

Morenestratigrafi og isbevegelser fra Weichsel, sørvestre Finnmarksvidda, Nord-Norge

LARS OLSEN & MARTIN HAMBORG

Olsen, L. & Hamborg, M. 1983: Weichselian till stratigraphy and ice movements on southwestern Finnmarksvidda, northern Norway. *Norges geol. Unders.* 378, 93–113.

At least 6 different till units exposed in a 50 m high section along the Vuolgamasjåkka river. Starting from the top there are three basal tills resting on sorted sediments, and below that there are tills alternating with sorted sediments. At the bottom the exposed sequence ends with sorted sediments. The ice movements corresponding to the different till units are interpreted based on stone orientation. The three upper tills were deposited under ice moving towards the N (youngest), NNW (intermediate), and NNE (oldest), respectively. Preliminary results indicate that the two oldest till units were deposited as a result of ice moving towards the NE and NW, respectively. The two oldest of the three upper tills are found in many sections in the area. At two localities in Kautokeino, at Vuolgamasjåkka and at Vuoddasjavri the till bed complex rests on glaciifluvial sediments. The sediments may possibly represent the beginning or the end of an interstadial which we have, informally, named the Eiravarri interstadial. The basal tills which correspond to the youngest regional ice movement, having mainly a northerly component, are only occasionally found. We assume that the two underlying till units represent the last glaciation from the ice advance after the last interstadial (Eiravarri interstadial) to the deglaciation after maximum ice extension. Reorientation of particles in the underlying till with regard to the youngest or the second youngest regional ice movement can be demonstrated at 5 of the 6 described localities on Finnmarksvidda. Without organic content in the subtrill sediments and without any indications of ice movements from the mountain range to the northwest, we assume that the exposed part of the stratigraphical sequence at Vuolgamasjåkka is younger than the last interglacial (Eem).

Lars Olsen & Martin Hamborg, Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006, N-7001 Trondheim, Norway

Trykkfeil i NGU 378,
side 101 og 109 er ombyttet.

Innledning

Artikkelen gir en oversikt over resultatene fra kvartærstratigrafiske undersøkelser på SV-lige Finnmarksvidda 1981 (Fig. 1) i forbindelse med malmprospektering i regi av A/S Sydvaranger og Norges geologiske undersøkelse. Formålet med undersøkelsene er å finne de regionale isbevegelsene og de tilhørende stratigrafiske enheter, for videre å benytte dette i malmprospekteringen. Resultatene er foreløpige, men er valgt å presenteres på et tidlig stadium som en informasjon og som et diskusjonsgrunnlag for videre arbeider i dette og tilstøtende områder.

Av de beskrevne lokalitetene framheves skjæringen ved Vuolgamasjåkka. Den har sannsynligvis den mest komplette stratigrafien (Fig. 1, 8). Med denne stratigrafien som utgangspunkt er lokalitetene forsøkt knyttet sammen i et korrelasjonsdiagram (Fig. 9).

Alle isbevegelsesretninger angis i nygrader $^{\circ}$ i breens bevegelsesretning.



Fig. 1: Lokalitetene hvor de stratigrafiske undersøkelsene er foretatt. Ved Bæivasgieddi ligger en stratigrafisk lokalitet som undersøkes av A. Read, Univ. i Oslo.
 Location map of stratigraphical sites. A site not far from Bæivasgieddi is currently being investigated by A. Read, Univ. of Oslo.

Steinorienteringer

Det er ikke på noen av lokalitetene funnet organisk materiale som kunne egne seg til relative eller absolutte dateringer. Pollen er heller ikke funnet i sedimentene. Det er derfor ikke funnet grunnlag for å opprette en kronostratigrafi, men på bakgrunn av lithologi og steinorientering (s.o.) i morener har vi forsøkt å etablere en lokal klimastratigrafi. Undersøkelsene blir etterhvert komplettert med petrografiske analyser og kornfordelingsanalyser.

Topografisk sett gir viddeområdet et særlig gunstig utgangspunkt for bruk av steinorienteringer som morenestratigrafisk metode. Det er lavt relieff og rolig undulerende overflate over et stort areal. Isdelersonen under siste nedisning lå hele tiden sør for området. Under slike forhold vil en forvente at regionale isbevegelser gir regionalt ensartet orientering i de respektive morener. Resultatene fra våre analyser bekrefter dette.

I snittene er orienteringene alltid tatt på horisontale flater hvor morenen er homogen og uten blokker. Hver orientering er forsøkt begrenset til å dekke minst mulig i vertikal retning. Størrelsen på partiklene som måles, varierer etter hvilken clast-fraksjon som dominerer i morenene. For å unngå avhengige (sympatetic) orienteringer har vi forsøkt å holde et snevert størrelses-intervall for partiklene ved

hver analyse. For de fleste målte partiklene har lengste akse vært ca. 2,5–6 cm, og forholdet mellom lengste og mellomste akse er alltid større enn 1,5:1 og mindre enn 2,5:1. Under bestemmelsen av retning og fall på lengste akse er skjønnsmessig vektaksen i partikkelen benyttet. På et fåtall partikler har dette vært vanskelig å bestemme. Disse er ikke tatt med i undersøkelsen. Steiltstående partikler som heller mer enn 40° er registrert, men ikke benyttet i analysen. Dette er i tråd med tester av operatørfeil og andre målefeil utført for steinorienteringsanalyser (f.eks. Krüger, 1970, 1973).

Parallelliteten mellom orienteringsmaksimum for partiklenes lengste akse og isbevegelsesretning, er etterhvert meget godt dokumentert for basalmorener (Goldtwait, 1971). Det er likevel mange moreneundersøkelser som viser at en orientering på tvers kan dominere. Slike orienteringer er vist å opptre i trykksoner i marginale deler av ismassene og i støt for obstruksjoner i terrenget (Boulton, 1971). Våre lokaliteter omfattes så vidt vi vet, ikke av slike forhold. Transversale orienteringsmaksima kan også opptre der hvor steiner med tavle- og kileform med a:b akseforhold mindre enn 1,5, diskosformer med a:b akseforhold mindre enn 2–1, 5, og lange stenger er overrepresentert i materialet (Andrews & King, 1968). Med vårt krav til akseforhold forsvinner de to første form-klassene, og de to siste reduseres til et minimum. Vi bruker derfor steinorienteringer til å bestemme isbevegelsesretningene på stedet.

Karakteristisk for steinorienteringene er de doble orienteringsmaksima som generelt opptre i øvre del av de underliggende morener (Fig. 2: s.o. 28B, 2). Vi har ikke undersøkt spesielt hvor langt ned i morenen disse doble maksima opptre, men dybden synes å være av størrelsesorden ca. 30 cm. Det er grunn til å anta at disse doble maksima skyldes reorientering under yngre isbevegelser.

Fra sub-marginale deler av recente breer har Boulton (1979:29) påvist deformasjon 0,6 m ned i underliggende morene. Målingene viser at deformasjonen avtar etter en tilnærmet hyperbolsk funksjon ned til nevnte dyp.

MacClintock og Dreimanis (1964) har vist ved steinorienteringer (fabric analyser), at is av kontinental tykkelse kan forårsake reorientering i ufrossete underliggende avsetninger til et dyp på minst 10 m. De samme forfatterne foreslår tre mulige mekanismer som gir reorientering:

1. Morenen forflyttes langs assosierte relativt inkompetente leir- og siltlag.
2. Morenen utsettes for skjærpåvirkning. Slike skjærplan er sjelden mulig å registrere unntatt på steder der leire og silt er involvert i skjærprosessen (op.cit.: 141).
3. Den tredje mekanismen blir forklart med en viskøs strømming som kan oppstå når skjærkreftene omlagrer eller elter morenen, og omdanner den til en seigtflytende masse.

Sistnevnte hypotese er i tråd med Glen, Donner og West's (1957) forklaring på hvordan partikkelorienteringen oppstår ved skjærbevegelser i isens basaldele. MacClintock og Dreimanis har imidlertid ikke påvist noen tilfeller der denne deformasjonen har skjedd.

Ramsden og Westgate (1971) har undersøkt fabric i doble morener i Alberta, Canada. De mener å ha påvist eksempler på reorientering som skissert under pkt.

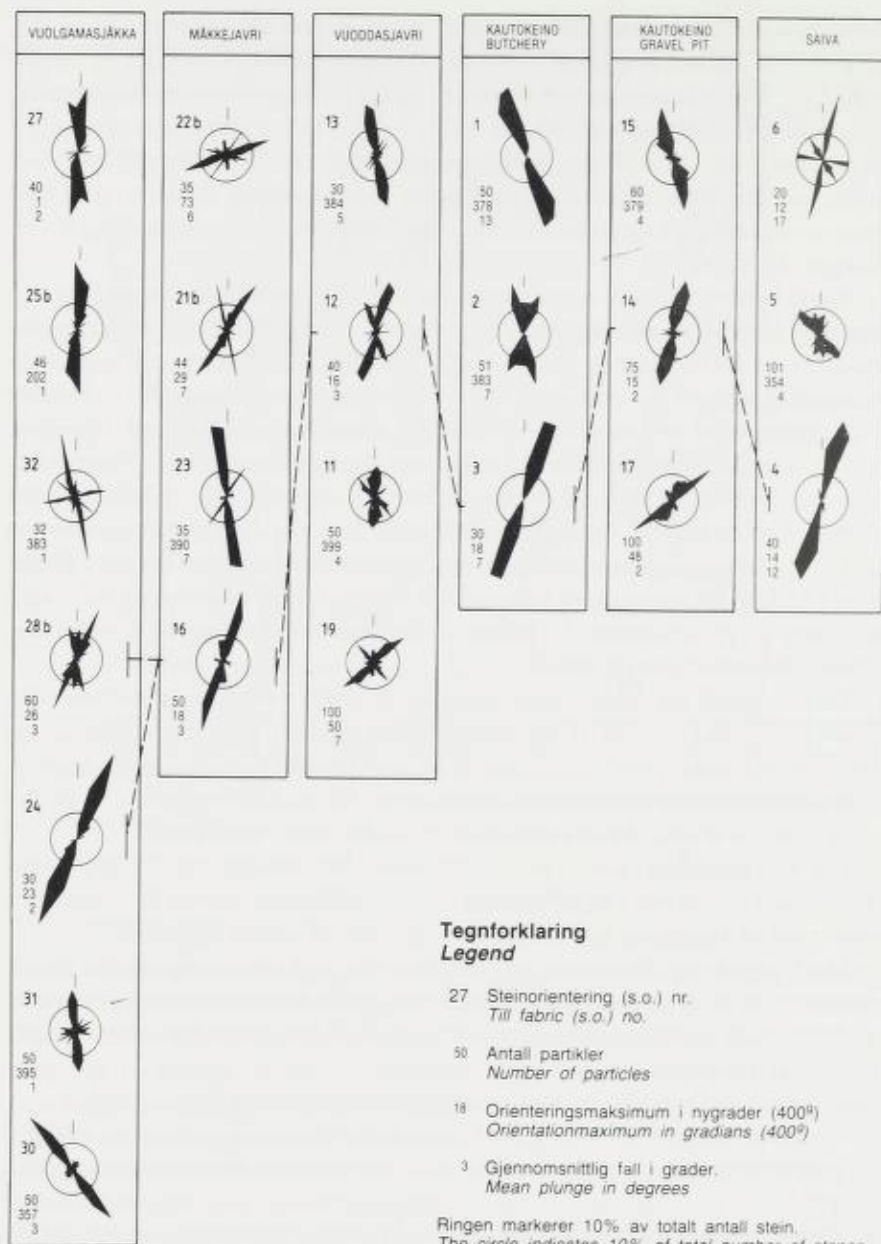


Fig. 2: Steinorienteringer. Deres stratigrafiske posisjon er avmerket i Fig. 8 og 9; Hovedmaksimum er beregnet etter formen på rosediagrammet. Gjennomsnittlig fall er beregnet innenfor sektoren som utgjør hovedmaksimum. Transportretningen for morenen er angitt i nygrader (^h), basert på orienteringsmaksimum og at det gjennomsnittlige fall på partiklene er det motsatte av bevegelsesretningen. Mellom steinorienteringer som er korrelate er det trukket en stiplede linje.

Till fabrics. Their stratigraphical locations are marked on Figs. 8 and 9. The primary maximum is calculated based on the shape of the mirror image rose diagram. Mean plunge is calculated for the dominant modal group, i.e. the maximum class plus adjacent classes. The till transportation direction is indicated in gradians (^h), based on the primary maximum orientation and the up-glacier plunge principle. A broken line is drawn between fabrics which correlate with till D.

1 og 2. På alle steder der det er funnet reorientering i undre morene, er denne transportert *en bloc* under den yngre isbevegelsen ved skjærbevegelser i den basale leirige sonen (op.cit.: 341). Reorienteringene er registrert ved doble maksima i øvre del av underliggende morene. Det ene maksimum er parallelt med maksimum i overliggende morene, det andre med maksimum i undre morene. Lignende resultater har kommet fram i analysemateriale fra Finnmarksvidda. Ved våre analyser framstår reorienteringen noen steder som hovedmaksimum (Fig. 2; s.o. 2 og 5), andre steder er det omvendte tilfelle (Fig. 2; s.o. 12 og 28b).

Ramsden & Westgate (1971: 343) har i sin undersøkelse påpekt at avlange partikler som skjæres av et av skjærplanene som knyttes til den yngre isbevegelsen, har en tendens til å bli reorientert til den yngre isbevegelsesretningen. Dette mener vi har stor betydning for tolkningen av analysedata fra underliggende morener som er tett gjennomsett av skjærplan assosiert med yngre isbevegelser.

Beskrivelse av stratigrafiske lokaliteter

Det er undersøkt seks lokaliteter som ligger tilnærmet i et ØNØ-VNV profil fra Kautokeino mot Karasjok (Fig. 1). De fleste lokalitetene er framkommet ved uttak av masse til veibygging. Ulempen med dette er at skjæringene ikke er blitt stående i lengre tidsrom, men lukket igjen når behovet for masse avtok. Tilfredsstillende undersøkelser vanskeliggjøres på denne måten.

I tillegg til de beskrevne lokalitetene arbeider A. Read, Geol. inst., U. i Oslo (pers.medd. 1981), med en lignende stratigrafi ved Bæivasgieddi (Fig. 1).

Steinorienteringenes plassering i dybde og stratigrafi sees i Fig. 9.

KAUTOKEINO SLAKTERI

Her ligger to morener adskilt av en 2–8 cm tykk diamikton av brunlig farge (Fig. 3). Under morenene i en forsenkning i fjelloverflaten ligger en 0–0,3 m tykk lomme med sorterte sandige sedimenter. Eventuelle primære strukturer i dette sedimentet er ødelagt. De forskjellige enhetene er alle adskilt av skarpe erosjonsgrenser.

Den undre morenen er 1–1,5 m tykk og har en sterk orientering mot ca. 20° (Fig. 2; s.o. 3). Like under grensen til den overliggende morenen, dvs. umiddelbart inder den brune diamiktonen, viser rosedigrammet (s.o. 2) et sekundært maksimum på ca. 25° og et dominerende maksimum på 380–390°. Den stratigrafiske posisjon til steinorientering 2, ca. 25 cm under erosjonsgrensen, indikerer at isbevegelsen som assosieres med avsetningen av den øverste av morenene, under denne prosessen delvis reorienterte de øverste partier av den underliggende morenen. Den eldste bevegelsen framkommer således som et sekundært maksimum.

Overliggende morene er ca. 1,2 m tykk og orienteringen viser isbevegelse mot 380°.



Fig. 3: Kautokeino slakteri. Grensen mellom undre (20^ø) og øvre (380^ø) morene er stiptet. Mellom morenene ligger en 2–8 cm tykk brunfarget diamikton, Kautokeino butchery. The boundary between lower (20^ø) and upper (380^ø) till is marked with a broken line. A 2–8 cm thick brownish diamicton separates the two tills.



Fig. 4: Kautokeino massetak. Grensen mellom undre (15^ø) og øvre (380^ø) morene er stiptet. Underst i snittet ligger deformerte glaci-fluviale sedimenter, Kautokeino gravel pit. The boundary between lower (15^ø) and upper (380^ø) till is marked with a broken line. The basal tills rest on deformed glaci-fluvial sediments.

KAUTOKEINO MASSETAK

Partier av avsetningen er tektonisert i flere deformasjonsfaser.

Forkastninger og overskyvninger viser deformasjon fra SV-SSØ. Aldersforholdet mellom deformasjonsfasene basert på tektonikken er ikke tilstrekkelig undersøkt.

Steinorienteringene er foretatt i deler av avsetningen som tilsynelatende er uforstyrret.

Nederst i grustaket ligger en mer enn 8 m mektig glasifluvial lagserie (Fig. 4). I lagserien ligger flere 0,5–2 m mektige lag av morenisert glasifluvium. De underste 3 m av sedimentet viser en mer eller mindre rytmisk lagfølge av sand og grusig sand i tilnærmet flattliggende lag. Regelmessigheten er stedvis forstyrret av steinholdige lag og yngre deformasjonsbevegelser. Underlaget er ikke blottet. Variasjonen i kornstørrelse og sortering oppover i sedimentet er stor. I enkelte partier består massene av godt sortert sand. I andre partier vitner sedimentet om svært brenære forhold med ekstremt dårlig sortering i en blanding fra blokker til sand. Skrålagning og kryss-sjiktning viser at avsetningen skjedde fra en sørøstlig retning.

Over sanden følger en 1–6 m mektig undre morene som i nedre deler har en klar steinorientering mot ca. 50° (Fig. 2, s.o. 17). Lenger opp i den samme morenen viser s.o. 14 at bevegelsen er mot ca. 15°.

Den nordøstlige orienteringen i basaldelen av morenen kan skyldes lokale dalrettede isbevegelser eller en regional isbevegelse da breen rykket fram fra en sørlig posisjon.

Skjærplan og deformerte sediment-bånd som kan følges ned i den underliggende sand markerer grensen til den øvre morenen. Denne morenen er 0–3 m tykk og orienteringen (s.o. 15) indikerer en bevegelse mot ca. 380°.

Øverst ligger 0–1 m med ablasjonsmateriale og bresjøsedimenter fra isavsmeltingen.

VUOLGAMASJÄKKA

Stratigrafien er her blottlagt i en ca. 50 m høy elveskjæring (Fig. 8). Undersøkelsene er foreløpig ufullstendige og må betraktes som orienterende. Steinorienteringene som er foretatt gir imidlertid en foreløpig oversikt over (hoved)isbevegelser innen de enheter hvor disse er tatt.

Av spesiell interesse er orienteringene i de basale deler av morenene som ligger over sedimentene. Man kan her få en indikasjon på fra hvilken retning breen rykket fram etter en interstadial eller interglacial.

Den laveste delen av snittet er dekket av nedrast materiale. Underst i den blottede delen av snittet ligger mer enn seks meter med sorterte sedimenter, sand J. Lagning og kryss-sjiktning viser transportretning fra sør. Sedimentet er sannsynligvis en proglacial dannelse.

Den overliggende morenen, I, er ca. 3 m mektig. Den har et tilnærmet horisontalt orienteringsmønster med en klar orientering ca. 155° ± 200° (Fig. 2, s.o. 30). Dragfolder i grensen med sand J viser entydig at bevegelsen var mot ca. 355° (Fig. 5). Dette kan være en lokal isbevegelse for området omkring



Fig. 5: Vuolgamasjåkka. Dragfolder i overgangen mellom morene I (355^ø) og sand J viser en deformasjon fra venstre mot høyre (SØ mot NV).

Vuolgamasjåkka. Drag folds in sand J just beneath till I (355^ø) indicate a deformation phase directed from left to right (SE to NW).

lokalireten, eller den representerer en noe mer regional isbevegelse som viser isens framrykning i området fra en S-SØ-lig beliggenhet.

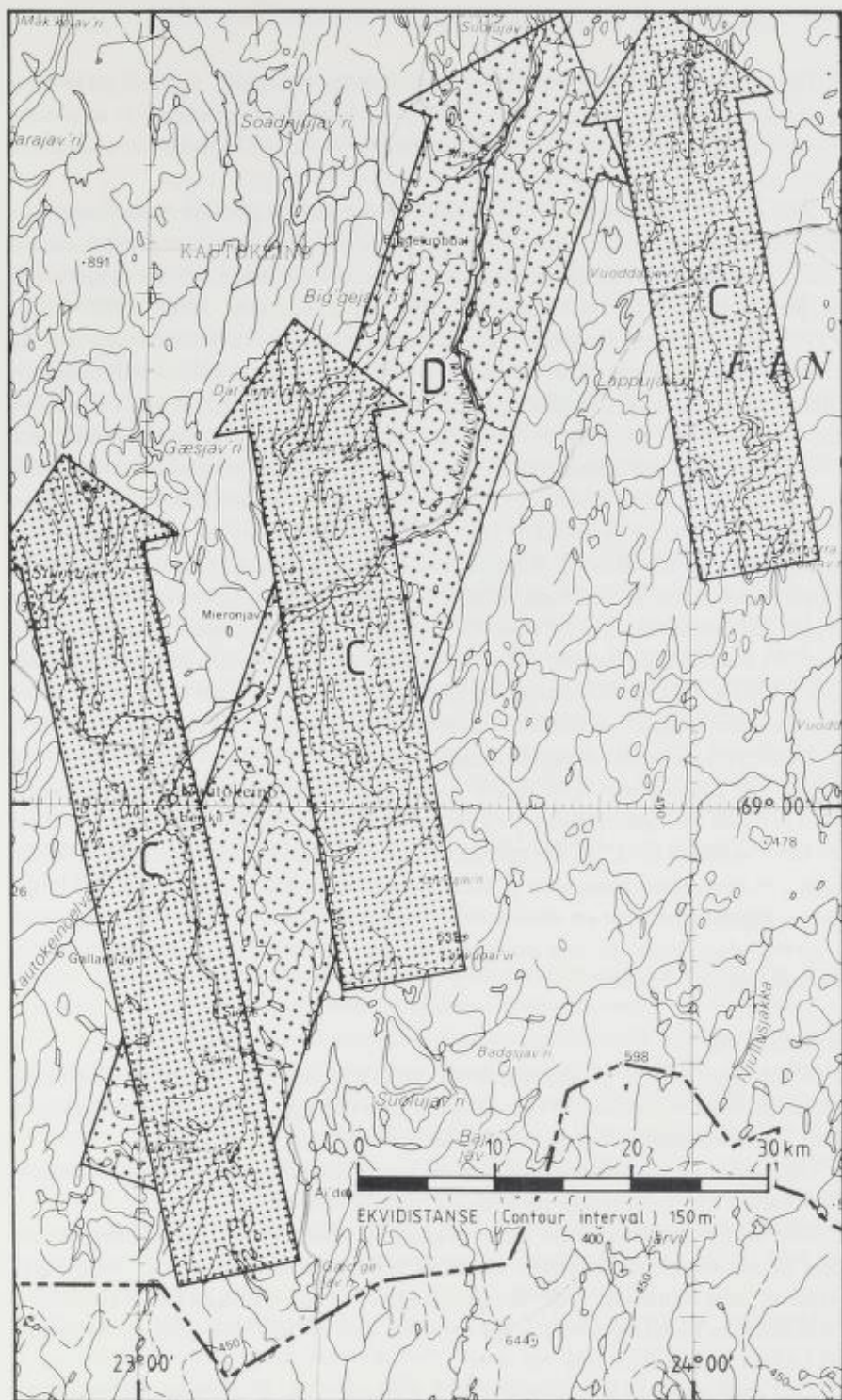
Mellom morene I og den overliggende morenen, G, ligger det en 0,5–1 m tykk pakke med sand og grus, H, uten sedimentære strukturer.

Morene G er ca. 4,5 m mektig. En orientering ca. 1,5 m over undergrensen viser en transportretning mot ca. 395^ø (s.o. 31).

Morene G avgrensnes oppover av en ca. 0,5 m tykk sand og grus uten sedimentære strukturer. Denne sanden har vi latt gå inn i den overliggende morenepakke F, som gjennomskjæres av flere grus- og sandlag. Felles for de sorterte sedimentbåndene er at de ikke har sedimentære strukturer. Det er heller ingen visuelle forskjeller i den totalt ca. 9 m mektige moreneserien.

Over morenen ligger ca. 12 m med sorterte sedimenter dominert av sand. Sanden er bygget opp av skrålag som er avsatt fra sør. I den sørlige delen av snittet veksler lagene mellom grov grus og sand, mens den nordlige, distale delen har en jevn veksling av sortert sand. Sedimentet er antatt å være en glasifluvial dannelse, avsatt i en isfri periode før den overliggende morenepakken ble avsatt. Vi kaller denne sanden for Eiravarri Sand. Den tilsvarende isfrie perioden kaller vi uformelt Eiravarri interstadial.

Den øvre morenepakken kan deles i tre. Den undre morenen, D, er mellom 0,5 og 1,5 m tykk. En steinorientering midt i morenen viser en isbevegelse mot ca. 25^ø (s.o. 24).



YNGRE ISBEVEGELSE
Younger ice-movement



ELDRE ISBEVEGELSE
Older ice-movement

Den undre morenen er mer enn 3,5 m mektig, homogen, normalt pakket og steinene er orientert mot ca. 15° (Fig. 2, s.o. 4). En steinorientering (5°) i de øverste 20 cm av morenen viser at orienteringen her er ca. 355° , med to sekundære maksima mot ca. 385° og ca. 15° .

Den øverste morenen er ca. 1 m tykk, og preget av forskjellige typer flytestrukturer og sedimenter. Vi tolker denne morenen som en basal utsmeltingsmorene, basert på beskrivelser av denne morenetype (f.eks. Dreimanis, 1976). Strukturene og lithologien har karakteristika som Sveg till (Lundquist, 1969, 1977; Shaw, 1979). Orienteringen i morenen viser et dominerende maksimum mot ca. 10° , og et sekundært mot ca. 360° . I tillegg er det et lite maksimum ved ca. 310° , tilnærmet normalt på hovedbevegelsen 10° . Steinorienteringen er tatt i et «flow» lag ved bunnen av øvre morene og behøver ikke være representativt for moreneenheten i sin helhet (Boulton, 1971: 54). Fallert på a-aksen er stort for partiklene langs de to maksima. Gjennomsnittsfallet er beregnet til henholdsvis 17° og 25° . Bare 20 partikler er målt i dette tilfellet, men alle målingene ligger samlet rundt ett maksimum. Resultatet er av den grunn trolig representativt lokalt i den undre delen av morenen. Det relativt høye fallert på partiklenes a-akse er typisk for bunndelene av en flow till (Boulton, 1971:41), men er også forenlig med en utsmeltingsmorene, «melt-out» till, som ofte avspeiler den englasiale fabric (op.cit.:61). Relativt høyt fallert på partiklenes lengste akse er for øvrig påvist i undre deler av basale utsmeltingsmorener av typen Sveg tills (Shaw, 1979:413).

På denne lokaliteten mangler moreneenheten som normalt korreleres med den NNV-lige isbevegelsen som følger etter $15\text{--}20^\circ$ bevegelsen. Steinorientering 5° viser at denne bevegelsen kan være gjenspeilet i form av en reorientering i de øverste 20 cm i morenen hvor 20° bevegelsen er dominerende. I analyseresultatene finnes også 15° bevegelsen igjen som et sekundært maksimum. Uten å ha NNV-bevegelsen representert som en moreneenhet mener vi allikevel at den er representert i stratigrafien som en reorientering av den opprinnelige orientering i den underliggende morene.

MÅKKEJAVRI

I en drumlin som er orientert mot ca. 6° er det laget en skjæring normalt på lengdeutstrekningen. Snittet viser at drumlinen er bygget opp av tre bunnmorener som igjen overlages av et tynt utsmeltningsmateriale.

Den undre morenen er mer enn 3 m mektig, «normalkonsolidert» og homogen. Den har en klar orientering mot ca. 20° (Fig. 2, s.o. 16).

Den midtre morenen er ca. 1,5 m tykk og har ellers samme karakteristika som den undre morenen. Morenen avsluttes med et blokklag øverst. Blokklaget framtrer tilsynelatende som en overgangssone til overliggende materiale. I underkant av blokklaget er steinene orientert mot ca. 390° (s.o. 23), med et svakt sekundært maksimum mot $30\text{--}40^\circ$.

Den øvre morenen som overlager blokklaget er ca. 2 m mektig, er lysere av farge, løsere pakket og utgjør den øverste delen av drumlinen.

Like i overkant av blokklaget er det bevart et sekundært maksimum mot ca. 385° , mens den dominerende retningen nå er ca. $30\text{--}40^\circ$ (s.o. 21b). Midt i denne

morenen er det et sekundært maksimum på 30–40°, mens den dominerende retningen er mellom 70 og 80° (s.o. 22b).

Vi tolker denne utviklingen slik at den undre morenen er avsatt av en isbevegelse mot ca. 20°. Deretter endret bevegelsen seg til ca. 390°.

Dannelsen av blokklaget kan sannsynligvis knyttes til omleggingen av isbevegelsen. I dette tilfellet fra 390° til en yngre NØ-lig (eventuell N-lig) bevegelse. Blokklag i morener behøver ikke alltid bety en endring av isbevegelsesretningen (Dreimanis, 1976; Hole & Bergersen, 1981), men er ofte knyttet til en overgangssone mellom to isfaser (Garnes & Bergersen, 1977). Det sekundære maksimum på 385° i s.o. 21b antyder at deler av morenen ble avsatt av denne bevegelsen, men ble siden reorientert av isbevegelse(e) i påfølgende fase. Tilsvarende reorienteringer i drumliner er registrert andre steder (Gravenor & Meneley, 1958). Det er heller ikke uvanlig å finne eldre løsavsetninger representert i undre deler av drumliner (f.eks. Garnes, 1976; Andersen et al., 1981).

Tverrsnittet i drumlinen ved Måkkejavri viser at de to undre morenene inklusive blokklaget er en erosjonsrest fra eldre isfaser, mens den øvre morenen kan se ut til å være akkumulert i forbindelse med dannelsen av drumlinen. Det er imidlertid uklart om de yngste orienteringene er lokale bevegelser innen dannelsen av drumlinen, eller om de representerer egne regionale bevegelser på skrå av drumlinens lengdeutstrekning. Disse unge NØ-lige bevegelser er imidlertid ikke gjenfunnet i andre tilsvarende unge avsetninger eller som skuringsstriper. Dypet som undersøkelsene er gjort på, ca. 2–3,5 m, gjør det lite sannsynlig at drumlinformen skulle blitt bevart under påvirkning av en sterkt reorienterende diagonalgående bevegelse. Foreløpig betrakter vi derfor disse NØ-lige orienteringene som uttrykk for de lokale transportretningene under oppbyggingen av drumlinen.

VUODDASJAVRI

Under ablasjonsmateriale ligger to moreneenheter over sorterte sedimenter (Fig. 7). Under sedimentene ligger nok en morene, derunder sorterte sedimenter.

Den underste pakken med sorterte sedimenter er mer enn seks meter mektig og veksler i kornstørrelse og sortering. Underlaget er ikke blottet. De underste delene er sandige og godt sortert. Lagningen er horisontal og kryss-sjiktning viser transport mot nordøst. Oppover øker sedimentene i kornstørrelse. En 0,5–1 m mektig skrålagspakke av grus markerer en oppgrunningsfase i sedimentasjonssyklusen. De øverste 0,5–1 m av sedimentet består av tilnærmet horisontalt lagdelt siltig sand med enkelte grusige, steinige partier. Sanden er sterkt deformert mot overgangen til den overliggende morenen. Sedimentsekvensen ligger over det laveste viddenivået og er sannsynligvis en proglacial dannelselse.

Den underste bunnmorenen er ca. 1,5 m mektig, siltrik og hardpakket. Orienteringen i den øvre delen er ca. 50° (Fig. 2, s.o. 19). Steinorienteringen viser et sekundært maksimum normalt på hovedretningen. Det er ikke undersøkt om dette relativt betydelige maksimum skyldes partikler avsatt normalt på isbevegelsen eller om dette kan representere en tidlig bevegelse. Gjennomsnittlig helling på disse steinene viser en svakt foretrukket retning mot sørøst. Foreløpig betraktes



Fig. 7: Vuoddasjavri. I den øvre morenepakken er grensen mellom den undre (15°) og den øvre (385°) morenen svært tydelig (prikket linje). Nederst på bildet sees den underste morenen (50°). Mellom morenepakkene ligger glaci-fluviale sedimenter (mellom stiplede linjer) med subhorisontal lagning. *Vuoddasjavri. In the upper till sequence the boundary between the lower (15°) and upper (385°) till is very distinct. The lowermost till (50°) is separated from the upper till sequence by a subhorizontally bedded, glaci-fluvial sediment (between broken lines).*

dette sekundære maksimum å representere tverrstilte steiner etter rullende transport.

Den overliggende sedimentpakken er drøye 4 m mektig. Lagningen er tilnærmet horisontal. Avsetningen domineres av sand med enkelte grusige lag som gjennomsetter avsetningen. Kryss-sjiktning viser at strømrretningen var mot nord. De øverste ca. 0,5 m av sedimentet er usortert med kornstørrelse fra sand til små stein. Vi antar at også denne sekvensen er dannet proglasialt.

Den øvre morenepakken kan deles i to morener etter en tydelig erosjonsgrense. Mektigheten av den undre morenen er ca. 2 m. Enkelte 0–3 cm tykke bånd av sandig grusig materiale gjennomsetter morenen. Orienteringen i basaldelen (s.o. 11) viser et maksimum mellom ca. 380° og 20°. Tyngdepunktet ligger på ca. 5°. I den øvre delen er orienteringen (s.o. 12) dominerende mot 15° med et sekundært maksimum mot ca. 380°.

Den øvre morenen er ca. 1,5 m mektig, sandig og stedvis lagdelt i basaldelen. I den undre delen er bevegelsen mot ca. 385° (s.o. 13).

Denne sekvensen tolkes til å innledes av lokale bevegelser fra sør mot nord i sektoren 380°–20°. I den samme moreneenheten forandrer isbevegelsen seg til en regional bevegelse mot ca. 15°. Deretter er det skifte i bevegelsen til ca. 385°, og den øverste morenen på denne lokaliteten avsettes.

Det sekundære maksimum (s.o. 12) mot ca. 380^o antyder at bevegelsen som har avsatt den øverste morenen også har foretatt en markant reorientering av den underliggende morenen ned til ca. 25 cm eller mer fra erosjonsgrensen.

Korrelasjoner

Stratigrafien ved Vuolgamasjåkka (Fig. 8) er benyttet som utgangspunkt for et korrelasjonsdiagram mellom de nevnte lokalitetene som bygger på stratigrafisk posisjon, lithologi og steinorientering (Fig. 9).

Det er flere argumenter mot å bruke steinorienteringer i den utstrekning vi har gjort. De regionale variasjoner i steinorientering innen samme moreneavsetning kan være så store at forsøk på å skille mellom morener av forskjellige aldre ved regional prøvetaking er vanskelig (West & Donner, 1956; Boulton, 1971). Dessuten at enkeltstående analyser fra hver lokalitet ofte vil gi misvisende resultater (Boulton op.cit.). Men med de forutsetninger som foreligger, presisert på side 94, mener vi at en kritisk korrelering mellom nærliggende lokaliteter på vidda skulle være mulig. Vi har derfor gjort et forsøk på å bygge opp en lokal stratigrafi der steinorienteringer er korrelasjonsgrunnlaget.

Bokstavinnvidlingen som er brukt på Vuolgamasjåkka-lokaliteten er benyttet ved korreleringer mellom de forskjellige lokalitetene. Korrelerte lag er gitt samme bokstav.

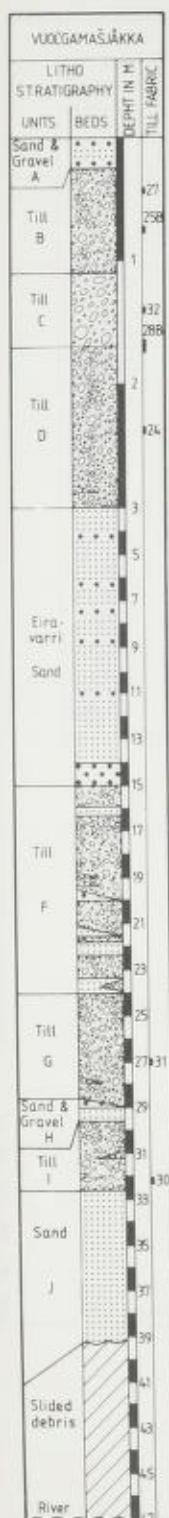
Ved korreleringen har vi tatt utgangspunkt i morene D, både på grunn av dens karakteristiske orientering og stratigrafiske plassering. Den har en stabil orientering mellom 15^o og 25^o, og den gjenfinnes på alle lokalitetene (sannsynligvis også ved Bæivasgieddi: Fig. 1 (Read, pers.medd. 1981)). Videre overlager morene D på fire av lokalitetene sorterte sedimenter. I Kautokeino slakteri er disse deformerte og sannsynligvis para-autoktone. Morene D overlages på fem av lokalitetene av en moreneenhet som har en orientering mellom 380^o og 390^o. Denne moreneenheten mangler ved Saiva. Her er derimot antatt at den korresponderende isbevegelsen er bevart som en reorientering av morene D, enten i form av et sekundært maksimum mot 385^o eller som hovedmaksimum mot 355^o.

Den øverste morenen, morene B, mangler på flere av lokalitetene. Karakteren på denne morenen varierer noe fra lokalitet til lokalitet, flere steder har den preg av en ablasjonsmorene. Korreleringen er derfor for det meste basert på stratigrafisk posisjon og i noe mindre grad på steinorientering.

Vi regner korrelasjonen mellom de tre øvre morener som relativt sikker. Denne konklusjon baseres i hovedsak på den stabilitet som steinorienteringene viser fra lag til lag og fra lokalitet til lokalitet. Korrelasjonen mellom de underliggende sedimenter bygger på korrelasjonene mellom de overliggende morener, og er derfor i prinsippet en korrelasjon på grunnlag av minimumsalder.

Korrelasjon mellom enheter eldre enn lagpakke E er foreløpig umulig på grunn av manglende opplysninger.

Fig. 8: Stratigrafien ved Vuolgamasjåkka skjematisk framstilt. Meter-skalaen er ikke lineær. The stratigraphy at Vuolgamasjåkka shown in outline. The metre scale is not linear.



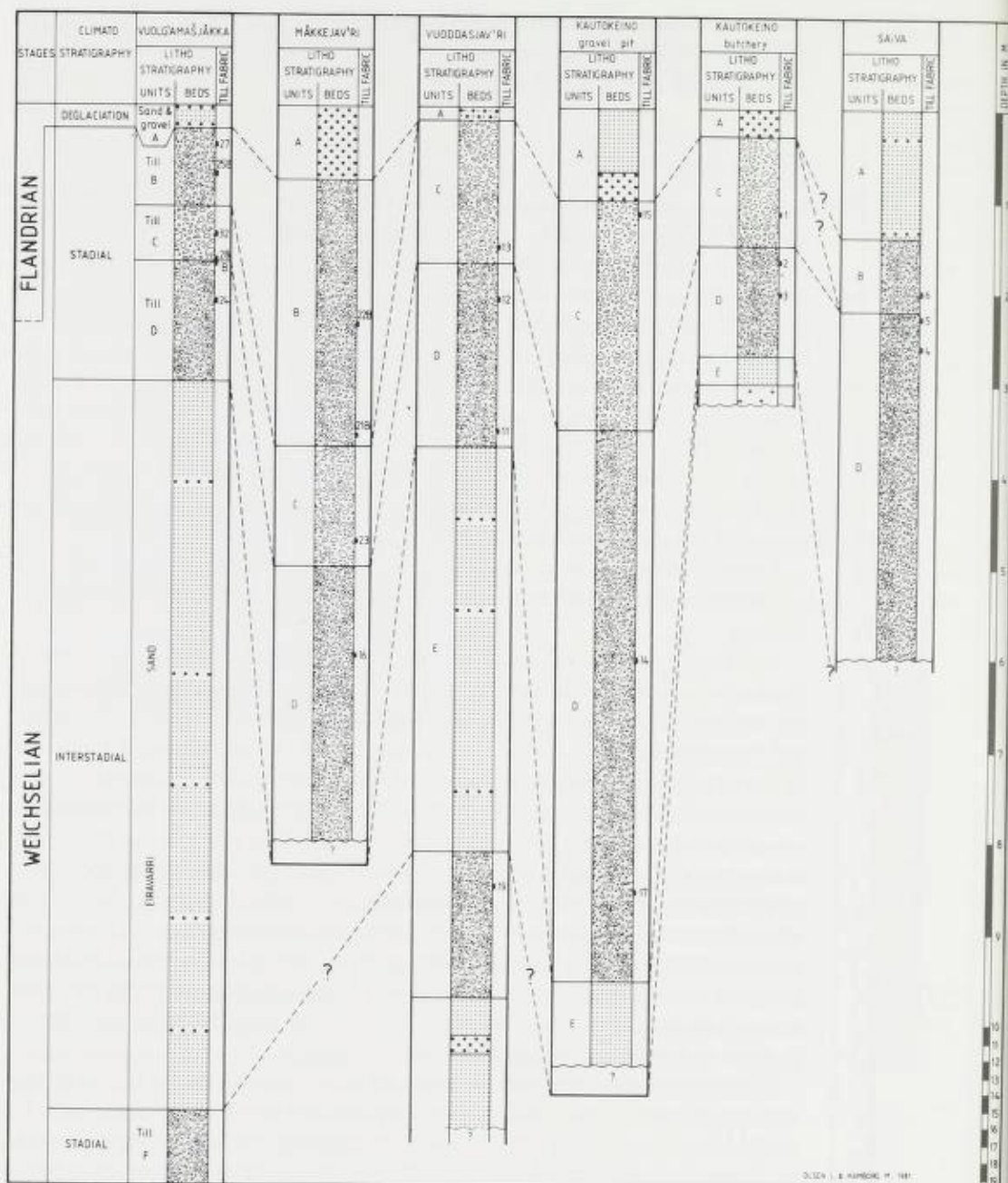


Fig. 9: Korrelasjonsdiagram basert på lithologi, stratigrafisk posisjon og steinorienteringer. Meter-skalaen er ikke lineær.

Correlation diagram based on lithology, stratigraphical position and till fabric. The metre scale is not linear.

På fem av de seks beskrevne morenelokalitetene har det tilsynelatende forekommet reorientering under yngre isbevegelser. Lignende forhold i Nord-Finland er omtalt av Kujansuu (1967: 28). Erkjennelsen av reorientering er av særlig betydning for tolkningen av steinorienteringsanalysene og dermed for korrelasjonsforsøkene.

Isbevegelser rekonstruert på bakgrunn av stratigrafien

Med utgangspunkt i orienteringen i de to utholdende moreneenhetene D og C, som varierer i retning henholdsvis mellom 15–25° og 380–390°, har vi markert orienteringene i de forskjellige morenelagene yngre enn Eiravarri interstadial i Fig. 10.

ELDSTE ISBEVEGELSER

For di datagrunnlaget for isbevegelsene er svært mangelfullt for morenene eldre enn Eiravarri interstadial kan retningene bare betraktes som punktobservasjoner. Vi har derfor valgt å framstille bare de regionale isbevegelsene som er yngre enn denne interstadialen i Fig. 11.

ELDRE BEVEGELSE

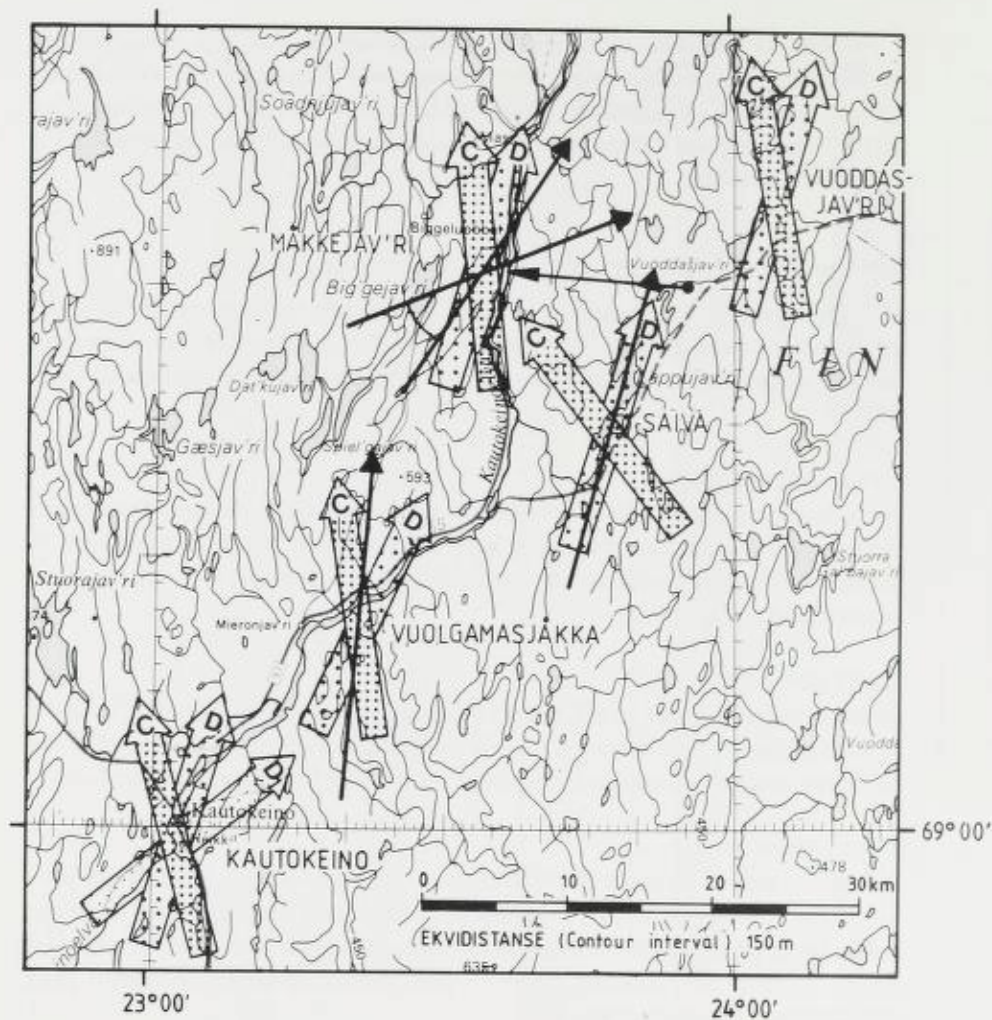
Denne bevegelsen følger etter Eiravarri interstadial. Bevegelsen ser ut til å innledes av isbevegelser av lokal karakter, fra SV mot NØ, før det opprettes en NNØ-lig bevegelse med sikker regional utbredelse. Morene D blir avsatt i denne fasen.

YNGRE BEVEGELSE

Deretter er det et tilsynelatende brått skifte i isbevegelsesretningen til NNV med delvis reorientering av morene D. Morene C blir avsatt i denne fasen. Vi har ingen indikasjoner på om denne retningsforandringen foregikk som dreining eller om skiftet i bevegelsen foregikk raskt. I steinorienteringene er imidlertid ikke mellomliggende retninger registrert.

YNGSTE BEVEGELSE

Isbevegelsen blir nordlig, og vi antar at det er denne som utformer drumliner og flutings over store deler av området og avsetter morene B. Materialet i denne morenen har stedvis preg av avsmeltingsmateriale og steinorienteringen kan variere svært. Bakgrunns materialet for denne morenen er for lite til at vi har satt sammen et regionalt bilde for denne fasen. Ved hjelp av skuringsstriper, drumliner og beslektede former, vil det være mulig å rekonstruere denne fasen med stor nøyaktighet (Sollid et al., 1973).



TEGNFORKLARING

- | | | | |
|---|--------------------|---|--|
| ← | MORENE B
Till B | ← | MORENE D, HOVEDFASE
Till D, main phase |
| ← | MORENE C
Till C | ← | MORENE D, INNLEDENDE FASE
Till D, initial phase |

Fig. 10: Avsetningsretning er vist for de to eldste morenene yngre enn Eiravarris interstadial. Korrelerte morener (Fig. 9) har fått felles signatur på pilene.

Directions of deposition for the two oldest tills younger than the Eiravarris interstadial are indicated. Tills which are correlated in Fig. 9 have a mutually equal signature on the arrows.

Fig. 11: En tolkning av de to eldste regionale isbevegelsene som er yngre enn Eiravarris interstadial, basert på Fig. 10.

An interpretation of the two oldest regional ice movements younger than the Eiravarris interstadial, based on Fig. 10.



Fig. 6. Saiva. Grensen mellom en pålagringsmorene (15⁸) og en overliggende basal utsmeltingsmorene er stippet. Til høyre for bildet går utsmeltingsmorenen gradvis over i en homogen basalmorene. Over utsmeltingsmorenen (prikket linje) ligger glasifluvialt materiale.

Saiva. The boundary between a lodgement till (15⁸) and an upper basal melt-out till is marked with a broken line. Outside the photo, to the right, the basal melt-out till grades into a homogeneous basal till. Glacifluvial sediments rest on the melt-out till (dotted line).

Den midtre morenen, C, er ca. 1 m mektig. Morenen er gjennomsett av silt-sandbånd og strukturer som vi antar skyldes skjærpåvirkning fra yngste isbevegelse (jfr. s. 4, pkt. 1 og 2). Mye av morene C synes å være reorientert av yngste bevegelse, og bare unntaksvis finnes tilsynelatende uberørte partier av morenen. I grensen mellom morene D og C framkommer et sekundært maksimum mot ca. 385⁸, mens 25⁸ fortsatt er hovedretningen (s.o. 28b). Den NNV-lige retningen dominerer morene C (s.o. 32). Diagrammet viser et klart sekundært maksimum normalt på denne retningen og er antatt å representere en rullende transport i morenen. Årsaken til det noe mindre, men allikevel klare maksimum på ca. 345⁸ er ikke klarlagt. På grunn av at rosedigrammet baserer seg på få stein kan maksimumet skyldes statistisk støy.

På denne lokaliteten er også en øvre morene, B, representert. Den skiller seg ikke klart lithologisk fra morene C, men har en diffus grense mot denne. Steinorienteringene (s.o. 25b, 27) skiller seg imidlertid klart fra morene C, og viser at morenen ble avsatt mot nord.

Reorientering av partikler i underliggende morene har tilsynelatende skjedd under både nest yngste og yngste isbevegelsesfase.

SAIVA

I et massetak ligger to morener under glasifluvialt materiale (Fig. 6).

Diskusjon og korrelasjon

Det er interessant å merke seg at alle isbevegelsene som er registrert i denne stratigrafien er fra sør mot nord. Spesielt er dette interessant for morenene som ligger i kontakt med og overlager sorterte sedimenter. I denne sammenheng er det verdt å legge merke til basaldelen av morene I ved Vuolgamasjåkka, D ved Vuoddasjavri og Kautokeino grustak. Under forutsetning av at sandpakkene under morenene representerer isfrie perioder, og at lagserien ikke har hiatus av betydning i de kritiske partiene, viser alle lokalitetene at isen rykket fram fra sør mot nord.

Allerede Tanner (1930) viser på bakgrunn av ledeblokk-registreringer av Dekkebergarter i den østlige del av viddeområdet, en tidlig isbevegelse fra fjellkjeden mot sør. Read (pers.medd.) finner med basis i steintelling, kornfordeling og leirmineralogi at det eldste morenematerialet ved Bæivasgieddi (Fig. 1) er avsatt under isbevegelser fra vest mot øst, yngre morenemasser er avsatt under isbevegelser mot NNØ. Ut fra innholdet av forvittringsmineralet kaolin antar han at den eldste morenen er av pre-Weichsel alder, men utelukker ikke en Tidlig-Weichsel alder for morenen.

Kujansuu (1967), Hirvas (1977), Hirvas & Kujansuu (1979) og Hirvas et al. (1981) knytter ved hjelp av stratigrafien en isbevegelse fra fjellkjeden til nedisningen etter Eem.

I Nord-Finland finner Hirvas (1977) og Hirvas & Kujansuu (1979) at nedisningen etter interstadialen(e) Peräpohjola ikke ble initiert fra fjellkjeden, men fra et isskille i Lappland (sør for Kittilä). De første isbevegelsene fra denne perioden er således fra sør mot nord i grensetraktene sør for Kautokeino.

I vår modell når stratigrafien ved Vuolgamasjåkka tilsynelatende lengst tilbake i tid, men selv i basaldelene av underste morene er isbevegelsen *mot* nordvest. For å være i tråd med de finske undersøkelsene bør de første isbevegelsene etter Eem ha vært rettet mot Ø-SØ. Det kan derfor antydningvis se ut til at vår stratigrafi ikke går så langt tilbake i tiden som Eem.

Lagfølgen ved Vuolgamasjåkka og Vuoddasjavri antyder at Weichsel er representert med minst to interstadialer. Det er foreløpig uklart hvordan denne stratigrafien kan korreleres med Nord-Finland (Hirvas et al., 1981).

I stratigrafien i Kautokeino-distriktet er det langt flere moreneenheter enn den tilsvarende i Finland der det inngår tre moreneenheter over Eem.

Årsaken til dette kan være at SV-lige Finnmarksvidda ligger distalt for isskille i Midt- og Sein-Weichsel og at forholdene for å få utviklet en mer nyansert og komplett lagfølge derfor er til stede. Innebygget i dette ligger også mulighetene for et lengre Midt-Weichsel interstadialkompleks (Mangerud, 1981; Mørner, 1981).

Karakteristisk for Nord-Finland er Till 2 som overlager sedimenter fra Peräpohjola Interstadial. Moreneenheter har stor arealmessig utbredelse og stabil steinorientering i finsk Lappland (Hirvas, pers.medd. 1982). Dette er de samme karakteristika som morene D tilsynelatende har på SV-lige Finnmarksvidda. I en så tidlig fase vil vi bare antydningvis framholde en korrelasjon mellom morene D og Till 2. Videre korrelasjoner med den nåværende databakgrunn synes spekulativ.

Summary

The authors have tried to correlate some of the main till units (Fig. 9) on the basis of investigations of stone long axis orientation (s.o.) in tills at 6 different stratigraphical sites (Fig. 1). The correlation diagram is based on the stratigraphical sequence exposed in the almost 50 m-high cutting made by the river Vuolgamasjåkka. This locality gives the best opportunity to distinguish between the different stratigraphical units (Fig. 8). Reorientation of till particles caused by overriding ice, as demonstrated by MacClintock & Dreimanis (1964), has been recognized in 5 of the 6 investigated stratigraphical sequences. The reorientation is recognized through the appearance of double maxima in long axis orientation. One of the maxima is parallel to the particle orientation in the undisturbed till; the other maximum tends to be parallel to the orientation in the younger till (Fig. 2: 28b, 5, 12, 2). The reorientation in most cases is common down to about 25–30 cm under the base of the younger till.

Till unit D rests on sand beds in 4 of the 6 investigated sequences. The sandy sediments are interpreted to be of glaci-fluvial origin and most probably derived from the wastage of the second last glaciation or the growth of the last glaciation. The sediments probably represent one or both of the extremes of an interstadial phase, which we informally have named the Eiravari interstadial.

Neither pollen nor other kinds of organic contents have hitherto been found in the sub-till sediments. Therefore, the possibility of a subglacial origin for the sediments cannot be definitely excluded. However, a subglacial origin seems to be very unlikely because of the regional distribution and the stable stratigraphical position of the sediments.

The low relief, the gently undulating landscape, the wide areal extension and the geographical position about 100 km north of the main ice divide zone during the Weichselian glaciation, provide ideal conditions for development of regionally stable fabrics in the basal tills on Finnmarksvidda. Based on the stratigraphical investigations we have tried to reconstruct ice movement directions which correspond to the different till units younger than the Eiravari interstadial (Figs. 10, 11). The reconstruction is founded on the well documented supposition that the a-axis orientation maximum of particles in basal tills usually tends to be parallel to the associated ice movement direction. The secondary maximum often found normal to the major orientation direction (Pettijohn 1976) is weakly developed in the investigated tills, and therefore of minor importance in our analyses. Dominant transverse orientation maxima have not hitherto been recognized.

Based on investigations in northern Finland, Hirvas et al. (1976, 1981) conclude that the first ice movement after Eem came from the mountain range. The ice must, therefore, have been crossing Finnmarksvidda from NW–W towards SE–E during the initial stage of the Weichselian glaciation. Our investigations have hitherto revealed no traces of this initial ice phase on the southwestern part of Finnmarksvidda, even though the stratigraphy at Vuolgamasjåkka covers several till units and sediments from at least one interstadial phase older than the Eiravari interstadial (Fig. 8).

On the eastern part of Finnmarksvidda, Read (pers.comm. 1981) has recognized a till, transported from a westerly direction, which he assumes to be older than Weichsel. An Early Weichselian age, however, cannot be excluded.

Hirvas (1977) and Hirvas & Kujansuu (1979) reported that the glaciation after the interstadial phase(s) named Peräpohjola, started from a culmination zone south of Kittilä in northern Finland. Thus, the first ice movements from this phase were directed from south to north around the national border south of Kautokeino. Till 2 in the Finnish stratigraphy rests on sediments from the Peräpohjola Interstadial. The till unit has a wide lateral extension and a stable fabric orientation (Hirvas, pers.comm. 1982). Apparently, till unit D on Finnmarksvidda has similar characteristics. As a preliminary hypothesis we assume that till D may correlate with till 2 in the Finnish stratigraphy. Further discussion on this subject must be postponed until more data are available.

Etterord. – Vi vil rette en spesiell takk til dr. J. Mangerud som kritisk har lest manuskriptet og foreslått mange forbedringer. I. Lundquist og B. Svendgård har tegnet figurene. L. Holiløkk har utført reproarbeider. I. Venås har maskinskrevet manuskriptet. O. Sæther og R. Boyd har korrigert den engelske teksten, og våre feltmedarbeidere har lagt inn en god porsjon realisme.

LITTERATURLISTE

- Andersen, B.G., Nydal, R., Wangen, O.P. & Østmo, S.R. 1981: Weichselian before 15 000 years B.P. at Jæren–Karmøy in south-western Norway. *Boreas* 10, 297–314.
- Andrews, J.T. & King, C.A.M. 1968: Comparative till fabrics and till fabric variability in a till sheet and a drumlin; a small-scale study. *Proc. Yorkshire Geol. Soc.* 36, 435–461.
- Boulton, G.S. 1979: Processes of glacier erosion on different substrata. *Jour. of Glac.* 89, 15–38.
- Boulton, G.S. 1971: Till genesis and Fabric in Svalbard, Spitsbergen. In Goldswait, R.P. (ed.), *Till: a Symposium*, Ohio State Univ. Press, Columbus, 41–72.
- Dreimanis, A. 1976: Tills: Their origin and properties. In: Legget, R.F. (ed.), *Glacial Till*, R. Soc. Can. Spec. Publ. 12, 11–49.
- Garnes, K. 1976: Stratigrafi og morfogenese av drumliner på Eigerøya, Rogaland, SV-Norge. *Arkeologisk museum, Stavanger, Skr.* 1, 53 pp.
- Garnes, K. & Bergersen, O.F. 1977: Distribution and genesis of till in Central South Norway. *Boreas* 6, 135–147.
- Glen, J.W., Donner, J.J. & West, R.G. 1957: On the mechanism by which stones in till become oriented. *Amer. Jour. Sci.*, 255, 195–205.
- Goldswait, R.P. 1971: Introduction to till today. In Goldswait, R.P. (ed.), *Till, a Symposium*. Ohio State Univ. Press, Columbus, 3–26.
- Gravenor, C.P. & Meneley, W.A. 1958: Glacial flutings in central and northern Alberta. *Amer. Jour. Sci.*, 256, 715–728.
- Hirvas, H. 1977: *Glacial transport in Finnish Lapland*, in Prospecting in areas of glaciated terrain, 1977, Inst. Min. Metall. London, 128–137.
- Hirvas, H., Kujansuu, R. & Tynni, R. 1976: *Till Stratigraphy in Northern Finland*. IGCP, Project 73/1/24: «Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere». Report No. 3, 256–273. Prague.
- Hirvas, H., Korpela, K. & Kujansuu, R. 1981: Weichselian in Finland before 15 000 B.P. *Boreas* 10, 422–431.
- Hirvas, H. & Kujansuu, R. 1979: *On glacial, interstadial and interglacial deposits in Northern Finland*. IGCP, Project 73/1/24: «Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere». Report No. 5, 146–164. Prague.
- Hole, J. & Bergersen, O.F. 1981: Weichselian till stratigraphy and ice movements in Ottadalen, central south Norway. *Norsk geol. Tidsskr.* 61, 25–33.
- Krüger, J. 1970: Till fabric in relation to direction of ice movement. *Dansk geogr. Tidsskr.* 69, 133–170.
- Krüger, J. 1973: Operator variance in orientation measurements in till macrofabric analyses. An Experimental Study. *Bull. Geol. Inst. Univ. Upps.* 5, 117–125.

- Kujansuu, R. 1967: On the deglaciation of western Finnish Lapland. *Geol. Surv. of Finl.* 232, 98 pp.
- Lundquist, J. 1969: Beskrivning till jordartskarta över Jämtlands län. *Sver. geol. Unders., Ser. ca.* 45.
- Lundquist, J. 1977: Till in Sweden. *Boreas* 6, 73–85.
- MacClintock, P. & Dreimanis, A. 1964: Reorientation of till fabric by overriding glacier in the St. Lawrence valley. *Amer. Jour. Sci.* 262, 133–142.
- Mangerud, J. 1981: The Early and Middle Weichselian in Norway: a review. *Boreas* 10, 381–393.
- Mörner, N.A. 1981: Weichselian chronostratigraphy and correlations. *Boreas* 10, 463–470.
- Pettijohn, F.J. 1976: *Sedimentary rocks*. 3. ed. (2. ed. 1956, 1. ed. 1949). Harper & Row, Publishers, Inc., New York, 628 pp.
- Ramsden, J. & Westgate, J.A. 1971: Evidence for Reorientation of till Fabric in the Edmonton Area, Alberta. In Goldswait, R.P. (ed.), *Till: a Symposium*. Ohio State Univ. Press, Columbus, 335–345.
- Shaw, J. 1979: Genesis of the Sveg tills and Rogen moraines of central Sweden: a model of basal melt out. *Boreas* 8, 409–426.
- Sollid, J.H., Andersen, S., Hamre, N., Kjelden, O., Salvigsen, O., Stuerød, S., Tveitå, T. & Wilhelmsen, A. 1973: Deglaciation of Finnmark, North Norway. *Norsk geogr. Tidsskr.* 27, 233–325.
- Tanner, V. 1930: Studier över kvartärsystemet i Fennoskandias Nordliga Delar (IV). *Fennia* 53, 1.
- West, R.G. & Donner, J.J. 1956: The glaciations of East Anglia and the east Midlands. A differentiation based on orientation measurements of the tills. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, 112, 69–91.