

# NATURLIGE KLIMAVARIASJONER (I)

– Istider og mellomistider

---

JAN MANGERUD

*Klimaet setter grenser for mennesket. Vi kan ikke livnære oss på Svalbard eller i Sahara uten å innføre mat som er dyrket under gunstigere forhold. Uår for kornhøsten følte like truende for våre tippoldeforeldre som atombomben gjør for oss idag. Det nye er at idag kan vi mennesker selv forstyrre klimaet, ved å slippe ut CO<sub>2</sub> og andre klimagasser. I denne artikkelserie skal vi imidlertid se på naturlige klimavariasjoner: Hvilke endringer har skjedd med klimaet i jordas historie.*

Det finnes ytterst få instrumentelle meteorologiske observasjoner fra mer enn hundre år tilbake, og over store områder som f.eks. Arktis og Antarktis er det bare snakk om tiår eller mindre. For viktige deler av klimasystemet, slik som sjøtemperaturer, havstrømmer, breer eller atmosfærens innhold av klimagasser, er måleseriene enda kortere. Det er derfor umulig å studere naturlige kli-

---

*Jan Mangerud er født i 1937 og er professor i kvartærgeologi ved Universitetet i Bergen. Han har vært gjesteforsker ved universitetene i Stockholm, Minnesota og Colorado, og er innvalgt som medlem i Det europeiske vitenskapsakademi. Hans viktigste forskningsfelt er forløpet av istidene i Norge, Svalbard og Grønland.*

mavariasjoner bare ved hjelp av vanlige meteorologiske observasjoner.

Det er de senere år utviklet en egen forskningsgren som kalles paleoklimatologi hvor en rekonstruerer fortidens klima ved hjelp av indirekte metoder. Hvordan en arbeider kan vises ved et eksempel som er kjent for de fleste. Hvis vi tar en borkjerne inn i en trestamme, kan vi bestemme alderen på hvert lag ved å telle årringer. Vi kan finne en tilnærmet sommertemperatur for hvert år ved å måle bredden på årringen. Bredden på årringene for de senere år sammenlignes med temperaturobservasjoner for de samme år fra meteorologiske stasjoner i nærheten. Derved oppnås en «kalibrering» (i praksis en matematisk ligning) som beskriver sammenhengen mellom bredden av årringene og middeltemperaturen for sommeren. Denne kalibreringen kan så brukes til å utlede sommer-temperaturen fra årringsbredden lenger bakover i tid enn temperaturobservasjonene går.

Mange egenskaper ved sedimenter som avsettes på havbunnen, i innsjøer og på landområdene, eller ved snø som avsettes på isbreer, er bestemt av klimaet. På samme måte som for årringene i trær kan disse avsetningene derfor betraktes som *naturlige klima-arkiver* som gir oss muligheten til å

## NATURLIGE KLIMAVARIASJONER

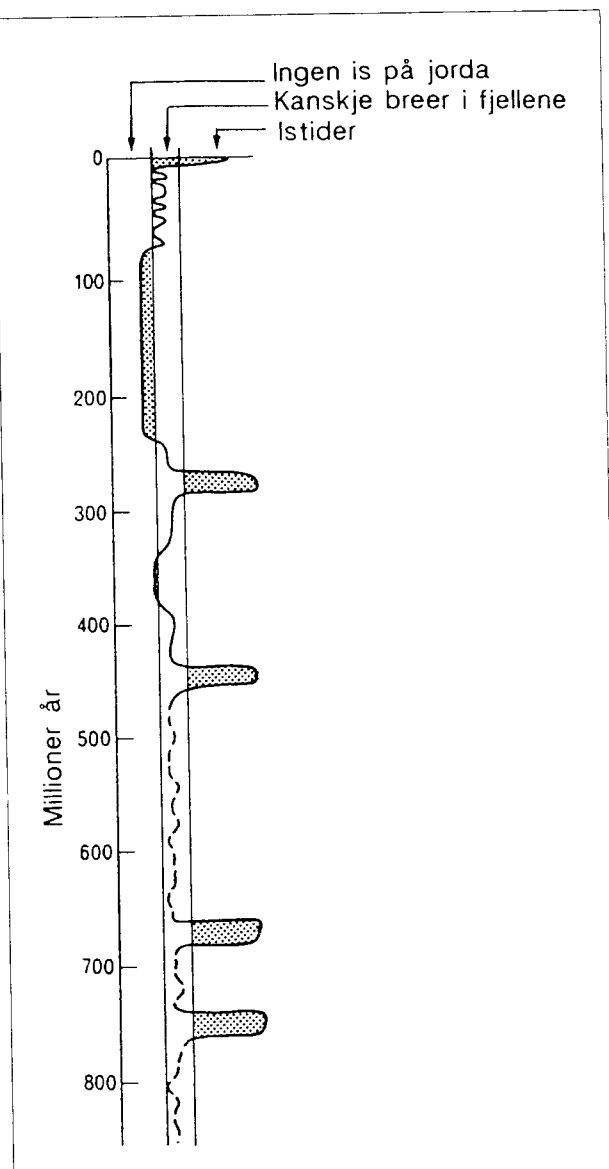
studere klimautviklingen bakover i tid. Vanligvis må alderen på hvert lag bestemmes ved forskjellige dateringsmetoder, som f.eks. C-14 eller termoluminescens. Det kreves også ofte omfattende laboratorieanalyser og behandling av data for å utlede klimaparametre fra sedimentene, men prinsippet kan sies å være som for treringene: Visse egenskaper «kalibreres» ved å sammenligne med dagens klima, og deretter utledes klimaet bakover i tid ved å studere denne egenskapen i eldre sedimenter.

### KLIMAVARIASJONER OVER MILLIONER AV ÅR

Vi skal ganske kort omtale klimavariasjoner over virkelig lange tidsrom, nemlig hele jordas historie. Figur 1 viser at det har vært 5 perioder med istider de siste 800 millioner år. Som et kuriøst eksempel på gamle istider kan det nevnes at midt i varmeste Sahara er det klare spor fra istiden for nesten 700 millioner år siden, den gang Afrika lå nær Sydpolen. I den siste istidsperioden, som geologene kaller kvartærtiden og som startet for 2,5 millioner år siden og varer enda, har det vært omtrent 40 istider, med varmere mellomistider mellom hver istid. Vi lever selv i en mellomistid, selv om vi ofte kaller den etteristiden. Vi vet at også istidsperiodene for flere hundre millioner år siden besto av flere istider med mildere perioder mellom.

I perioden for mellom 40 og 240 millioner år siden var det så varmt at det i det hele tatt ikke var breer på jorda, hverken i høyfjellet eller nær polene. Kullene som brytes i Longyearbyen på Svalbard ble avsatt i sumper ved slutten av denne varme perioden. Det er beregnet at gjennomsnittstemperaturen på jorda for 100 millioner år siden (i kritt-tiden) var 6°C varmere enn idag. Ved ekvator var det liten forskjell, mens det på våre breddegrader kanskje var 15° varmere.

Det er flere årsaker til disse store klima-



Figur 1. Kurven viser skjematisk utbredelsen av breer på jorda de siste 800 millioner år, og derved gir et inntrykk av klimavariasjonene. Vi lever i den siste istidsperioden hvor det var ca. 40 istider de siste 2,5 millioner år. Forenklet etter Tarling (1978).

variasjonene, og de er på langt nær forstått. Vi kan nevne at det varme klimaet for 100 millioner år siden til dels skyldes et mye høyere innhold av CO<sub>2</sub> i atmosfæren, som ga en sterk drivhuseffekt. Siden den gang er mye CO<sub>2</sub> fjernet fra atmosfæren bl.a. ved akkumulasjon av organisk materiale. En hovedårsak til klimavariasjoner over så

lange tidsrom som millioner av år er at rammebetingelsene for havstrømmer og vindsystemer endres radikalt ved at kontinentene flytter seg og at fjellkjeder heves. Går vi «bare» 60 millioner år tilbake i tid lå Grønland nesten inntil Norge og Storbritania, og Norskehavet eksisterte altså ikke. Det er åpenbart at dette ga et helt annet klima enn idag.

For 3–4 millioner år siden ble Mellom-Amerika hevet over havet og stengte for havstrømmer fra Atlanterhavet til Stillehavet og tvang derved Golfstrømmen nordover. Tibetplatået og Andesfjellene ble for ca. en million år siden hevet så høyt at de idag påvirker jetstrømmene. Dette er de siste forandringer i kontinentenes beliggenhet eller høydeforhold som har hatt innflytelse på klimasystemet.

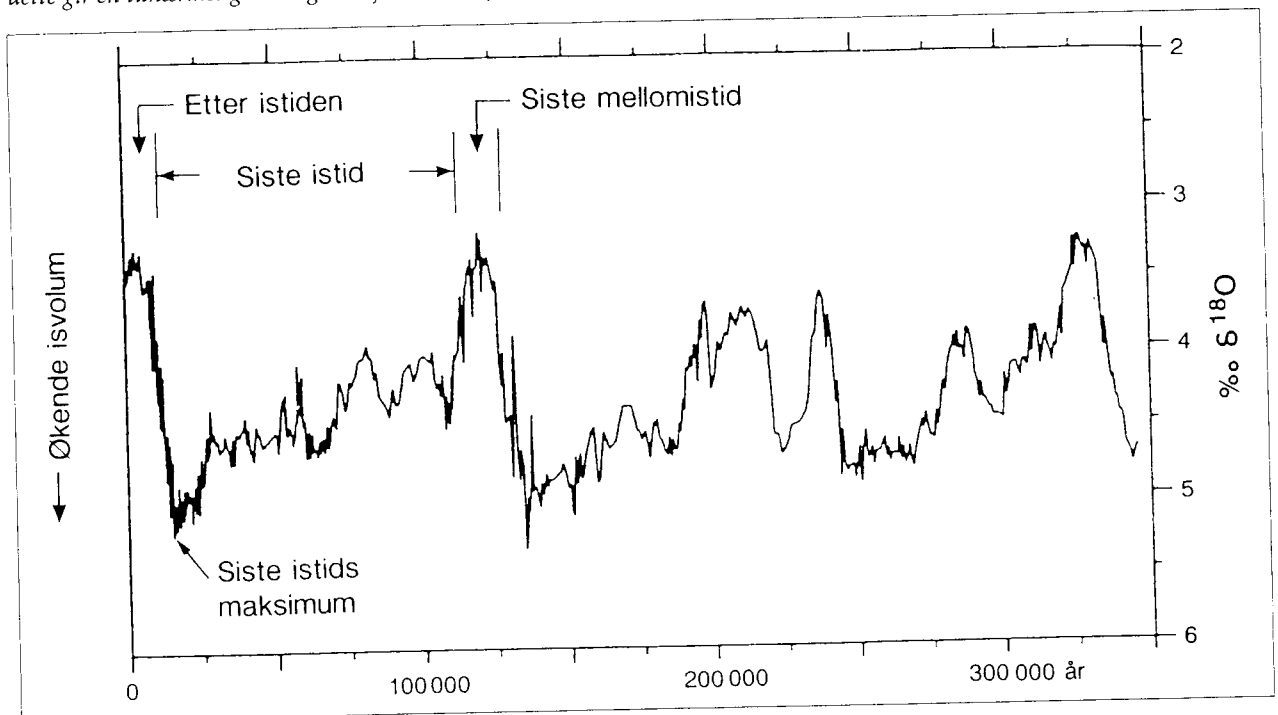
#### KLIMAVARIASJONER DE SISTE FÅ HUNDRE TUSEN ÅR

Som omtalt over har det ikke skjedd særlige endringer i kontinentenes form de siste 500 000 år. De rammebetingelsene for klimaet som bestemmes av forholdene på jorda har altså i hovedtrekk vært som idag. Likevel har det vært en serie svære klimasvingninger mellom kalde istider og milde mellomistider. Disse klimaendringene gir gode muligheter til innsikt i hvordan klimasystemet fungerer, fordi endringene har skjedd under tilsvarende forhold som idag.

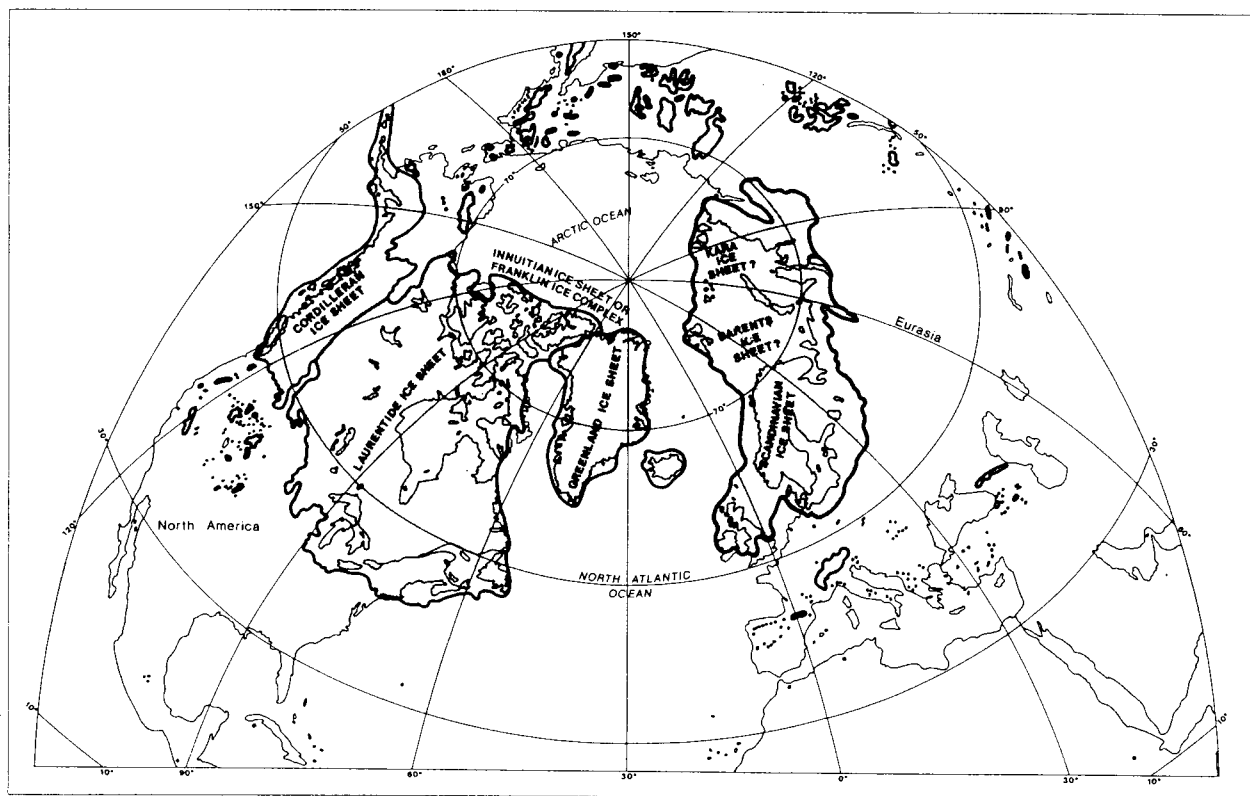
Figur 2 gir et bilde av klimasvingningene de siste 350 000 år ved å vise forandringer i det samlede volum av breer på jorda. Kurven viser at det i denne perioden var noen korte mellomistider med klima omlag som idag, mens det var lange istider med kaldere

Figur 2. En kurve som tilnærmet viser volumet av isbreer på jorda de siste 350 000 år. Toppen som dekker de siste ca. 10 000 år representerer «etteristiden» vi selv lever i, og en lignende topp for ca. 120 000 år siden siste mellomistid. Breene under siste istids maksimum for 18 000 år siden er vist på kartet Figur 3.

Egentlig viser kurven sammensetningen av oksygenisotoper i foraminiferskall fra en borkjerne fra Stillehavet. Hvordan dette gir en tilnærmet global «glasiasjonskurve» forklares i neste artikkel. Etter Shackleton (1986).



## NATURLIGE KLIMAVARIASJONER



Figur 3. Et kart som viser breer på den nordlige halokule under siste istids maksimum for ca. 18 000 år siden (tykke streker). Breeranden er nøye kartlagt gjennom Tyskland-Polen-Russland og i USA. Derimot er yttergrensene for breene i Barentshavet, Karahavet, Sibir og i Arktisk Kanada mer usikre. Kanskje var det i disse områdene flere mindre breer som ikke hang sammen slik det er antatt på dette kartet. Etter Denton og Hughes (1981).

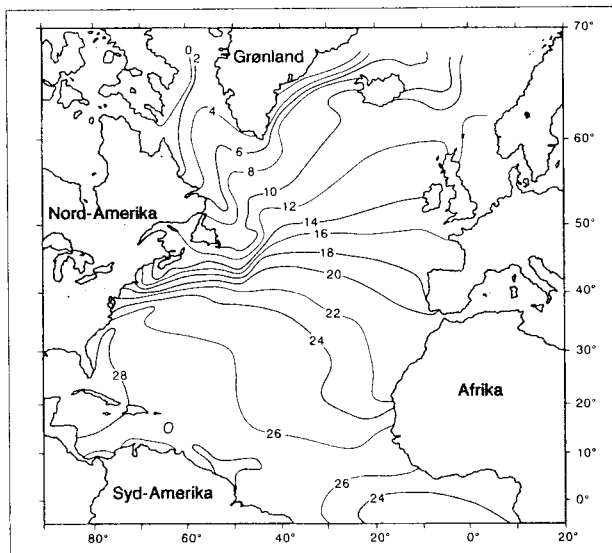
klima. Det viktigste er kanskje at klimaet har variert hele tiden, både i mellomistidene og i istidene. Vi kan altså konstatere at klimaet alltid varierer, i alle fall hvis vi ser på tidsrom på århundrer. Kurven viser også at periodene med maksimal isutbredelse var korte. Klimavekslingene er med andre ord mer kompliserte og høyfrekvente enn den gamle oppfatningen om at det vekslet mellom kalde istider og varme mellomistider. Særlig forløpet av istidene er meget variert og komplisert.

### SISTE ISTIDS MAKSIMUM

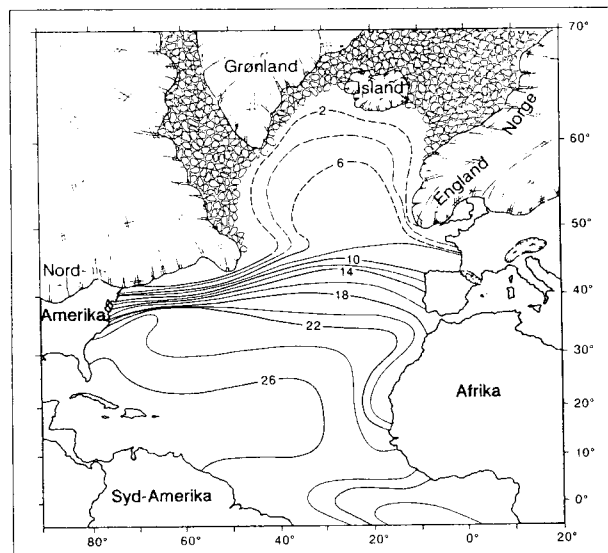
For å få fram de maksimale amplituder i de naturlige klimavariasjoner, skal jeg først beskrive den kaldeste del av siste istid, for 18 000 år siden. Denne istiden kalles i Nord-

Europa for Weichsel, etter navnet på elva som renner fra Warszawa til Gdansk i Polen. Riktignok var breene større i begge de to foregående istider, men for disse er langt færre detaljer kjent, og siste istid gir et representativt bilde av kulde-ekstremene. 18 000 år kan synes som en fjern fortid, men på denne tid (og enda før) skapte våre forfedre praktfull kunst i keramikk og fargerike hulemalerier i Syd-Europa.

Figur 3 viser at det for 18 000 år siden var en innlandsis som dekket Skandinavia og rakk inn i Tyskland, Polen og Russland. Denne breen var over 3 000 m tykk i de sentrale deler, og kan sammenlignes med innlandsisen på Grønland eller Antarktis idag. De senere års resultater tyder på at denne breen ikke støtte sammen med breen over



Figur 4. Gjennomsnittstemperaturer i overflatevannet i Atlanterhavet i august måned idag. Etter McIntyre med flere (1976).



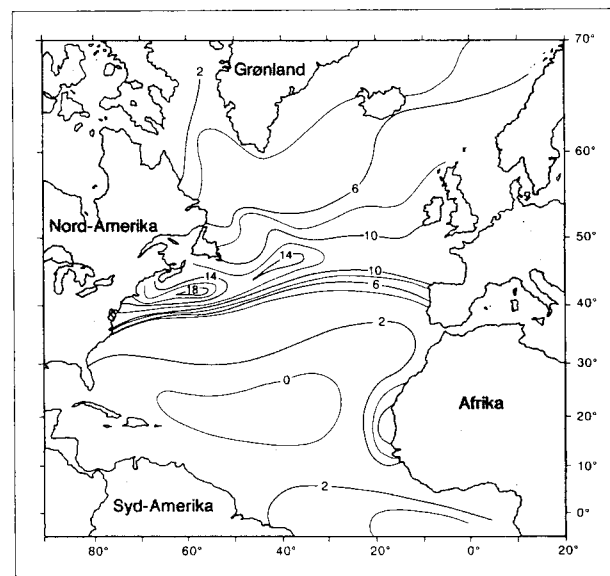
Figur 5. Temperaturer i overflatevannet i Atlanterhavet i august måned under siste istids maksimum, for 18 000 år siden. Breene i Nord-Europa, Grønland og Nord-Amerika er tegnet inn. I Norskehavet og i sjøen mellom Grønland og Kanada var det dravis omlag som i Polhavet idag. Etter McIntyre med flere (1976).

Storbritania, slik kartet viser. Enda større er usikkerhetene i Barentshavet og på sokkelen nord for Sibir, selv om det nå er bevist at det har vært en stor bre på Svalbard og i nordlige Barentshavet. Det største isdekket lå over Kanada-USA, hvor breen rakk helt ned til New York og Minneapolis.

De store innlandsisene i Europa og N-Amerika under siste istid er idag helt bortsmeltet, mens Grønlands innlandsis bare er litt mindre enn under siste istids maksimum. Hvorfor innlandsisen på Grønland er så mye mer stabil enn de andre, til dels mye større innlandsisene på samme breddegrad, er ikke forstått. Det som er helt sikkert er at hvis også Grønlands is hadde forsvunnet, så ville den ikke blitt dannet igjen idag. Grønlands innlandsis påvirker altså klimaet slik at den ikke smelter.

Kartet på figur 4 viser overflate-temperaturer i Atlanterhavet idag, slik de er målt

Figur 6. Temperaturforskjeller i overflatevannet i Atlanterhavet for august måned mellom idag og siste istids maksimum. Legg merke til at det i et område mellom England-Spania og USA var mer enn 10°C kaldere under istiden, mens det ikke var kaldere i det hele tatt i et stort havområde mellom N-Afrika og Mellom-Amerika. Etter McIntyre med flere (1976).

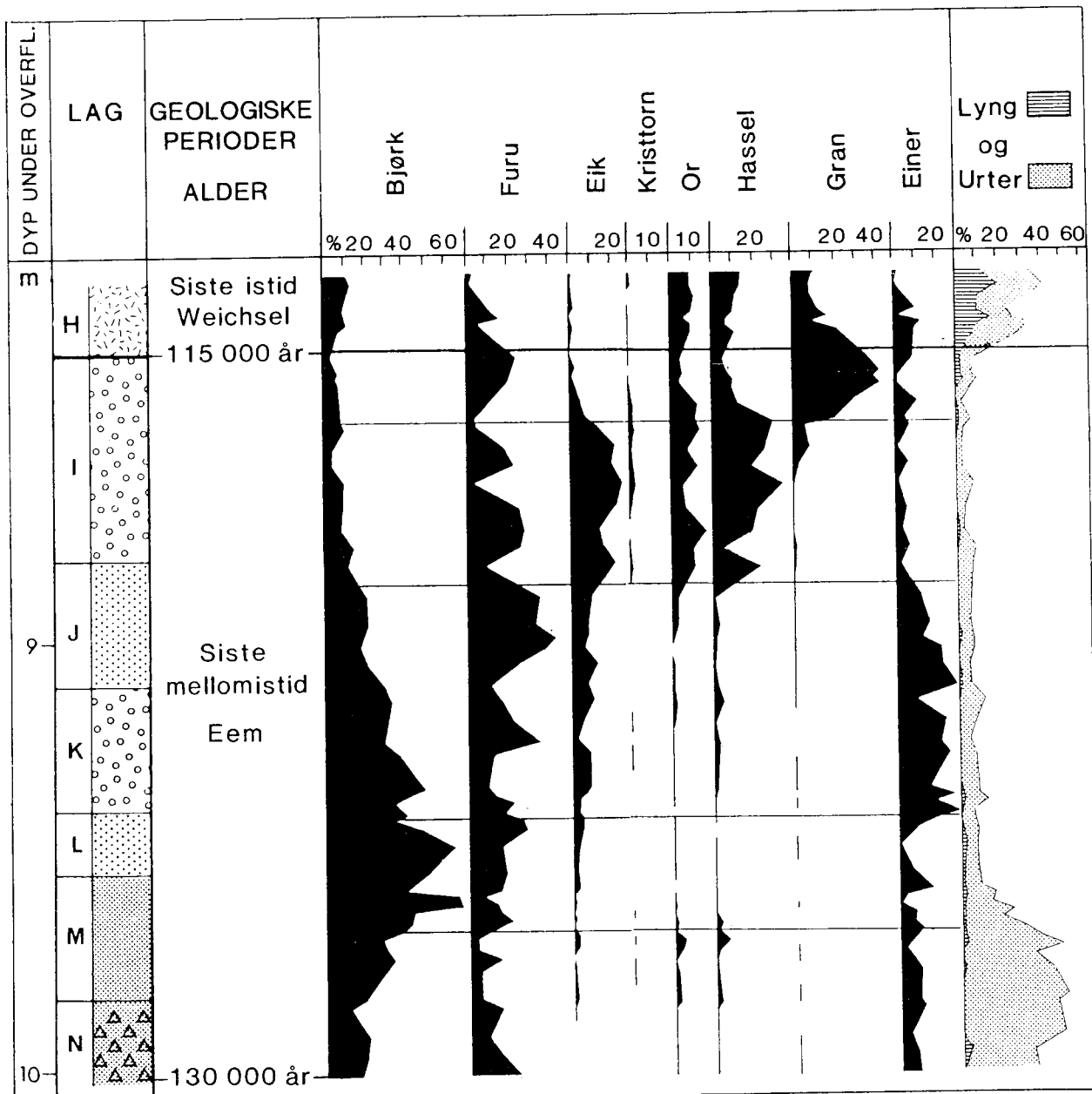


## NATURLIGE KLIMAVARIASJONER

med termometer. På figur 5 er det vist temperaturer for siste istids maksimum for 18 000 år siden. For havområdene er det utviklet teknikker til å beskrive overflatevannets temperatur og saltholdighet for

forskjellige årstider på grunnlag av sammensetningen av plankton som lever i dette vannet. Dette kartet er altså konstruert på grunnlag av sammensetningen av plankton som finnes som fossiler i 18 000 år

Figur 7. Sammensetningen av pollen (blomsterstøv) i forskjellige nivåer gjennom mellomistidslagene på Fjøsanger ved Bergen. Til venstre er en dybdeskala som viser at lagene nå ligger 8–10 m under overflaten. Hvis en ser på utviklingen i tid, ser en at de eldste lag (nederst) domineres av urter som viser at det var tundra like etter forrige istid. Deretter kom det skoger av bjørk og furu. I den varmeste tiden var det eik, kristtorn, or og hassel som dominerte skogene, og det var altså varmere enn idag. Da det ble kaldere mot slutten av mellomistiden, innvandret gran, og den dominerte skogen før kulda drepte alle trær. Etter Mangerud med flere (1981).



gamle prøver fra borkjerner fra havbunnen.

Figur 6 viser forskjellen i temperatur mellom 18 000 og idag. Det mest iøynefallende er de store regionale forskjeller i temperatursenkningen. Over et stort havområde mellom Nord-Afrika og Mellom-Amerika var overflatetemperaturen omlag den samme, eller faktisk litt varmere under siste istids maksimum enn idag. Et stykke utenfor østkysten av USA var det derimot hele 18°C kaldere enn idag. Golfstrømmen svingte for 18 000 år siden fra kysten av USA rett øst mot Spania. Dette er årsaken til den bratte gradienten i temperatur mellom det varme vannet i strømmen og det kalde vannet nordenfor.

#### VARME MELLOMISTIDER

Vår egen tid gir egentlig et ganske godt bilde på de varmeste mellomistider gjennom den siste million år, selv om det har vært noe varmere i korte perioder. Det ser ut som siste mellomistid, for ca. 125 000 år siden har vært den aller varmeste perioden i dette tidsrommet. Denne perioden gir oss derved muligheter til å beskrive globale virkninger av et varmere klima som vi selv skaper ved å slippe ut klimagasser, selv om geografiske fordelingsmønstre kan bli anderledes når årsaken til det varme klima er en annen. Kunnskapene om siste mellomistid er imidlertid meget mangelfulle over store områder, og globale rekonstruksjoner er tilsvarende dårlige.

I Europa viser rekonstruksjoner av vegetasjonen ved hjelp av pollenanalyse at det var markert varmere i siste mellomistid, sommertemperaturen beregnes ofte til 2°C varmere enn idag, mens vintrene var enda mildere. Også funn i Norge viser tilsvarende temperaturer. Ved Fjøsanger utenfor Bergen ble det for noen år siden funnet lag som var avsatt nesten kontinuerlig gjennom hele siste mellomistid, se figur 7. Sammen-

setningen av eik, kristtorn og hassel i den varmeste delen tilsvarer forholdene i Danmark idag. Lagene ved Fjøsanger var avsatt i sjøen, og det ble funnet skjell og andre dyrearter som idag bare lever i de sydlige deler av Nordsjøen, og viser at også sjøvannet var et par grader varmere enn idag.

Havnivået i siste mellomistid var 2–6 m høyere enn idag, et skremmende tall med henblikk på hva våre etterkommere kan vente hvis vi fortsetter å slippe ut klimagasser i årtier framover. Det finnes ingen direkte observasjoner som viser hva som forårsaket det høye havnivået, men det er bred enighet blant fagfolk om at størstedelen må skyldes avsmelting av deler av innlandsisen på Grønland, og kalving av Vest-Antarktis-breen. Den bakenforliggende årsak er selvfølgelig varmere klima.

I neste artikkel skal vi se på årsakene til istidene og mellomistidene.