

Hovgårdryggen i Framstredet

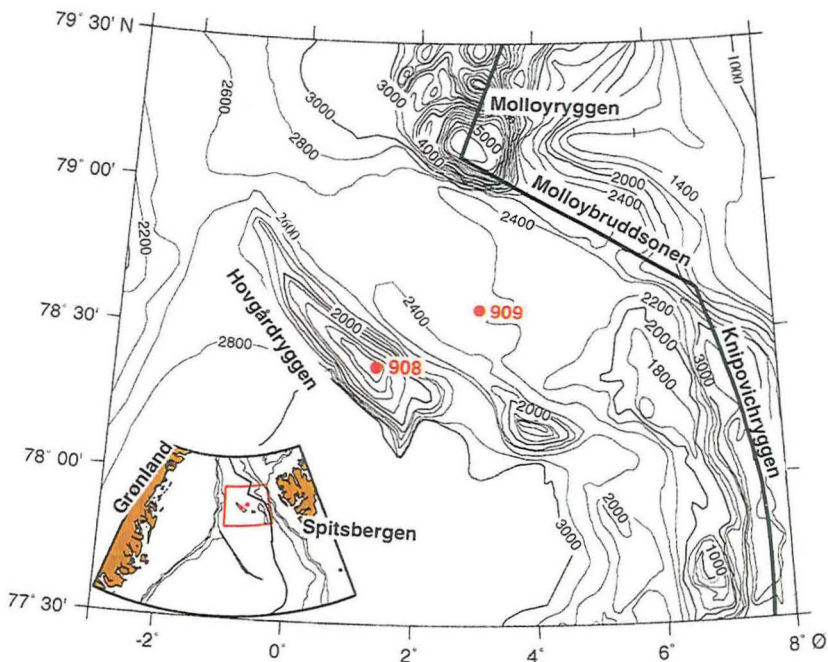
- et arкто-tertiært floristisk 'Atlantis'

Svein B. Manum

I den dypeste delen av Framstredet, omtrent midt mellom Spitsbergen og Grønland på 78° til 79° N, rager en flattoppet, undersjøisk fjellrygg opp fra havbunnen som en topografisk anomali. Den har fått navnet Hovgårdryggen etter Hovgårds Ø, som ligger på omtrent samme breddegrad (80° N) på Grønlands nordøstkyst. Geofysiske undersøkelser i denne delen av Grønlandshavet viser at ryggen er et kontinentfragment som har sunket i havet, i likhet med myten om Atlantis som forsvant. Sedimentkjerner fra ryggen inneholder mikrofosiler som vitner om tertiær landvegetasjon på høye arktiske breddegrader. Derfor er det fristende å tale om et arкто-tertiært floristisk 'Atlantis'. Dette 'Atlantis' har gitt grunnlag for en unik kombinasjon av maringeofysiske og paleobotaniske resultater, idéer og tolkninger.

Hovgårdryggen i paleo-oseanografisk og platetektonisk perspektiv

Framstredet er den smaleste delen av dyphavspassasjen mellom Atlanterhavet og Nordpolbassenget. Gjennom denne passasjen skjer det en utveksling av kalde arktiske og varme atlantiske vannmasser som er en viktig del av det globale system av havstrømmer. Dette strømsystemet har en avgjørende innflytelse på oseanografiske og klimatiske forhold ikke bare i vår del av verden, men globalt (se Klimahefte I, VARV 1996, 3, figur 8). Fra den relativt flate havbunnen i Framstredet, som ligger på 2500 til 3000 meters dyp, stiger Hovgårdryggen bratt opp til en høyde av mer enn 1000 meter (figur 1). Med en utstrekning av 150 km i sydøst-nordvestlig retning virker ryggen som en bremsende og styrende blokk for havstrømmene gjennom Framstredet. Kunnskap om Framstredets og Hovgårdryggens geologiske historie er derfor viktig for å forstå den paleo-oseanografiske utviklingen i det nordlige Atlanterhavet.

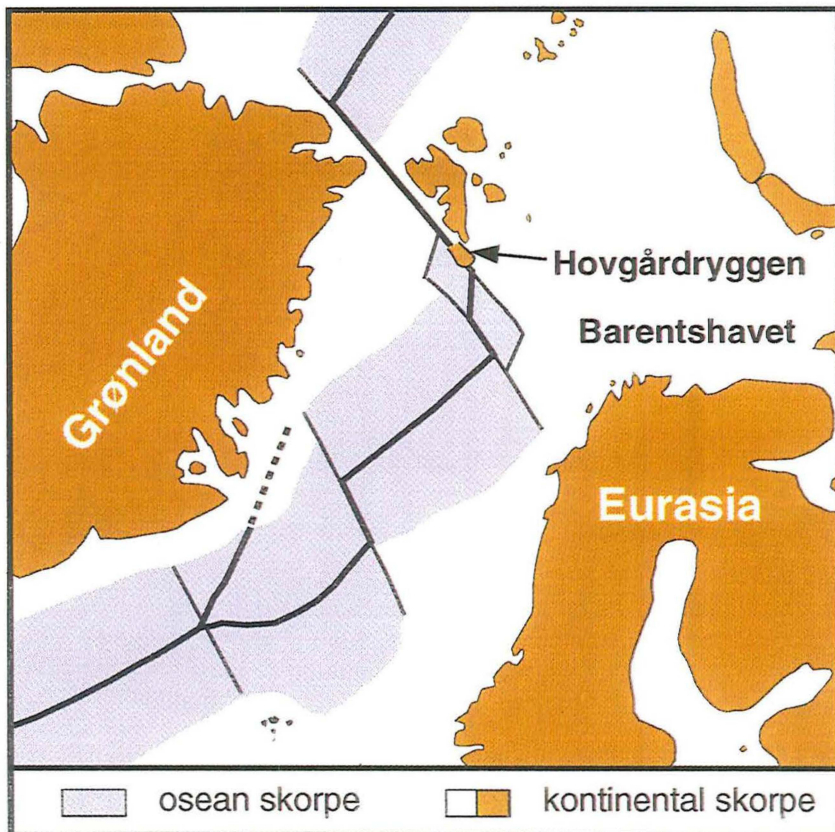


Figur 1. Den sentrale delen av Framstredet med Hovgårdryggen (havdyb i meter). Lokaltetene for borehullene 908 og 909 er markert samt de viktigste platetektoniske strukturene.

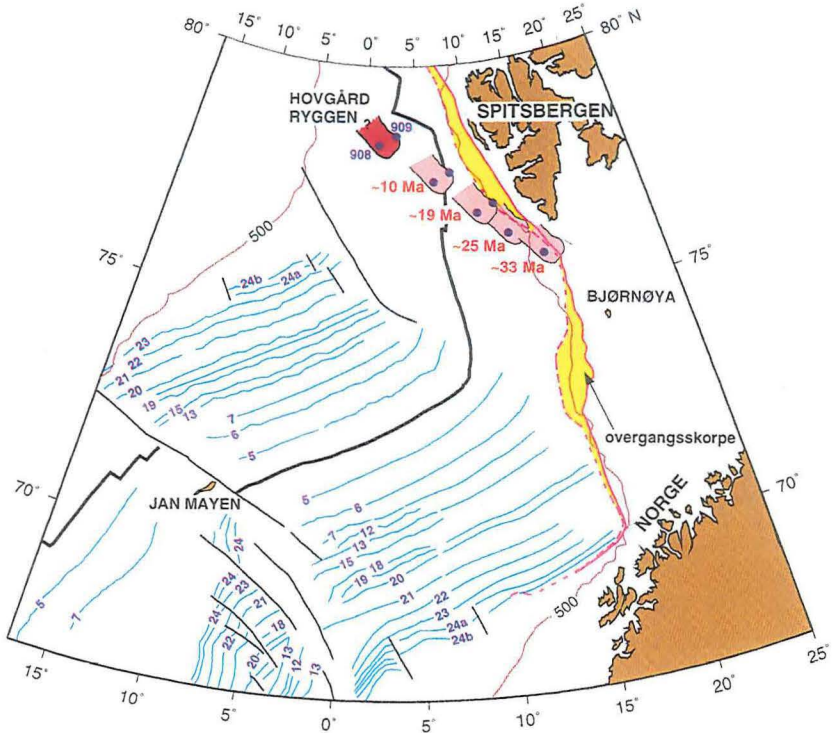
Dyphavsforbindelsen gjennom Framstredet er et resultat av havbunnsprekningen mellom Grønland og Spitsbergen, og den er geologisk sett ikke særlig gammel. Den platetektoniske modellen for det nordlige Atlanterhavet viser at åpningen mellom Grønland og Spitsbergen startet så smått i tidlig oligocen tid, for ca. 33 millioner år siden (figur 2). Siden oligocen har således utviklingen av denne havforbindelsen påvirket oseanografiske og klimatiske forhold både regionalt og globalt.

Den eiendommelige ryggen i Framstredet ble i tidligere tolkninger knyttet til en antatt platetektonisk bruddsone som fikk betegnelsen Hovgårdbruddsonen. De senere år har bedre og mer omfattende geofysiske data fra Framstredet og Svalbardmarginen ledet til en annen

tolkning av ryggens opprinnelse. Den ansees nå for å være et kontinentalt fragment som er revet løs fra Svalbardmarginen og etterhvert ført til sin nåværende posisjon av de platetektoniske bevegelser siden tidlig i oligocen (figur 3).



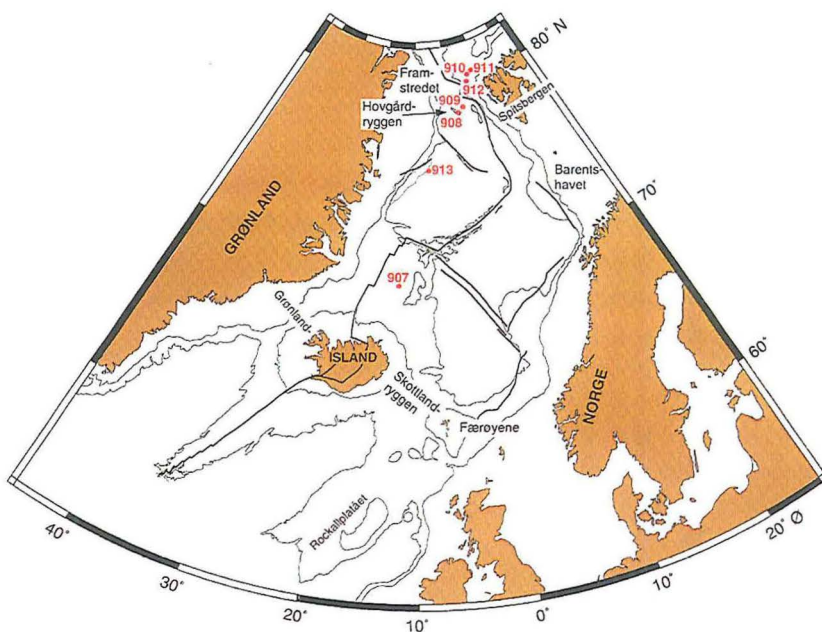
Figur 2. Hovgårdryggens posisjon i forhold til hovedtrekkene i den platetektoniske rekonstruksjonen for området mellom Grønland og Svalbard/Norge ved overgangen eocen-oligocen (anomali 13 tid, ca. 33 millioner år). Det platetektoniske regime mellom Grønland og Spitsbergen skiftet etter dette gradvis fra skjærbevegelse til havbunnspreddning.



Figur 3. Hovgårdryggens bevegelse relativt til Svalbardplattformen fra tidligste oligocen (ca. 33 millioner år) til nåværende posisjon. Borehullene 908 og 909 er markert. Hull 909 er ikke plottet for ca. 19 millioner år som er alderen til de eldste sedimentene på lokaliteten. Figuren viser også spredningsanomalier (blå linjer) og hovedlinjer i spredningsakser og bruddsoner (sorte linjer).

Ocean Drilling Program og Hovgårdryggen

Det internasjonale boreprosjektet i dyphavene som startet i 1968 [Deep Sea Drilling Project (DSDP) 1968-1983; Ocean Drilling Program (ODP) 1984-], har som mål å skaffe til veie sedimentkjerner for å gi grunnlag for dateringer og tolkning av havenes utvikling. Data og materiale blir analysert med alle tilgjengelige metoder av forskerne som deltar i hvert enkelt tokt. Deltakerne er forpliktet til å bidra til ODP's vitenskapelige publikasjonsserie som utkommer med et nytt bind ca. 3 år etter avslutningen av hvert tokt. Siden 1968 er det gjennomført i gjennomsnitt seks tokt hvert år; antall borelokaliteter pr. tokt har variert fra tre til over ti.



Figur 4. Borelokalitetene ODP tokt 151.

I 1974 og 1985 utførte prosjektet boringer på i alt 20 lokaliteter i Norskehavet og Grønlandshavet (toktene DSDP 38 og ODP 104). Fra disse lokalitetene ble nær 6500 meter kjerner undersøkt. Borelokalitetene var valgt for å teste den platetektoniske modellen for dannelsen av dette havområdet. Det ble ikke funnet eldre sedimenter enn fra

overgangen paleocen-eocen, som er det tidspunkt da havbunnspreddingen ifølge modellen ble innledet i Norskehavet. I 1993 gikk et nytt tokt til Norskehavet og Grønlandshavet (ODP tokt 151), men nå enda lenger mot nord enn tidligere tokt (figur 4). Hovedmålet var å studere den paleo-oseanografiske og paleoklimatiske utviklingen i det nordligste Atlanterhavet. Med en slik målsetting ble borelokaliteter i Framstredet det naturlige valg, og Hovgårdryggen fikk høy prioritet. Ett hull ble boret på selve ryggen, hull 908 til 345 meters dyp, og ett øst for dette, i området mellom ryggen og Svalbardmarginen, hull 909 til 1062 meters dyp. Totalt ble det under toktet tatt tre tusen meter kjerner på syv borelokaliteter.

Mikropaleobotaniske (palynologiske, se boks nedenfor) undersøkelser av sedimentene fra hull 908 på Hovgårdryggen har bekreftet geofysikernes tolkning av ryggens opprinnelse og utvikling. Undersøkelsene har samtidig gitt nytt innblikk i tertiærtidens flora i dette arktiske området.

Datering av Hovgårdryggens sedimenter

I forskningen på ODP-kjerner spiller studiet av mikrofossiler en sentral rolle. Biostratigrafisk datering av sedimentene gir et kronologiske rammeverk som grunnlag for tolkningen av de enkelte havområdenes geologiske utvikling. De mest anvendte mikrofossilgruppene er kokolitter (kalkflagellater), foraminiferer, diatoméer, silikoflagellater, radiolarier og dinoflagellatcyster. Den ideelle situasjonen er å finne flere fossilgrupper fortløpende tilstede gjennom det geologiske tidsrom som kjernene representerer, slik at dateringsresultatene fra ulike grupper kan supplere hverandre. Men ofte mangler flere viktige grupper i deler av lagrekken, slik at dateringen blir en tilnærming på grunnlag av en eller to fossilgrupper som kan ha ulike presisjonsnivå. Dinoflagellatcyster har vist seg å være gjennomgående bedre representert enn de øvrige gruppene i de fleste borhullene i Norskehavet og Grønlandshavet.

Dette gjelder også for boringene på og ved Hovgårdryggen. Dinoflagellatcyster er de bentoniske hvilesporene til en gruppe éncellet plantep plankton (dinoflagellater). Mange dinoflagellater danner cyster med et organisk veggmateriale som er meget motstandsdyktig mot

nedbrytning, slik at det ikke går i oppløsning når cystene synker ned på havbunnen og innleires i sedimentene. Noen celleveggmaterialer hos landplanter er også tungt nedbrytbare, det gjelder særlig veggmaterialet i pollen, sporer og noen vevstyper. **Palynologi** er betegnelsen på studiet av slike mikrofossiler, som også kalles **syre resistente**, og fossilene betegnes **palynomorfer** (se boks nedenfor).

KJERNEDYP METER	TID	MILL. ÅR
0-100	øvre miocen (messin) og yngre	7
150	tidlig øvre miocen (torton)	
185	brudd, ca. 15 mill. år	10-11 26-27
200	tidlig øvre oligocen (chatt)	29
250	nedre oligocen (rupel)	
300		
344.6		33

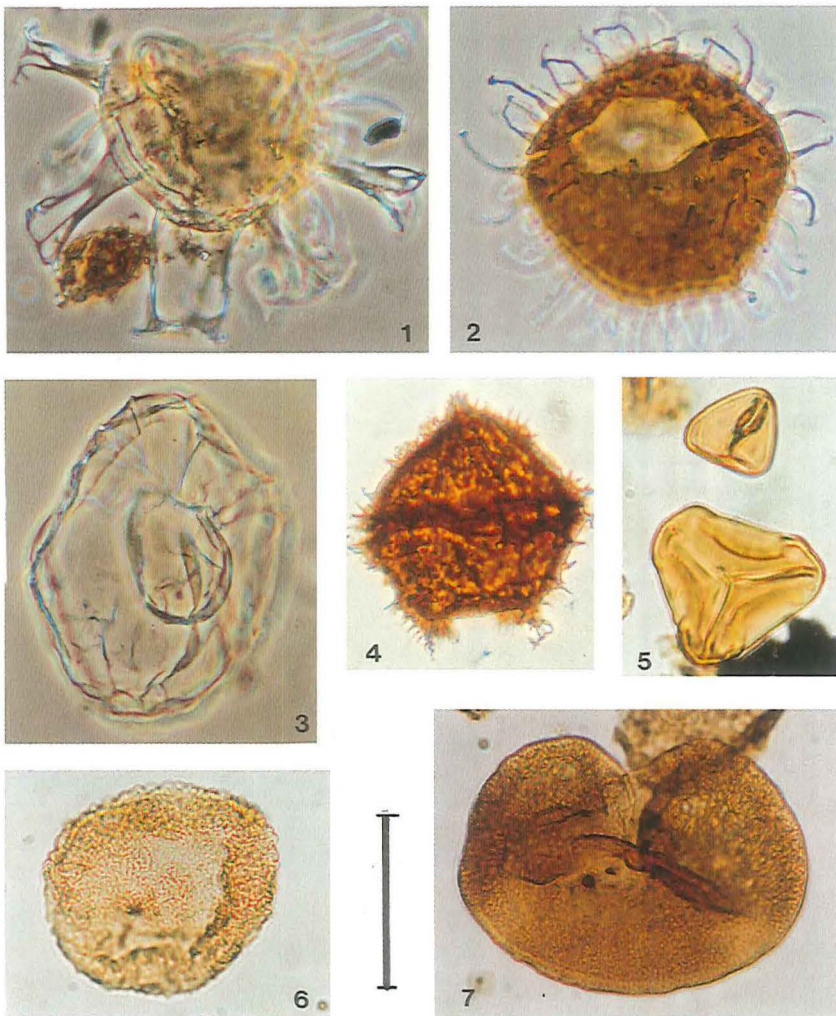
Figur 5. Dateringen av Hovgårdryggens tertiære sedimenter på grunnlag av dinoflagellatcyster.

Målet med den palynologiske undersøkelsen av hull 908 var å datere Hovgårdryggens sedimenter ved hjelp av dinoflagellatcyster (undersøkelsen var av ulike årsaker avgrenset til miocen og eldre). Fra denne lokalitet langt til havs var det i utgangspunktet ventet at sedimentene ikke ville inneholde særlig annet enn marine palynomorfer, det vil si cyster. Men det vi fant, var overraskende og på samme tid skuffende med tanke på en cystestratigrafisk datering. Preparatene var nemlig dominert av vevsfragmenter fra landplanter, særlig ved og kutikula (en beskyttende hinne på bladenes epidermis),

og i noe mindre grad av pollen og sporer. Dette overskyggende terrestriske innslaget gjorde det til et meget møysommelig arbeid å finne tilstrekkelig mange cyster for en datering av kjernene (figur 5). Dateringen viser at den eldste delen er fra nedre til et stykke opp i øvre oligocen, og at de oligocene sedimentene blir fulgt av de øvre miocene og yngre. Det er med andre ord et brudd i lagrekken som omfatter øvre del av øvre oligocen og nedre pluss midtre miocen.

PALYNOLOGI OG PALYNOMORFER

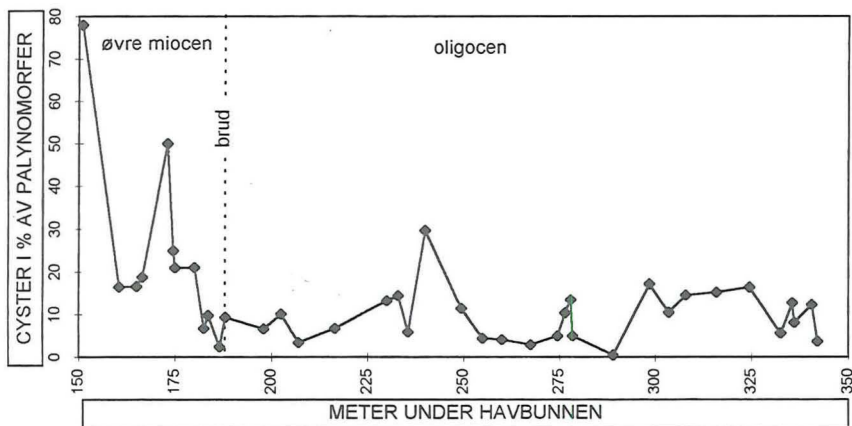
Palynologi er betegnelsen på studiet af syreresistente og tungt nedbrytbare mikrofosser; palynomorfer er fellesbetegnelsen på fossilene. De viktigste gruppene af palynomorfer er dinoflagellatcyster, pollen og sporer. Noen eksempler fra Hovgårdsryggens sedimenter er vist i figur 6. Pollen og sporer kommer fra landplanter; de er terrestriske i modsætning til de marine cystene. Veggmaterialet i pollen og sporer, som kaldes sporopollenin, er meget modstandsdygtig mod oksydasjon og nedbrytning i sedimentene. Det er denne egenskapen ved pollen og sporer som har gjort pollenanalyse mulig. Mange dinoflagellaer danner cyster af et stoff som er kjemisk meget nært beslektet med sporopollenin, og det er disse vi finner bevart i marine sedimenter. Sporopolleninet er også modstandsdyktig mod sterke kjemikalier som benyttes under prepareringen. Den går ud på å løse mineral-komponentene og det lettere nedbrytbare organiske materialet i sedimentene ved å behandle prøvene med saltsyre (HCl), flussyre (HF), og i noen tilfelle konsentrert salpetersyre (HNO₃). Syrebehandlingen gjør at alle mikrofosser av silikat og karbonat blir oppløst, mens fosser med sporopolleninholdige og andre motstandsdygtige, organiske vegginner kan ekstraheres. Palynologi defineres derfor også som studiet av syreresistente mikrofosser. I sedimenter som er avsatt i kystnære farvann finnes både marine og terrestriske palynomorfer. Mengdeforholdet mellom dem vil avhenge af avstanden fra land: jo kortere avstanden er til vegetasjonsdekket land, desto større er andelen av pollen og sporer i forhold til cyster i sedimentene. Endringer i forholdet mellom terrestriske og marine palynomorfer gjennom en lagrekke kan derfor gi informasjon om endringer i kystlinjens posisjon over tid, eller transgresjoner og regresjoner.



Figur 6. Eksempler på dinoflagellatcyster (1-4), sporer (5) og pollen fra Hovgårdryggens sedimenter (6: slekten hemlockgran, *Tsuga*; 7: slekten gran, *Picea*). Målestokk = 5/100 mm (50 μ m).

Hovgårdryggens historie i palynologisk belysning

Gjennom hele den tertiære lagrekken på Hovgårdryggen viser dinoflagellatcyster at avsetningsmiljøet var marint. Men likevel er landplanterester dominerende i de palynologiske preparatene til et godt stykke opp i øvre miocen (til ca. 160 m kjernedyp), og andelen av cyster er lav i forhold til pollen og sporer (figur 7). Hvordan kan en så forklare dette massive terrestriske innslaget i sedimentene på en lokalitet som ligger langt fra land og omgitt av dyphav? Det er to mulige kilder for det: Det kan være erodert og resedimentert fra eldre, ikke-marine sedimenter med et høyt innhold av organisk materiale fra landplanter, og/eller det kan ha kommet fra humus- og pollenproduksjonen i en samtidig landvegetasjon. I begge tilfeller må en imidlertid forutsette en beliggenhet nær land for at det skal kunne avsettes store mengder terrestrisk materiale, men med dagens posisjon for Hovgårdryggen synes det å være en umulighet.



Figur 7. Mengdeforholdet mellom dinoflagellatcyster og pollen/sporer oligocen til miocen i sedimentene fra hull 908.

Resedimentasjon har forekommet; dette kan vi se av både marine og terrestriske palynomorfer som finnes i sedimentene (alder: kritt til tidlig tertiær), men de utgjør bare et ytterst beskjedent innslag. På den annen side viser det terrestriske plantematerialet en oppbevaringstilstand som peker mot en opprinnelse i en samtidig land-

vegetasjon. De dominerende vevsfragmentene ser friske og upåvirkete ut, og mange er ganske store, godt over 0,1 mm i tverrmål. De bærer således ikke preg av å være erodert fra eldre formasjoner for deretter å ha blitt transportert og sedimentert på nytt. Pollenet bærer heller ikke preg av å være resyklert. Store pollen av bartrær (nåletræ, red) (såkalte luftsekkpollen, figur 6:7), som er den dominerende pollengruppen, er bevart som i moderne sedimenter. En annen observasjon, som også peker mot en opprinnelse i en samtidig landvegetasjon, er at sammensetningen av vevsfragmentene og pollenet viser liten variasjon opp gjennom lagrekken. Dette tyder på at kilden for dette materialet har vært relativt stabil hele tiden.

Oppbevaringstilstanden for plantematerialet i Hovgårdryggens oligocene og tidlig øvre miocene sedimenter kan derfor vanskelig tolkes anderledes enn at den helt dominerende kilden har vært en samtidig landvegetasjon. Lokaliteten for hull 908 må derfor ha vært relativt nær et vegetasjonsdekket landområde, noe de lave cystefrekvensene også vitner om (figur 7). De palynologiske resultatene stemmer derfor godt overens med den geofysiske modellen for Hovgårdryggens opprinnelse og vandring (figur 3). Ryggen vises her som et fragment av Spitsbergens kontinentalrand. I den første bevegelsesfasen, i oligocen, blir den forskjøvet nordvestover relativt til Spitsbergen. Som kilde for det terrestriske plantematerialet i sedimentene må vi for denne fasen forestille oss et vegetasjonsdekket kystområde langs Svalbardplattformens vestlige rand.

I miocen ble imidlertid situasjonen en annen. Platefragmentet ble brutt løs og beveget bort fra platformen, og det oppsto gradvis et relativt dypt marint basseng mellom ryggen og platformen. Sedimentene fra hull 909 viser dette. I øvre miocen var det blitt en betydelig avstand mellom Svalbardplattformen og Hovgårdryggen, og i denne posisjonen er transport av store mengder finfordelt plantemateriale fra Spitsbergens kystlandskap til ryggen lite sannsynlig. Men nyere magnetiske og seismiske undersøkelser omkring Hovgårdryggen peker mot en annen kilde. De viser at det opprinnelige kontinentfragmentet hadde en betydelig større utstrekning enn den nåværende Hovgårryggen, og at ryggens nordlige del i miocen raget høyere opp enn den sydlige, hvor hull 908 ble boret

og hvor sedimentene tyder på kystnære og grunne forhold. Det er sterke indisier for at den nordlige delen av ryggen i et betydelig tidsrom etter løsrivelsen fra Spitsbergen har vært en 'Hovgårds Ø' før den forsvant under havets overflate helt mot slutten av miocen eller i pliocen. Denne 'Hovgårds Ø' er med sin vegetasjon den sannsynlige kilden for det terrestriske materialet vi finner i de første sedimenter over bruddet i hull 908.

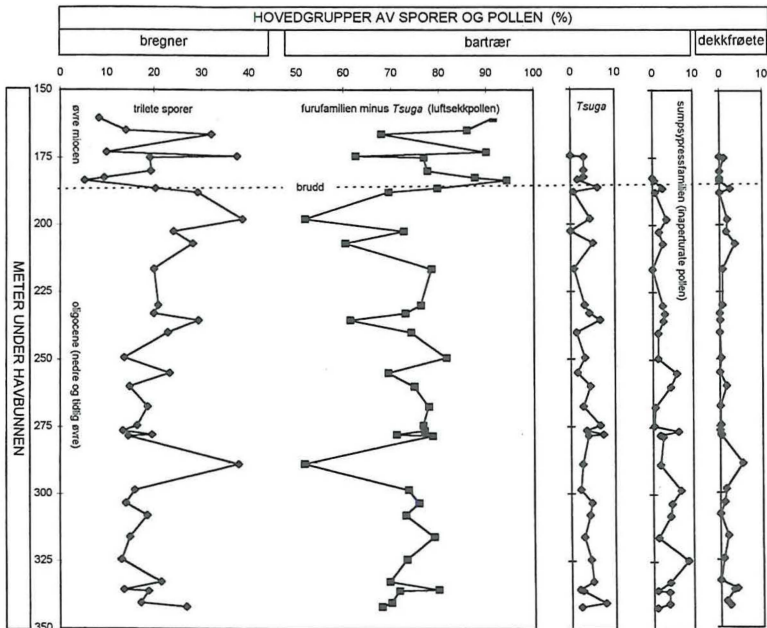
Hovgårdryggen og Spitsbergens tertiære flora

Pollenet og vevsfragmentene fra hull 908 vitner om skogvegetasjon og høy humusproduksjon i dette arktiske området i oligocen og i den tidligste delen av øvre miocen. Vi må forestille oss at Spitsbergens vestlige kystområder var dekket av skogkledde sumper.

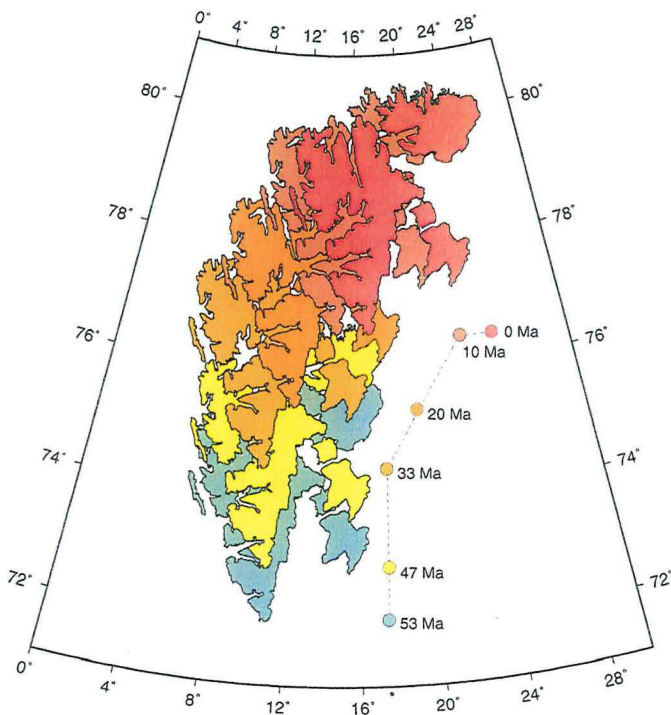
Pollendiagrammet fra hull 908 (figur 8) viser dominans av bartrepollen, særlig av furufamilien (*Pinus*, *Picea*, *Tsuga*). Løvtrær synes å ha spilt en ganske beskjeden rolle; mindre enn ti ulike pollentyper vitner om liten artsrikdom. Høy andel av bregnesporer tyder på en rik bregnevegetasjon, særlig i randsonene mot åpent vann hvor sporene lett kunne transporteres til havs.

Fra Spitsbergen har tertiære floraer vært kjent i 140 år. De ble først antatt å være av miocen alder, men er i nyere tid datert til paleocen og eocen. Omfattende makropaleobotaniske og palynologiske studier har gjort dem til noen av de best undersøkte blant tertiære floraer i arktiske områder. De viktigste elementene er representanter for familier som vi regner til rakletrærne, og bartrær av furufamilien og sump-sypress-familien. Løvtrær og bartrær har spilt temmelig likeverdige roller i vegetasjonen. Vi finner ingen vesentlige endringer i Spitsbergen-floraene fra paleocen til eocen, men når vi kommer til den oligocene floraen, som pollen i Hovgårdryggens sedimenter vitner om, finner vi en klar endring i forhold til paleocen-eocen. Pollenfloraen vitner om redusert artsrikdom, særlig for løvtrær, og bartrærne synes å ha spilt en større rolle, særlig representanter for furufamilien. Det er naturlig å se denne florumutviklingen fra eocen til oligocen som en følge av det globale temperaturfallet ved eocentidens avslutning. En annen faktor som utvilsomt også har bidratt til ugunstigere klima og redusert artsrikdom, er Spitsbergens bevegelse

mot høyere breddegrader gjennom tertiærtiden. Mens det sydlige området av Spitsbergen med den ennå ikke fraskilte Hovgårdryggen lå omkring 5° nord for polarsirkelen i paleocen-eocen, lå det i miocen ytterligere 5° lenger mot nord (figur 9). I tidlig tertiær har derfor plantene levet under forhold med vintermørke i ca. to måneder, og i øvre miocen (for ca. 10 millioner år siden) har det økt til omkring fire måneder. De øvre miocene sedimentene umiddelbart over bruddet i hull 908 viser omtrent de samme pollenforhold som de oligocene sedimentene. Vi ser derfor ikke klare tegn på omfattende endringer i floraen fra oligocen til tidligste øvre miocen, over et tidsrom av ca. 15 millioner år.



Figur 8. Pollendiagram hull 908. Diagrammet viser den relative andelen av bregnesporer (trilete sporer), luftsekkpollen av furufamilien, hemlockgran (*Tsuga*), inaperturate pollen (= pollen uden åbninger) (overveiende sumpsyppress- familien), og dekkfrøete pollen.



Figur 9. Spitsbergens bevegelse i tertiær fra tidligste eocen (53 millioner år), til nåværende posisjon. De angitt tidspunktene er markert i posisjonen for øya Hopen øst for Spitsbergens sydspiss.

Hovgårdryggens pollenflora omfatter et nytt element som ikke har vært funnet i Spitsbergens paleocene-eocene sedimenter. Det er en slektning av hemlockgran (*Tsuga*), som har meget karakteristisk pollen (figur 6:6). Det er interessant at *Tsuga* er funnet i sedimenter fra en liten lokalitet utenfor det paleocene-eocene bassenget på Spitsbergen. Sedimentene er datert til midtre oligocen, med andre ord samme alder som de oligocene sedimentene på Hovgårdryggen.

Ingen arter i Spitsbergens eller Hovgårdryggens flora eksisterer i dag. Vi mangler derfor grunnlag for direkte sammenligning med hensyn til plantenes klimatiske toleranse. Ser vi på sammensetningen av den

paleocen-eocene floraen på familienivå, spesielt for løvtrærne, kan den best sammenlignes med dagens tempererte og relativt artsrike flora i det sydlige Skandinavia og i Nordvesteuropa. Det eksisterte altså i paleocen-eocen en middels temperert flora på tilsvarende breddegrader som vi i dag finner den aller nordligste grense for den sibirske taigaen. Pollenfloraen fra Hovgårdryggen vitner om en artsfattigere og bartre-dominert skog med ytterst beskjedent innslag av løvtrær. I oligocen og tidlig øvre miocen synes derfor en taigalignende skogvegetasjon å ha eksistert fem grader lenger mot nord enn den nordligste ytterpost for slik vegetasjon i dag.

Grensen for skogvegetasjon ligger i dag mellom 70° og 73°N, hvor barskogbeltet (taigaen) går over i tundra i Sibir. Vi har derfor ingen nålevende skogvegetasjon på enda høyere breddegrader som kan bidra til å belyse de arкто-tertiære skogenes vekstforhold. I denne sammenheng er det av stor interesse å se på en forkrøblet skogvegetasjon som eksisterte i tidlig kvartær, for ca. 2,3 millioner år siden, enda lenger mot nord, på over 82°N ved Kap København nordøst på Grønland. Fossilene herfra, både planterester og insekter, ga grunnlag for noen klimakonklusjoner som er relevante for Hovgårdryggen (se Klimahefte II, VARV 1996, 4). Det ble anslått at varmeste måned hadde en temperatur henimot 10 °C, som normalt er grensen for trevekst.

For Hovgårdryggens yngste flora, som er ca. 7-8 millioner år eldre enn Kap København-floraen, må vi anta lignende eller helst litt varmere sommerforhold. Vintertemperaturen ble for Kap København anslått til fra -15 til -17 °C på grunnlag av indisier for permafrost. For Hovgårdryggens vedkommende kan vi ikke slutte noe med hensyn til permafrost. Men vinterkulden må ha vært ganske betydelig, med mindre det har vært et nokså vedvarende skydekke som kunne bremse utstrålingen gjennom flere sølle vinter måneder.

Artikkelen bygger på studier utført i forbindelse med ODP tokt 151 som blir publisert i ODP's Proceedings, Scientific Results 151. Foruten nærværende forfatter har følgende forskere bidratt til studiene som denne artikkelen bygger på: M.C. Boulter, London; A.M. Myhre, Oslo; N. Poulsen, København; G.L. Williams, Dartmouth.