

Det ukendte land under indlandsisen

af Preben Gudmandsen og Jørgen Taagholt

Grønland er et af jordens mest udprægede højlandsområder, idet over 65 % af indlandsisen – der dækker ca. 80 % af øen – ligger over 2.000 m over havet.

Medens det ca. 400.000 km² isfrie land i dag er nogenlunde geografisk kortlagt, er kendskabet til det isdækkede område begrænset. På grundlag af franske, britiske, tyske og amerikanske seismiske og gravimetriske målinger i første halvdel af dette århundrede har man som beskrevet af Børge Fristrup (1971) observeret en væsentlig forskel mellem den sydlige del af indlandsisen, der hviler på et omkring 1000 m højt bjerglandskab, og den øvrige del af indlandsisen, hvor bunden ligger i niveau med eller i nogle områder endda under havets overflade. Istykkelsen over det sydlige bjerglandskab er omkring 1.500 m, medens man for den nordlige del finder istykkelser på op til 3.300 m.

Viden om istykkelsen fås indirekte ved anvendelse af forskellige fysiske metoder, hvoraf den mest pålidelige af de klassiske metoder er seismiske målinger. Ved hjælp af en eksplosion ved isens overflade fremkaldes en lydbølge, som

forplanter sig gennem isen og reflekteres ved overgangen mellem is og bundfjeld. De reflekterede lydbølger registreres ved overfladen ved hjælp af en række mikrofoner – de såkaldte geofoner – i forskellig afstand fra eksplosionen, og ved at måle tidsforskellen mellem eksplosionen og ekkoets modtagelse kan man beregne den gennemløbne strækning. Beregningen forudsætter dog kendskab til lydens udbredelseshastighed, der varierer med såvel isens vægtfylde som dens temperatur.

Selv om målemetoden er ret simpel, kræver den dog en ret stor praktisk indsats omfattende transport af sprængstof, kabler og instrumenter, hvorved man opnår en tykkelsesbestemmelse i ét punkt.

Mere enkelt kan relative tyngdemålinger udført med gravimeter – en speciel meget følsom fjedervægt – give oplysninger om istykkelsen. Et steds tyngdefelt er foruden af højden over havet samt af landets geografiske position også afhængig af det underliggende terræns vægtfylde. Da der er markant forskel mellem isens vægtfylde på ca. 0,9 g/cm³

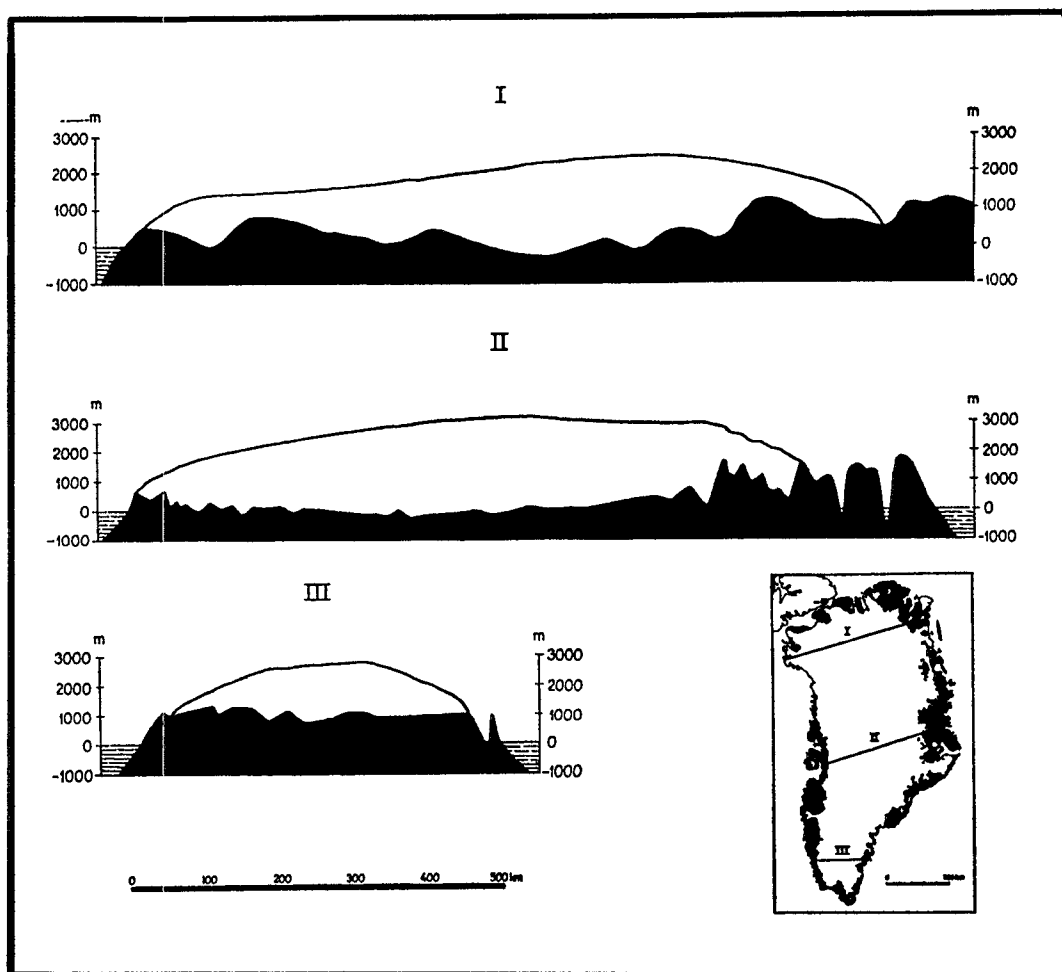


Fig. 1. Tværsnit af indlandsisen. I: Snit fra Thule Air Base til Kap Georg Cohen ved bunden af Danmarks fjord. II: Snit fra Quervains havn til Cecilia Nunatak. III: Snit fra I. A. D. Jensens Nunatakker til Skjoldungen. Overhøjning: ca. 1:40. (Kilde: Børge Fristrup, Københavns Universitet).

og den gennemsnitlige vægtfylde af sten og bjergarter på ca. $2,7 \text{ g/cm}^3$, giver metoden mulighed for at beregne islagets tykkelse.

Medens seismiske målinger normalt udføres ved visse basisstationer, anvendes tyngdemålinger ofte ved udvalgte punkter mellem basisstationer. Men hel-

ler ikke med gravimetre er det muligt kontinuert at måle istykkelsen, ligesom instrumenterne er meget følsomme overfor rystelser og temperatursvingninger.

En nøjagtigere kalibrering af de seismiske målinger fås ved direkte borer, hvor den første dybdeboring til undergrunden fandt sted i 1966 ved Camp

Century ca. 200 km øst for Thule AB, hvor man i en dybde af 1371 m under isoverfladen nåede fast undergrund. Boringer gennem indlandsisen er meget kostbare og kan kun gennemføres på enkelte udvalgte punkter, men disse boringer giver udover eksakt viden om dybdeforholdene også ved undersøgelse af selve borekernen en lang række meget betydningsfulde videnskabelige oplysninger, f. eks. om isens alder, klimasvingninger og luftforureninger gennem århundreder.

Ligesom lydbølger kan udnyttes til seismiske målinger efter ekkoprincippet, har det vist sig, at radiobølger vil kunne anvendes til måling af istykkelser efter radar-ekko princippet. Af hensyn til dæmpningen af radiobølger i isen vælges en relativ lav frekvens for et sådant system. Også i dette tilfælde er isens vægtfylde afgørende for udbredelseshastigheden, der må kendes for at omsætte udbredelsestiden til istykkelse.

I 1960'erne gennemførte englændere og amerikanere en serie målinger med anvendelse af en isradar på en slæde, hvorved man opnåede de første kontinuerede dybdekurver fra den grønlandske indlandsis.

Den anvendte metode er blevet videreudviklet i Danmark på Elektromagnetisk Institut på Danmarks Tekniske Højskole, og Danmark indtager nu en internationalt førende stilling indenfor radioglaciologien.

Der er meget stor forskel på det primitive udstyr, der i 1960'erne kunne give visse oplysninger om indlandsisens dybdeforhold i gunstige områder med homogen gletscheris, til det i Danmark

udviklede avancerede operationelle, flybårne system, der kan give nøjagtige dybdeprofiler med stor geografisk opløsning, således at man ikke blot får oplysninger om isens tykkelse, men også om lagdelingen i isen. I princippet anvendes i det danskbyggede udstyr en impulsradar, der placeres i et fly. Under måling flyver maskinen i lav højde – ca. 300 m – over terræn, og fra senderen udsendes – f. eks. på 60 MHz – en kort impuls via den under vingen placerede antenne ned mod indlandsisen. I pausen – før næste impuls sendes – registrerer modtageren først den del af signalet, der reflekteres fra indlandsisens overflade, senere refleksioner fra lagdeling i isen og til sidst refleksion fra selve undergrunden.

Dette udstyr er, som beskrevet af P. Gudmandsen m. fl. (1975), ikke alene anvendt ved målinger i Grønland, men – i et snævert samarbejde mellem Elektromagnetisk Institut og det amerikanske National Science Foundation – tillige ved radioglaciologiske målinger i Antarktis. Baseret på det gode samarbejde med amerikanerne er der i de senere år dels med amerikansk fly, dels i samarbejde med det danske Flyvevåben med dansk militærfly gennemført ialt ca. 60.000 km flymålinger over Grønland. På fig. 3 er vist et radioglaciologisk radarbillede fra en strækning i Nordgrønland tydeligt visende bjergområder under indlandsisen.

På Danmarks Tekniske Højskole har man udviklet et regnemaskineprogram, der muliggør maskinel tegning af topografiske kort, og på grundlag af de seneste års radioglaciologiske flyregi-

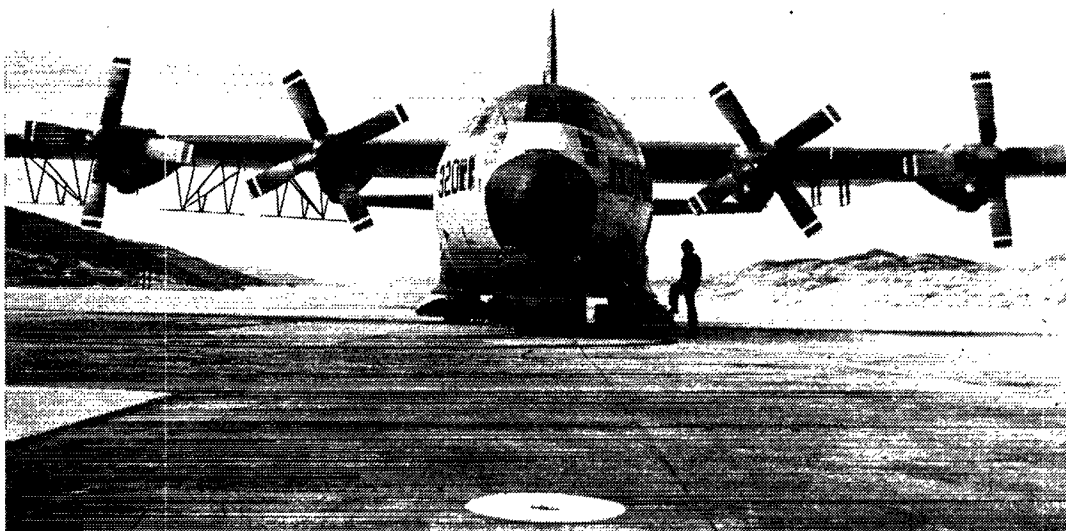


Fig. 2. C-130 Hercules fly i Søndre Strømfjord med antenneinstallationer for radioglaciologiske målinger.

streringer er en regnemaskine på Elektromagnetisk Institut nu ved at optegne det første kort visende de topografiske forhold under et område af den grønlandske indlandsis.

Et sådant kort har naturligvis stor videnskabelig betydning, men de senere års udvikling i Grønland samt perspektiverne for yderligere industriel udvikling, som f. eks. beskrevet af Bach og Taagholt (1976), har bevirket, at praktisk anvendelse af den radioglaciologiske teknik hurtigt kan blive aktuel.

Ved Isua strækker jernmalmen sig ind under indlandsisen, og for vurdering af

forekomstens størrelse og for mulighederne for gennemførelse af udvinding er det væsentligt at kende topografien i randområdet under isen. Lignende forhold gør sig gældende ved Marmorilik, hvor den i første omgang konstaterede malmforekomst på 8–10 mio. tons må påregnes udnyttet omkring 1985, men hvor der eksisterer mulighed for yderligere malmforekomst ind under indlandsisen.

De i indledningen omtalte forhold, at Grønland er et af jordens mest udprægede højlandsområder kombineret med den relativt store nedbør over Syd-

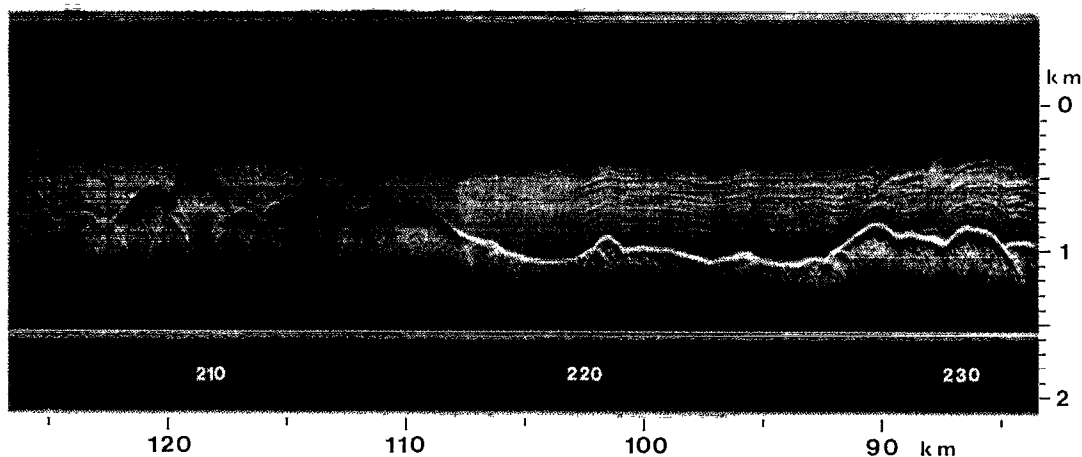


Fig. 3. 60 MHz radioglaciologiske registreringer fra en strækning i Nordgrønland. Afstanden er målt fra Camp Century.

grønland, har – som omtalt af Olesen og Weidick i dette nummer af GRØN- LAND – efter energikrisens begyndelse i 1973 givet forøget interesse for vurdering af mulighederne for etablering af vandkraftanlæg i Grønland.

Som påpeget af Olesen og Weidick vil de i indlandsisens randområde underliggende fjeldtærskler influere med varierende styrke på isbevægelsen i randområdets enkelte sektorer, og en nærmere undersøgelse heraf forudsætter en kortlægning af randområdenes topo-

grafi. Ved eventuel supplerende anvendelse af afsmeltning fra selve indlandsisen i forbindelse med vandkraftanlæg vil kendskab til underliggende fjeldtærskler tillige være af stor betydning for vurdering af mulighederne for at sikre sig imod subglacialt afløb.

Først efter udviklingen af det tekniske udstyr til radioglaciologiske målinger er det nu muligt at foretage en topografisk kortlægning af det ukendte land under indlandsisen.

Henvisninger:

- Bach, H. C. og J. Taagholt, 1976: Udviklingstendenser for Grønland, ressourcer og miljø i global sammenhæng. Nyt Nordisk Forlag, Arnold Busck.
- Frstrup, B., 1971: Klimatologi og glaciologi, Danmarks Natur, bind 10, side 131–176. Politikens Forlag.

- Gudmandsen, P., E. Nilsson, M. Pallisgaard, N. Skou og F. Søndergaard, 1975: New equipment for radio-echo sounding. Antarctic Journal of USA, no. 5, pp. 234–36.
- Olesen, O. B. og A. Weidick, 1977: Vandkraft i Grønland – Perspektiver og problemer. GRØN- LAND nr. 2, side 69.