan bruges som et billede på ændringer i massebalancen. (Foto: Trevor Chinn)

Grafen viser placeringen af fronten af Franz Josef Glacier siden slutningen af Den Lille Istid. (Kilde: UVH modificeret efter Brian Anderson, Victoria University, New Zealand)



cæne isudbredelse netop forekom under Den Lille Istid (1300-1860 f.Kr.).

De nye dateringer viser, at gletscherne i *Mount Cook*-området adskillige gange gennem Holocen har oplevet vækst under relativt varme perioder på den nordlige halvkugle. Desuden ser det ud som om, at timingen for den maksimale isudbredelse i New Zealand under Den Lille Istid fandt sted lidt tidligere end på den nordlige halvkugle. Disse forskelle giver evidens om betydningen af regionale klimatiske faktorer, når man diskuterer mekanismerne i forbindelse med globale klimaforandringer.

Mellem 1750 og 1890 e.Kr., som markerede afslutningen af Den Lille Istid i New Zealand, begyndte en udbredt tilbagetrækning og udtynding af landets gletschere. Dette skete som et resultat af en temperaturstigning på omkring 1 °C. Fx trak *Franz Josef Glacier* sig cirka 3 km tilbage i perioden mellem den første undersøgelse af gletscheren i 1894 og dens korteste udstrækning målt i 1984 (se graf på forrige side).

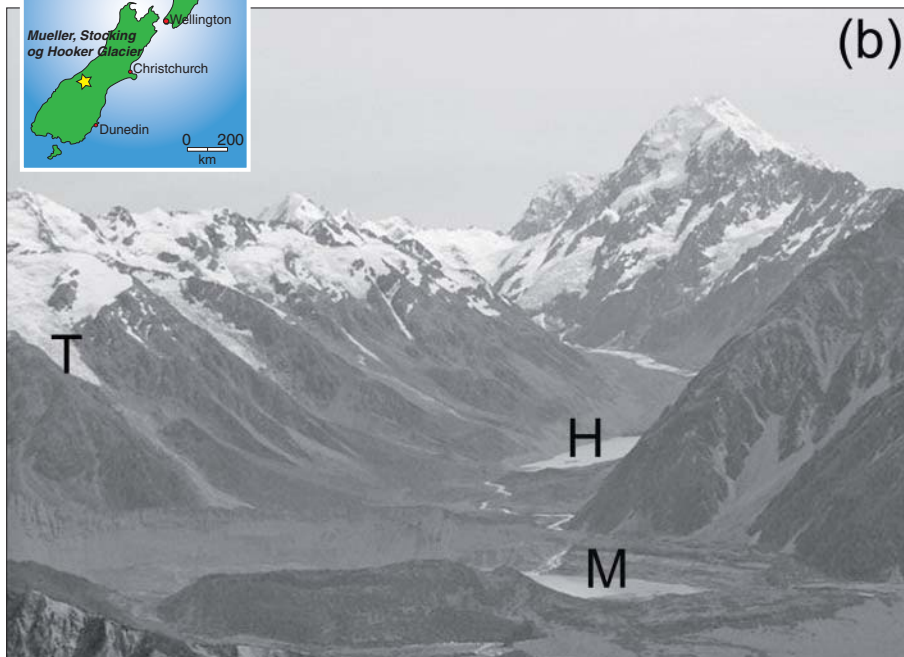
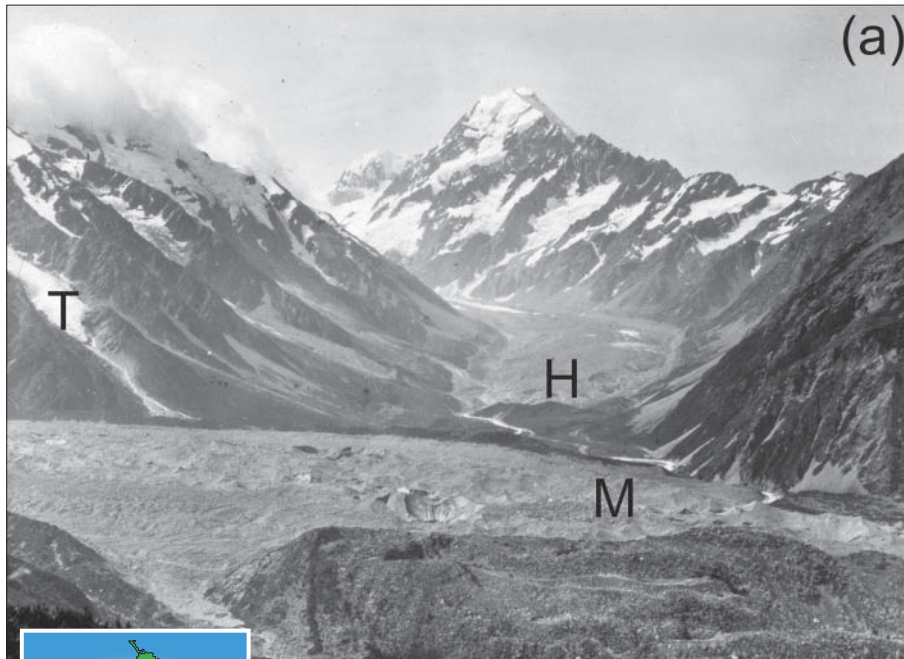
I modsætning hertil har gletschere med længere reaktionstider undergået mindre ændringer. *Tasman Glacier* havde fx den samme længde fra Den Lille Istid og indtil 1985 på trods af en 160 m sænkning af gletscheroverfladen i den nederste del. Fotografiene nedenfor illustrerer de store ændringer, der er sket for *Stocking*, *Hooker* og *Mueller Glacier* siden begyndelsen af 1900-tallet. Alle tre gletschere har trukket sig betydeligt tilbage, men for *Hooker* og *Mueller Glacier* har tilbagetrækningen været specielt dramatisk på grund af dannelsen af proglaciale søer.

Da indsamlingen af billeder af snegrænsen på gletscherne startede i slutningen af sommeren i 1977 faldt det tilfældigvis sammen med en større ændring i den atmosfæriske cirkulation. *La Niña* havde været udbredt siden 1940'erne, men med en ændring til *El Niño* i slutningen af 1970erne resulterede det i mere gunstige betingelser for gletscheren. De højdynamiske gletschere reagerede hurtigt, og *Franz Josef Glacier* er for eksempel rykket over 1.000 m frem siden den mindste målte udstrækning i 1984 (se grafen på forrige side).

I den samme periode har dalgletschere generelt stoppet deres tilbagetrækning og fremrykning forekommer nogle steder. Men for nogle gletschere, såsom *Tasman Glacier*, har dannelsen af proglaciale søer mellem gletscherfronten og den opdæmmende moræne fra Den Lille Istid resulteret i en dramatisk tilbagetrækning af gletscheren på grund af kælvning og øget ishastighed. I 2008 var søen foran *Tasman Glacier* 7 km lang, 2 km bred og havde en maksimal dybde på 245 m og til i dag, fortsætter søen med at reducere størrelsen af gletscheren.

Fremtidigt perspektiv

Selv om New Zealands gletschere i øjeblikket generelt oplever gunstige forhold, forudsiger *The Intergovernmental Panel on*



Mount Cook i baggrunden med Stocking (Tawaewae) Glacier (T), Hooker Glacier (H) og Mueller Glacier (M). ((a) Billedet er taget af Ebenezer Teichelmann mellem 1901 og 1910 og stammer fra Kennedy Indsamlingen i Canterbury Museum. (b) Nyligt fotografi taget af Heather Purdie. Kilde: Tim Kerr og Ian Owens, University of Canterbury, New Zealand)

Climate Change (IPCC), at den afsmeltning og tilbagetrækning af ismasser, der har fundet sted over hele kloden siden Den Lille Istid, højst sandsynligt kommer til at fortsætte. Som tidligere nævnt er newzealandske gletschere særligt følsomme over for disse ændringer på grund af det maritime klima og den tilhørende store ablation og akkumulation.

Resultater fra projekter, der har til formål at modellere udbredelsen af gletschere, viser, at *Franz Josef Glacier* står til at miste

omkring 38 % af dens nuværende volumen og vil trække sig yderligere 5 km tilbage i løbet af de næste 100 år forudsat et middel globalt opvarmnings-scenarium (for sydvest New Zealand: +1,4 °C og +8,0 % nedbør i 2100). På grund af den store højde, som den øvre del af gletscheren ligger i, er den dog betydelig mere modstandsdygtig over for en fremtidig temperaturstigning end hovedparten af New Zealands gletschere.

Under det samme klimatiske scenarium forventes 49 % af landets gletschere at ligge

inden for zoner med negativ årlig massebalance. Dette vil føre til fuldstændig smeltning af mange af gletscherne og dermed bidrage til en stigning i det globale havniveau. Mere lokalt forventes mindskelsen af gletscherne at få en negativ effekt på blandt andet New Zealands turisme og den hydroelektriske energiproduktion.

Forskningsprojekter i New Zealand har i de seneste år bidraget betydeligt til diskussionen om drivmekanismerne for globale klimaforandringer. Resultater af disse undersøgelser viser forskelle i respons og timing af gletscherne i New Zealand i forhold til ismasser på den nordlige halvkugle. Dette påviser betydningen af regionale klimatiske variationer, såsom *El Niño* og *La Niña*, i forståelsen af globale klimaforandringer.

Forhåbentlig vil nogle af de mange nye og spændende newzealandske forskningsprojekter resultere i en forbedret generel forståelse af gletschers dynamik og som konsekvens deraf gøre det muligt at opstille scenarier for deres respons på den forventede globale opvarmning.

For yderligere information anbefales artikler publiceret af følgende forskere: Trevor Chinn, Brian Anderson og Joerg M. Schaefer.

Satellitbillede af et skyfrit New Zealand midt på sommeren, hvor områder med is ses tydeligt. (Copyright: Jacques Desclotres, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC)



Kort nyt

Mammutfund på Falster

Den 20. april fandt en inkarneret fossilsamlere en stødtand fra en mammut i Nørre Tåstrup Grusgrav på Falster. Fossilsamlere, Peter Bennicke, fik egentlig stødtanden foræret i grusgraven, idet han kom i snak med en ny medarbejder i den grusgrav, hvor han var kommet for at hente byggematerialer.

Da Peter Bennicke fortalte ham om sin passion for fossiler, viste medarbejderen i grusgraven ham noget, som han syntes så underligt ud på et brønddæksel ved en stak træpaller. Peter Bennicke vidste straks, at der var tale om en mammut-stødtand og fik hurtigt kontaktet Zoologisk Museum på Falster, der registrerede og bekræftede fundet. Mammutteren har ikke levet på dansk jord, eftersom den vandrede rundt på de store sletter for mellem 14.000 og 40.000 år siden. Istidens ismasser har transporteret tanden, som i flere tusinde år har ligget på bunden af Grønsund. Her blev den så sidste år gravet frem af en stenfiskerbåd og læsset af i Nørre

Tåstrup Grusgrav. En medarbejder i grusgraven troede, at det var en gren og lagde mammuttanden på brønddækslet, inden den skulle ind i grusgravens sorteringsmaskine.

Peter Bennicke har fået lov til at beholde den 4,2 kg tunge og knap 50 cm lange tand, som han nu udstiller på sit private sten- og fossilmuseum på Falster.

JP/SLJ

Afghansk jordskælv

To jordskælv rystede d. 17. april med to timers mellemrum den østlige del af Afghanistan i et afsidesliggende område i provinsen Nangarhar ved grænsen til Pakistan. Jordskælvne, der blev målt til hhv. 5,5 og 5,1 på Richterskalaen, og som havde deres epicentre i hhv. tre og otte kilometers dybde, ramte flere landsbyer og lagde sneisevis af boliger i ruiner. 22 mennesker blev meldt omkomne efter de første meldinger fra det afghanske politi.

AFP/SLJ

Også vandværkerne har brug for at lade idéerne gro

Gode idéer der udspringer af erfaring og ekspertise fører frem til frugtbare løsninger. Vand-Schmidt har specialiseret viden inden for:

- Vandforsyningsanlæg
- Brøndboring
- Ledningsanlæg
- Projektering/rådgivning
- Service

- ring og få gode råd og uforbindende tilbud



Vand-Schmidt a/s
 Jernbanegade 5 • 6070 Christiansfeld
 Tlf. 74 56 11 11 • Fax. 74 56 32 69