

# Klövning i kvar

Hovedoppgave

i

Fysisk geografi (Kvartærgeologi).

Levert ved Universitetet i Bergen,  
Vårsemesteret 1963.

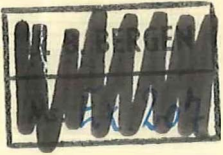
Oppgaven består av:

1 tekstbind,

1 illustrasjonsbind,

1 kartrull,

Bergen 1963



Ivar Klovning:

KVARTERGEOLOGISKE STUDIER I FLÅMSDALEN  
OG OMKRINGLIGGENDE FJELLOMRÅDER.

Forord.

Vårsemesteret 1961 blei jeg tildelt Flåmsdalen og omkringliggende fjellstrøk av dosent Holvedahl for kvartærgeologisk kartlegging og undersøkelse.

På forsommeren 1961 fikk jeg være med på en ekskursjon til Flåmsdalen sammen med dosent Holvedahl. Da blei jeg innviet i en del av isavsmeltings problemene i dalen.

Da dette området ikke har vært undersøkt og kartlagt tidligere, har jeg latt arbeidet få preg av å være oversikt over avsmeltings problemene i Flåmsdalen og naturlig tilstøtende fjellområder. Noen detaljert kartlegging og diskusjon ville ikke ha hatt noen hensikt i et slikt isolert område, sett ut fra tidligere kvartærgeologiske arbeider.

Hjelpemidler til feltarbeidet har vært flybilder i målestokk 1:50000. Disse har vært til uvurderlig hjelp for undersøkelsene. Til en del høydemålinger har jeg brukt et Paulin aneroidbarometer. Alle is-skuringsobservasjonene er tatt med Silva kompass med 360<sup>o</sup> inndeling.

Kartgrunnlaget for mine kart og skisser er N.G.O. Flåmsdalen og Aurlandsdalen: 1:100000 og 1:50000. Selve Flåmsdalen fikk jeg fotografisk forstørret til 1:25000. Dette kart har vært grunnlag for senere forstørrelser utført med en vanlig pantograf.

Som et orienterings grunnlag har jeg lagt ved et topografisk kart i 1:100000 over området. Ellers er alle henvisninger og stedsangivelser som ikke er spesielt "merket", tegnet og skrevet inn på oversiktskartet i kartrullen. Her er også tegnet inn alle is-skuringsobservasjonene.

Alt billedmateriale og alle skisser og kart har jeg laget selv.

Jeg vil takke dosent Holvedahl for faglig hjelp og veiledning.

Spesielt vil jeg takke dosent Hafsten for den hjelp og tålmodighet han har vist meg under mitt arbeid med pollenanalysen. Til slutt vil jeg takke alle ansatte ved Geologisk Institutt for all god hjelp og veiledning.

Bergen 1/4-1963.

*Jør Kløvning*

INNHOOLD:

<u>Geologisk oversikt.</u>	s.1
<u>Geomorfologisk oversikt.</u>	s.3
<u>Generelt om morenedekket og løsmaterialet.</u>	s.5
Fjelltraktene ved Aurlandsdalen og vestover mot Fretheimsdalen.	s.5
Vest og syd for Flåmsdalen.	s.6
Området mellom Flåmsdalen og Fretheimsdalen.	s.8
Flåmsdalen.	s.9
Aurlandsdalen.	s.11
<u>Tolking av frontavsetningen i Aurlandsdalen og Flåmsdalen og sidemorener øst for Flåmsdalen.</u>	s.12
Kort rekapitulering av forholdene i og øst for Flåmsdalen.	s.15
<u>Tolking av forholdene vest for Flåmsdalen.</u>	s.16
Kort rekapitulering av forholdene i Stordalen, Vassetvatnet.	s.19
<u>Tolking av områdene syd og sydvest for Flåmsdalen.</u>	s.21

<u>Is-skuringsobservasjonene.</u>	s.22
Konklusjon for forholdene ved Stordalen, Vassetvatn.	s.23
Angående eldre is-skuring	s.24
<u>Subglacial og fluvial erosjon i området ved Seltuft og i Flåmsdalen.</u>	s.25
Området ved Seltuft.	s.25
Området ved Berekvam, Tunshelle i Flåmsdalen.	s.26
Området ved Furuberget i Flåmsdalen.	s.28
<u>Tolking av erosjonsformene ved Seltuft og Flåmsdalen.</u>	s.31
Kort rekapitulering av de to foregående kapitler.	s.39
<u>Et forsøk på en pollenanalytisk tidsdatering.</u>	s.41
Prinsipper.	s.41
Lokalitetsbeskrivelse.	s.42
Feltarbeid.	s.43
Preparerings metoder.	s.44
Pollenanalysen.	s.44

Pollendiagrammet.	s.44
Karakteristikk for vegetasjons og klimautviklingen i Syd-Norge i sen- og postglacial tid.	s.46
Diagrammet fra Furuberget, Flåm.	s.49
<u>Pollendateringen sett i sammenheng til de kvartærgeologiske undersøkelser.</u>	s.52
<u>Litteraturhenvisninger.</u>	s.54

Geologisk oversikt. (Pl. 2 ).

Grunnfjellsbergartene som kommer inn i det nord-østre området i Aurlandsvangen og Vassbygdi, tilhører et større grunnfjellsområde som strekker seg nordover til Lærdal inderst i Sogn. Dette forhold er i vesentlig grad betinget av en antyklinalstruktur med NNE-lig retning. (O. Holtedahll 1953). Fra dette antyklinalparti skråner grunnfjells-overflaten temmelig raskt ned mot Sognefjordsområdet i nordvest, for så å heve seg opp igjen på den andre sida av den store synklinalen, som er et tektonisk hovedtrekk for strøket fra Hardanger gjennom Indre Sogn og det nordvestre Jotunheimen.

Grunnfjellsgneisen i dette området har i stor utstrekning porfyrstruktur. (Rekstad 1905). N.H. Kolderup nevner i dagbok (aug. 1942) lysgrå gneis med vestlig fall. Særlig på sørsida av elva ved Aurlandsvangen viser øyegneisstruktur. Ellers er det lys grå gneis i hele området.

Over grunnfjellet kommer en fylittavdeling. Den kan følges sammenhengende til Hallingskeid og Finseområdet, og hører da med til kambrosilurformasjonen på Hardangervidda. Fylitten kommer fram i dagen 1,2 km syd for Berekvam hpl. i Flåmsdalen. Grensen stiger så raskt oppover dalsidene. På vestsida av dalen går den opp under Vibmesnosi og inn rundt Øyane og så ned i dalsiden igjen. Den krysser elva i dalbunnen ved Heimdal og går opp den bratte ura ved Heimdal. Grensen går i sjøen litt nordøst for Svingen Pensjonat langs veien fra Flåm til Aurland.

På østsida av dalen går grensen fra Berekvam opp under den bratte fjellveggen over Tunshelle litt nord for Raudasete over Holabotn og nord for Brimtvoro, rundt og øst for Ljosberget. Stien fra Kaldavatn og ned til Fretheimsdalen følger grensen. Den går på østsida av Ryggvellevatnet over Seltuft og ut i østenden av Seltuftvatn, Grensen går så over Kleivanosi opp til Kleivavatn og fra sydenden av Kleivavatn opp under Broksfjell.



I Husdalen over Vindedalen kommer det fram en smal sone med fylitt over et gneisparti som ligger oppå den undre fylitten i Vindedalen. Denne sone har jeg fulgt innover til Prestå i Fretheimsdalen. Etter topografien på kartet og av flybilder har jeg bare stiplet denne grense videre. Grensen mellom fylitt og grunnfjell og fylitt og skyvedekkene i området Aurlandsdalen og Vassbygdi har jeg tatt etter Rekstad (Rekstad 1905).

Et fylittvindu kommer fram i området ved Uppsete. Det fiolette på kartet her er kvartsitt.(upubl. Kvale).

A.L. Rosenlund skriver i en rapport 25/11-24 til N.S.B. at det er et framstredende sprekkesystem i fylitten. I Flåmsdalen er det steiltstående til dels vertikale sprekker som går i retning  $N10-20^{\circ}W-S10-20^{\circ}E$ , mens en samtidig har skifrighetsplanet hos fylitten liggende med fall  $(30-40)^{\circ}$  i sydostlig retning. Fylitten er full av kvartslinser og tildels med tynne kvartslag.

Over fylittavdelingen kommer skyvedekkene som dekker det meste av områdene. Det er ikke offentliggjort noe detaljkart over skyvedekkene i disse områdene. Det er for det meste gneiser, granitter, mangeritter og labradorstein og en del gabborer. Kvale fører hele denne formasjonen til øvre jotundekke (Kvale 1960).

Geomorfologisk oversikt.

Flåmsdalen skjærer seg inn i landblokken som en naturlig fortsettelse av Aurlandsfjorden. Den er ca. 20 km lang og går stort sett i nord-sydlig retning. Den er skåret brutalt ned i landskapsrelieffet. Ytterst ute ved fjorden er det en vertikal høydeforskjell på over 1400 m innenfor 2 km horisontalavstand. Dalens form er tydelig forskjellig sydfor- og nordfor Berekvam. Syd for Berekvam er hele dalen skåret ut i skyvedekkebergarter. Den har her et utpreget symmetrisk tverrsnitt. Dette viser tverrsnittet på pl. 8 II. Nord for Berekvam og spesielt i de nordligste deler hvor den østre dalsida er utformet i fylitt og den vestre utformet i skyvedekkebergarter, er tverrprofilet asymmetrisk. Dette framgår av fig. 32, 34 og pl. 8 I og III. Det synes som om den østre dalside er utrodert lenger mot øst enn den vestre dalside mot vest. Dette viser også sidedalene som kommer ned til Flåmsdalen i dette området. I vest kommer dalen ved Øyane ut til Flåmsdalen i ca. 600-650 m o.h., og Ljosdalen 650-700 m o.h. Begge disse dalene er for det meste utformet i skyvedekkebergarter. Ved Øyane kommer så vidt dalen ned på fylitten. På østsida derimot kommer sidedalene ut i mye større høyde, ved Rond ca. 950 m o.h., ved Gudmedalen ca. 900 m o.h. og ved Joasete ca. 900 m o.h. Dette kan skyldes at erosjonen i Flåmsdalen har gått hurtigere i østsida enn i de østre sidedalene er blitt erodert ned. Dermed har knekkpunktet blitt høyere mot Flåmsdalen på østsida enn på vestsida hvor det har vært jevnere forhold mellom nedskjæring av sidedalen og sideerosjonen i Flåmsdalen. Den lett eroderbare fylitten er årsaken til denne forskjell. Flybilde på pl. 9 viser også den brutale avskjæringen av for eksempel Gudmedalen og helt opp til Ramnanosi. Erosjonen synes faktisk i dag å kutte av ytterste delen av Gudmedalen. Det er noen kolossale under under dalen og under Ramnanosi.

Et annet påfallende trekk ved Flåmsdalen er dalenden ved

Myrdal og Vatnahalsen (fig. 12 ) På pl. 3 kommer konturene i selve dalenden bedre fram. Det er vanskelig å si hvordan denne er dannet. Fjellnakken som stikker fram mellom de to elvene fra henholdsvis Myrdalen og Reingungavatn er på de plassene den er synlig, avrundet og fint slipt., men uten spor etter is-skuring.

Som det framgår av pl. 3 er tydelig dalenden delt i to. Den ene fortsetter i Myrdalen og den andre fortsetter i Moldavassdraget. Begge disse vassdragene og dalfører synes åpne og vide fig. 53 , men begge ender i nye dalender (fig. 42 ) eller i trange nedskårne daler (fig. 13 ).

Det er helt umulig her å skille ut noen gamle preglaciale daler.

På fig. 2 har jeg tegnet i store trekk strøk og fall på bergartene i dette området. Det er morsomt å se hvor avhengig dalene er av denne struktur i berggrunnen. Gangdalen er tydelig skåret ut i en antyklinal. Denne må ha vært meget skarp og med oppsprekking langs det skarpeste i antyklinalen som har ledet erosjonen.

Er antyklinalen slakere, så er det dannet en massiv fjellrygg som har vært motstandsdyktig mot erosjon. Dette er tilfellet med Øykjafonn.

Dalen som går inn syd øst for Kaldavassnuten er utformet i en synklinal. Det er tydelig at mange av de små dalførene i dette nesten uframkommelige terrenget er avhengig av den kompliserte tektonikk og geologi det er i dette området.

Ellers er det umulig å skille ut noe viddenivå. Daler skjærer opp hele området på kryss og tvers.

Generelt om morenedekket og løsmaterialet.

Det er to hovedtrekk som må framheves når det gjelder løsmaterialet. Det har vist seg under mitt feltarbeid i fjelltraktene at det bare har vært mulig å finne morenerygger (framryksmorener) i området øst for Flåmsdalen. Syd og vest for Flåmsdalen synes det som om karakteren til løsmaterialet er vesentlig forandret. Der det finnes løsmateriale i noen mengder, er det for det meste glaci-fluvialt materiale og ablasjonsmorene. Som en foreløpig arbeidshypotese blir det for meg av vesentlig betydning å få forklart dette forhold. Det synes som ismassene i fjellet øst for Flåmsdalen og Fretheimsdalen har vært aktive, mens ismassene i vest har vært uten bevegelse. Hvorvidt dette har vært synkront i tid er vanskelig å bevise. Dette vil jeg imidlertid komme tilbake til siden.

Fjelltraktene ved Aurlandsdalen og vestover mot Fretheimsdalen.

Omkring Aushovden i ca. 1130-1250m o.h. ligger det to markerte morenerygger. De demmer opp for fire små vatn som ligger vest og syd for Aushovden. Som fig.(14, 15) viser er det to definerte rygger med til dels store blokker. Det er nesten rene tilfellet at morenene har klart å klore seg fast i den bratte dalsida. Under Aushovden er det ei hylle som har ligget gunstig til, slik at morenene er blitt liggende stabile. På vestsida av dalen ved Høgeli og Frivodlnosi ligger det også tydelig morenerygger. Fra Aushovden var disse ryggene tydelig synlig. Lenger framme i dalen er rester av ryggene synlige ved Frivodl og Hovdungu.

På østsida av Fretheimsdalen ved Presto har jeg observert to små morenerygger fig.(16, 17). De er ikke store, høyden 1 meter over terrenget. Disse to ryggene ligger i ca. 1300m o.h. Moreneryggene mener jeg er front- eller sidemorener. I Fretheimsdalen ligger Ryggvellevatnet som er oppdemmet i sin nordre ende av en endemorene. Panoramaet på fig.18 er tatt i isens retning nordover Fretheimsdalen. Foran endemorenene mellom Ryggvellevatnet og Fretheimsdalsvatnet ligger det fint



løsmateriale som kan være sandurslette foran breen som har ligget ved Ryggvellevatnet. Hele dalbunnen er horisontal og elva går i fine meandere nedover dalen mot Fretheimsdalvatnet. Materialet i moreneryggene, i alle fall det som er synlig i overflaten, har en del store blokker (fig. 19, 20). Det er mange på godt over  $1m^3$ .

I dalsiden hvor Eitro kommer ned i Fretheimsdalen, ligger det en moreneakkumulasjon (fig. 67). Det er en ganske anseelig mengde løsmateriale. Det er grovt, lite konsolidert morenemateriale. Muligens kan det være frontmorenen av en bretunge som har hunget ned det bratte lille dalføret som Eitro renner i. Disse lokalitetene i Fretheimsdalen er de vestligste lokaliteter med aktive framstøtsmorener jeg finner i det undersøkte området.

Området mellom Kleivavatn og Seltuftvatn er så å si spylt rent for løsmateriale. Bortsett fra det resente materiale ved elveutløpene og i vatna. Dette området vil jeg komme tilbake til i et annet kapittel.

Vest og syd for Flåmsdalen.

I fjellområdene vestenfor og syd for det til nå omtalte området, finner vi bare hauget løsmateriale av ganske stor mektighet. Ofte fyller de dalbunnen helt. En finner lite fint materiale, for det meste bare grus og sand og grovere materiale. Hele bunnen av Myrdalen er dekket av denne typen materiale. Det er hauget og ryggformig og enkelte plasser terrassert. Denne typen materiale vil jeg karakterisere som ablasjonsmorene og glacifluvialt materiale avsatt av en nedsmeltende klimatisk og dynamisk død is. I hele området syd og vest for Myrdalen fram mot Uppsetedalen fant jeg løsblokker av fyltitt. Spesielt på de høyeste fjelltoppene over Øykjafonn, Vossaskavlen og Kaldavassnuten. Dette skulle peke på at isbevegelsen en gang har vært nokså rett vestlig og at fyltitten kommer fra områdene sør og øst for Kleivavatn.

I Uppsetedalen og ved Kleivane i Raundalen finner jeg også

bare spor etter død isavsmelting. Ved Kleivane begynner en esker som slynger seg nedover Raundalen. Jeg har fulgt den mer eller mindre sammenhengende til Hedlo. Den demmer opp en del små tjern og vann i dalbunnen. Ryggen kan enkelte steder heve seg opp til 5m over terrenget.

Ved Kleivane er det også en del små grytehull fra 1-5m i diameter. Hele Ljossanddalen er dekket av hauger og rygger og lengst oppe i dalen består materialet for det meste av fin sand. Derav har vel også dalen fått sitt navn, for sanden er nesten helt kvit, og dette henger igjen sammen med den lyse anortositten i området. Fig.21 viser løsmateriale ansamlingene i Ljossanddalen. N.-H. Kolderup nevner morenerygger ved vatn l211 m o. h. øst for Borgarbuvatn. Jeg har ikke sett ryggene, men sett i sammenheng med alt det andre i området er det grunn til å sette dem i forbindelse med slukåser eller små eskere. Det er tvilsomt om det kan ha noe med aktive breer å gjøre. Nord for Borgarbuvatn ligger et område som går under navnet Svehaugane. Nordover fra dette området går det to dalfører, lengst i vest Stordalen og dalen fra Vassetvatnet. Begge dalførene er vide og åpne. Ved Svehaugane ligger det store mengder løsmateriale, med rygger og hauger av grus og sand og også større stein. Det har liten konsolidering og jeg ville karakterisere det som ablasjonsmorene og glacifluvialt materiale. Nordøstover dalen til Vassetvatn går det en mer eller mindre sammenhengende rygg. Den har tydelig eskerformet utseende. Ned til denne fra nordvest kommer det også noen små eskere. Det er tydelig at vi her har å gjøre med et sammenhengende subglacialt drenerings-system. Stordalen er også fylt av det samme haugete og ryggformige løsmaterialet. Langs den vestre dalsida i Stordalen strekker det seg en "linje" som er helt horisontal og sammenhengende over 2-3 km. Den er synlig på lang avstand (fig.22,23). Første gang den er omtalt er i brev fra daværende student Johs. Lid, nå professor, til C.F. Kolderup i årene 1915-16. "Linjen" eller "sete" er sammenhengende ca. 4km og helt horisontal. Bredden er enkelte steder 6-10m, men det vanlige er 1-2-4-m. Enkelte steder ligger det store, kantete

stein på og i overflaten. Disse kan være opp til  $1m^3$ . (fig. 26) Det er ikke betinget av det faste fjell under, for over og under "setet" har dalsida samme skråning (fig. 24). Det er tydelig dannet løsmaterialet som nærmest har preg av ablasjonsmorene. "Sete" ligger mellom 1080-1110m koten. Jeg har ikke målt høyden, men jeg har tatt den nokså nøyaktig ut fra flybildene og da synes den å ligge ca. 1090m.o.h. Materialet over, i og under "sete" synes å være det samme. Ved et tverrprofil på "Sete" fremkommer tre knekkpunkter. Det ene ligger ved flatens innerkant ved overgangen til den jevnt skrånende dalside overfor. Det neste ligger ved ytterkanten. Skråningen ned fra denne er oftest brattere enn dalsida ellers. Derved fremkommer den tredje knekk et stykke ned for flaten, ved overgangen til dalsida nedenfor.

I nordøstre enden av Vassetevatnet og ved Vassete ligger det en eskerrygg. Ved selve seteren er den 8-10m over vatnet. Den begynner litt vest for seteren og strekker seg sammenhengende nordøstover til passpunktet mot Bjørnedalen. Her ved passpunktet flater eskeren ut og over passpunktet er fjellet spylt rent for løsmateriale. Materialet i eskeren er grus og opp til ganske stor stein på ca. 1/2m i diameter. Det er vanskelig å si noe om hvilken retning vannstrømmen har hatt som har avsatt eskeren. Det er ikke noe snitt i materialet og av overflateformen er det vanskelig å si hvilken vei vannet har drenert. (fig. 28, 29)

Området mellom Flåmsdalen og Fretheimsdalen.

Øst for Raudasete under Styggeholten er botndalen fylt med ganske store mektigheter med morenemateriale. Det er ikke godt konsolidert og det synes som det hele er ablasjonsmorene hvor det fineste materialet er vasket ut. Enkelte steder er det nok også ren hard bunnmorene. Tydeligst ved Raudasete.

I Gudmedalen er forholdene omtrent de samme. I dalbunnen skjærer elva seg ned i morenedekket som viser grov grus og stor stein med liten runding. Ingen lagdeling var å se. Ved



Joasete og i Joasetebotn er under-grunnen dekket av løsmateriale til dels meget tjukk, spesielt et stykke oppe i dalbunnen. Ut mot selve setrene og på kanten ned til fjorden blir materialet tynnere og her kommer fjellet fram i dagen. På vestsida av dalen kommer sidedalene Øyane og Ljosdalen ned til Flåmsdalen. Ved Øyane ligger det et ganske tjukt morenedekke med en del store stein i overflaten. Det er ikke noe snitt i morenematerialet. Steinene i overflaten er ikke skarpkantete, men heller litt rundet. Fram mot kanten ned til Flåmsdalen forsvinner materialet. I Ljosdalens flate dalbunn fra setertuftene og sydvestover ligger løsmateriale av samme karakter som i de andre beskrevne sidedalene til Flåmsdalen.

#### Flåmsdalen.

Selve Flåmsdalen er skåret bratt ned i de omkringliggende fjellmasser. Fjellssidene er mange plasser stupbratte. Panoramaet over Flåm(fig.31), skulle gi et godt inntrykk av dette. I dalsida fra Berekvam og sydover er det minimalt morenedekke. Det meste er materiale som er rast ned fra fjellssidene. Hver eneste vår fører snøras med seg blokker og stein fra fjellsida.

Nordenfor Berekvam får dalen et annet tverrprofil(fig.34) Den vestre dalsida med skyvedekkebergartene stuper bratt ned i dalbunnen, mens den østre er slakere. (se geomorfologisk oversikt). Dette gjør at store deler av denne dalsida er mer eller mindre dekket av bunnmorene. Gårdene Ryom, Indreli og Geisme ligger alle på dette bunnmorenedekket. Høyere oppe f. eks. under Ramnensi er alt løsmateriale vesentlig rasmateriale og dette har vitret sundt. Fyltitten her vitrer lett til jord. Ved Rondseter er det et forhold jeg vil beskrive nærmere. På fig.37 ser en tydelig løsmaterialansamlinger som Rondseter og Kleistdalen seter ligger på. Lia mellom Rond og Myrkjeli er dekket av bunn- og ablasjonsmorenene som ligger i liskråningen. Ved Rondseter flater lia seg ut.



Dette har tydelig sammenheng med fjellgrunnen under og er betinget av dette. Fig.37 viser gjelet som går sydover mot Myrkjeli. Dette er hele veien skåret ned i fast fjell. Den terrasserte flaten nord for Rond er begrenset av en fjellknaus rett i syd og i nordvest. Det er ikke noe snitt i løsmaterialet. Det lille som synes i overflaten er rundet. I lia fra Joasete og nordover ligger det et tjukt morenedekke med store blokker.

Selve dalbunnen i Flåmsdalen er for det meste dekket av raskjegler eller resente elvesletter ovenfor fjellterskler (nord for Kårdal og ved Melhus). Ved Dalsbotn ligger det en terrassert flate(fig.39 ). Det er ikke snitt i materialet. Det ligger i dalbunnen der elva fra Rond kommer ned til Flåmselva. Løsmaterialet lenger nede i dalen er tidligere beskrevet av A. Kyrkjebø (Kyrkjebø,1953). Han nevner bre-  
randavsetningene ved Furuberget. To terrasseflater en på øst og en på vestsida av elva. Terrassene er bygget opp av grus og sand og en del mindre rullestein.Han mener terrassene er brerandterrasser bygget opp til havnivå. Kyrkjebø setter stedets M.G. til 135m o.h. p.g. av disse terrassene. Mellom disse terrassene og endemorenene ved Heimdal nevner han flere terrassetrinn i dalbunnen.Ved Heimdal ligger det en tydelig ryggformig randavsetning(fig.40 ). Ryggen har tydelig proksimalside med  $34^{\circ}$  helning og distalside med ca. $20^{\circ}$  helning.Ryggen stikker 270m ut fra vestre dalside. Inne ved fjellet er den ca. 60m o.h. og ute ved grustaket mot elva ca. 30m o.h. Nærmest proksimalsiden synes det mest grovt materiale i snittet. Her finnes ganske store og til dels kantete blokker. Ute i distalskråningen(ved låven på fig.40 ) er det overveiende sand og finsand. Ryggen er ikke terrassert. Ved Fretheim hotell ligger et dalnes som stikker fram fra østre dalside (fig.32,41). Det er nesten helt dekket av løsmateriale. På toppen bak hotellet og i syd og øst skråningen kommer det fjell fram i dagen. På det høyeste av dalneset (ca.70m o.h.) er det foretatt en brønnboring.

Løsmaterialet har her en tjukkelse av ca. 6m og består av lagvis finsand og leire. Hele dette dalneset er ellers dekket av fine sedimenter. Spesielt på toppen og oppover mot gårdene inne ved dalsida. Dyrkningsjorda her inneholder mye leire.

Aurlandsdalen.

I Aurlandsdalen vil jeg bare nevne forholdene ganske kort. Omtalen tar jeg etter A. Kyrkjebø. Han mener at det ved Aurlandsvangen på dalens nordside ligger en morenerygg som støtter seg inn til dalsida. Toppen er flat og når opp til 110m o.h. Materialet er avrundet stein og vaska grus. På sydsida av dalen er en lavere morenerygg med tydelig proksimal-og distalside. Den stikker langt fram fra dalsida (Kyrkjebø 1953).

Lenger oppover i dalen nevner Kyrkjebø en del hauger, rygger og lave terrasser. Ved den nordvestre enden av Vassbygdvatnet ligger det høye terrasser på begge sider av elveosen. Ved Laoi ligger den høyeste på 114m o.h. og ved Tæro 112m o.h. Ved Steine nevner Kyrkjebø en esker på 200m lengde. Ved Bedle er det to terrasser på 107-og 110m o.h.

Tolking av frontavsetningen i Aurlandsdalen og Flåmsdalen  
og sidemorener øst for Flåmsdalen.

Marin grense i Flåm er av Kyrkjebø satt til 135mo.h. Denne grense passer fint inn i hans strandlinjediagram for de høyeste marine grenser langs hele Sognefjorden. Alle disse ligger på, eller nær opp til en rett linje som stiger jevnt innover Sognefjorden.

De høyeste terrassene i Aurlandsdalen ligger betraktelig lavere enn denne linje, ved Laoi 114mo.h. Det naturlige ville være om det i Flåm og Aurland fantes terrasser i samme høyde over havet.

Den eneste forklaring til dette må være at terrassene ikke er avsatt på samme tid. Ved Furuberget må havet ha stått 135m høyere enn i dag og ved Laoi 114m høyere enn i dag. Laoi-terrassen må da være yngre enn terrassene ved Furuberget.

Randavsetningene som ligger ved Aurlandsvungen vil jeg tolke som samtidige med terrassene ved Furuberget. Avsetningene ved Aurlandsvungen er ikke bygget opp til havnivå. På nordsida av elva er toppen inn mot dalsida i 108mo.h. terrassert. Kyrkjebø mener at det er sjøen som har erodert denne flata. Lavere er det også eroderte flater i frontavsetningene.

Jeg vil også peke på et annet forhold som er med og belyser dette. Moreneryggene under Aushovden, ved Høgeli, Frivodlnosi og Frivodl må være avsatt av en dalbre som har gått ned Aurlandsdalen. På fig. 3 har jeg tegnet et lengdeprofil av dalen fra Aurlandsvungen til Berekvam. Projeksjonen av sidemorenene er tegnet som tynne bølgestreker. De to tydeligste frontavsetningene i dalbunnen er også avsatt på figuren. Den nederste som er ryggformig er trukket med hel strek, mens terrassene ved Laoi er stiplet. Moreneryggene i dalsida

hører tydelig til samme framrykking. At det er morener avsatt foran eller langs en aktiv bre skulle ryggene form vitne om. Bjørn Andersen (B. Andersen 1954) nevner at de skarpe ryggene, de bratte brefrontene, de konvekse brefrontene o.s.v. viser klart at de er avsatt av en meget aktiv bre. Ser en på fig. 15 ser en skarpe rygger, og at det er to av dem viser at bre-randen har oscillert.

I sitt arbeid fra sørvest Norge regner B. Andersen ut gradienten på breoverflaten for sine fjord-og dalbreer:

Lysefjordbreen	ca. 34m/km
Jøsefjordbreen	ca. 44m/km
Ø. Tysdalsbreen	ca. 60m/km
Haukelivannbreen	ca. 80-90m/km
Viglesdalsbreen	ca. 95m/km

Gradienten for breoverflaten ned Aurlandsdalen fram til Aurlandsvagen og Laoi blir henholdsvis 64m/km og 87m/km regnet fra morenene under Aushovden. Det er vanskelig å regne ut noen gradienter for breoverflaten til Bretungen som har gått ned Flåmsdalen. Jeg har ingen sidemorener å bygge på. Det eneste er morenene ved Ryggvellevatnet. Disse ligger 950m o.h. De må være avsatt av en bre som har ligget syd for vannet og fylt dalbassenget ved Reinungavatn og Seltuftvatn. Regner vi med en breoverflate som har ligget 1100m o.h. får vi en gradient på 60m/km fra midten av Seltuftvatnet og nord til morenene ved Ryggvellevatnet. Regner vi med at denne breen har gått ned Flåmsdalen vil breoverflatens gradient regnet ved 1100m o.h. over Seltuftvatn til frontavsetningene ved Furuberget bli 57m/km. Alle disse gradientene er regnet ut fra et havnivå 135m høyere enn i dag. Gradienten fram til randavsetningen ved Heimdal i Flåmsdalen er ca. 48m/km.

Ingen av disse dalbreene har ligget i noe overfordypet fjordbasseng. Vassbygdvatn er bare 65m dypt, så den overfordypning som det her er tale om blir minimal. Jeg kjenner



ikke til om elva fra Vassbygdevatn noen steder går i fast fjell, så det er sannsynligvis ingen overfordypning. Lengdeprofilen av Flåmsdalen (fig.4) viser at selve dalbunnen er slakere enn i Aurlandsdalen, spesielt i de øvre deler.

Sammenlignet med Andersens gradienter for sine fjord- og dalbreer blir 48m/km for slakt når det ikke dreier seg om noen fjordbre. Den må tilhøre en mektigere bre fra en tidligere framrykking.

57m/km og 64m/km synes som de skulle stemme overens. Frontavsetningene ved Laoi må være yngre og avsatt av en bre som ikke har hatt den mektigheten høyere oppe i dalen. Sannsynligvis er det bare en oppholdslinje for en avsmeltende brerand, uten noen aktive spor i dalsidene. Forutsetningene for denne konklusjon er at moreneryggene ved Ryggvellevatn er samtidig med morenene ved Aushovden og Høgeli. Jeg har på ingen måte maktet å finne noen sammenheng mellom disse morenene i feltet. Dette kan skyldes at fjellstrøkene blir så høye, mellom 1500-1700m.o.h. at de har ligget over firngrensen. Der jeg har kunnet følge moreneryggene, slutter de mellom 1250 og 1300m.o.h. Firngrensen synes da å ligge i denne høyden.

Ser en på beliggenheten av Aurlandsfjorden og Osafjorden i Hardanger (fig.1), så snøres landblokken nesten over av disse fjorder og de bakenforliggende daler. Dreneringen til Aurlandsdalen har en mye mer østlig retning og østlig oppland enn f.eks. Flåmsdalen. Dette skulle jo også være med å gi Aurlandsbreen et mye større tilskudd av is enn Flåmsbreen. Derfor vil et framstøt i Aurlandsdalen nå mye lenger ut mot fjorden enn et samtidig framstøt i Flåmsdalen. Som jeg og har pekt på bygger disse konklusjoner på mangelfulle opplysninger. Morenene ved Ryggvellevatnet ligger isolert og kan ikke koreleres med et sammenhengende morenebelte. Løsmaterialansamlingen ved Eitro er for lite konsolidert og for lite blokkrik til å være en frontmorene. Den synes heller å være ablasjonsmorene.

Dersom det har gått en brestrøm ut Aurlandsdalen, og hele Fretheimsdalen fra Ryggvellevatnet og ned til Vassbygdvatnet skulle være isfri, skulle en vente å finne en form for oppdemning av dreneringen nedover Fretheimsdalen ved brekanten i Aurlandsdalen. Med de gradienter som er regnet med (64m/km) vil isoverflaten stå i ca. 500-600 m.o.h. ved nordenden av Fretheimsdalen. D.v.s. at den står nedenfor den hengende Låvidalen og da kunne dreneringen gå langs brekanten ut til fjorden uten at vi fikk oppdemmet noe i Låvidalen. Jeg har ikke vært nord for Fretheimsdalsvatnet og jeg har heller ikke observert noen høye terrasser på flybildene.

I Stonndalen er det litt vanskeligere å se hvordan forholdene har vært. Her har jeg ingen feltobservasjoner. Det er mulig at her har breen gått nokså langt ned i dalen og at den her har hatt kontakt med Aurlandsdalsbreen.

Kort rekapitulering av forholdene i og øst for Flåmsdalen.

1. Brerandavsetningen ved Heimdalen synes å være eldst. En samtidig frontavsetning i Aurlandsdalen må ha ligget ute i Aurlandsfjorden. De store blokkene i avsetningene ved Heimdal skulle tyde på at breen har vært aktiv.

2. Det neste oppholdstrinn er ved Furuberget og ved Aurlandsvangen. Dette trinnet synes å være avsatt av en framrykkende brefonn.

3. Avsetningene ved Iaoi er de siste frontavsetningene. På dette tidspunkt synes Flåmsbreen å være så tynn at den har trukket seg kontinuerlig tilbake uten spor etter frontavsetninger.

Alderen på disse framstøtene vil jeg komme tilbake til i et senere kapittel.

Tolking av forholdene vest for Flåmsdalen.(fig. 5 ).

Så snart vi kommer vest for Flåmsdalen er vi med en gang kommet et godt stykke fra fjordarmene fra Hardanger- og Sognefjorden, og vi kommer mer sentralt i fjellregionen. Isskuringsobservasjonene vest for Vassetvatnet, ved Fossdalsvatnet og ved Svehaugane viser at isbevegelsen i dette området har vært nordlig til nordøstlig. Det vil si at isoverflaten har hatt en skråning nordover. Den har generelt gått i motbakke. I dag går dreneringen fra Vassetvatnet, Soleifletvatnet og Storhaugvatnet mot Raundalsvassdraget i sydvest. Jeg kan ikke med sikkerhet si hvor isskillet mellom det som har beveget seg over til Sognefjorden og det som har gått ned Raundalen har ligget. Det ser ut som det har ligget noe syd for Svehaugane.

Den subglaciale drenering peker også i denne retning. Det laveste passpunkt ved vannskillene nordover mot Sognefjorden ligger i den nordøstre og sydøstre enden av Vassetvatnet. Passpunktene ligger like over 1080 meters koten. N.-H. Kolderup nevner i dagbok aug. 1942 at eidet over til botnen fra Vetlavatnet ligger atskillig under 20m høyere enn Vassetvatnet. Eidet er 2-300 m bredt. Eidet som går over til Bjørnedalen er smalere og ligger litt høyere enn overløpet til Vetlavatnet. Kolderup nevner at det må ha runnet vann over disse overløpene, for både Bjørnedalen, Vetlahelvete ned til Vetlavatnet er dype og trange daler med bare noen små uanselige bekker i dag. Spesielt i Vetlahelvete (fig. 27.30) har det foregått en ganske kraftig nedskjæring og tilbake-skjæring. Bakveggen i gjelet er over 30m høy og praktisk talt loddrett.

Passet over til Bjørnedalen ligger som nevnt litt høyere enn passet ved Vetlahelvete. Gjelet ned Bjørnedalen er bratt og trangt og har et tydelig fluvialt preg. Akkurat over passpunktet er fjellet spylt rent for løsmateriale. Eskeren som går over Vassete er, der den går et stykke fra fjell-



sida i nord tydelig ryggformig, men enkelte steder legger den seg helt inn til fjellsida og får bare skråkant på yttersida. Istunellen må da ha hatt ene siden av is og den andre av fjellsida. Gjessing nevner lignende forhold fra Nordre Atnadalen ( J. Gjessing 1960).

Eskeren flater ut i det den kommer fram til passpunktet. Overflaten er terrasseøt i høyde med passet. Det er tydelig at det i allefall har foregått en subglacial drenering denne veien over mot Bjørnedalen og videre til Flåmsdalen. Eskeren tyder på at dreneringen har foregått subglacialt. Det samme skulle også passpunktets høyde peke mot. Hadde vi hatt åpent vann som var demmet opp lenger i vest av en eventuell is, så hadde vannet drenert over det lavere passpunktet ved Vetlahelvete.

"Sete" i Stordalen ligger ca. 1090 m. h. og synes å ha en sammenheng med disse passpunktene øst for Vassetvatnet. Jeg har vanskelig for å karakterisere "sete" som en strandlinje, erodert av en åpen vannflate i dette området. Det er ens materiale over, i og under "sete", intet rundet materiale akkurat på "sete". Det bare fjell kommer riktignok til syne enkelte steder langs "sete's" innerkant. Men ikke slik at det er snakk om noen erosjon i det faste fjell.

Den vanlige oppfatning for dannelsen av strandlinjer eller "seter" er at de er dannet av isdemte sjøer eller lateral-sjøer. ( A.M.Hansen 1886. G.Holmsen 1915 og H.Reusch 1917). Just Gjessing skriver om dannelsen av "setene" i nordre Atnadalen: "Den lange linje må etter sin ytre form og materialets karakter betraktes som oppbygget av morene. Alt i alt er linjen horisontal og ligger i høyde med passet N ved Frekmyr og med de laveste former ellers i dalen, som må være dannet i høyde med det laveste utløppspass. Det er da sannsynlig at den er blitt til i det laveste dreneringsnivå under avslutningsfasen for den nordovergående, isdirigerte drenering. Om dens dannelse i siste omgang foregikk ved kanten av en i lengdeprofilen nær horisontal isoverflate som lå omtrent i



utløpepassets høyde, kan ikke bestemt avgjøres. Den naturlige forklaring er etter dette at det dreier seg om oppbløtt bunnmorene som har seget ned og satt seg i grunnvannspeilet, kanskje også ved iskanten. Linjens dannelse kan således ha begynt mens den overforliggende skråning ennå lå under breen, og kan ha fortsatt da den var smeltet fri og lå uten vegetasjon." (J. Gjessing 1960).

Skulle det være snakk om en åpen isdemt sjø i Stordalen, så burde "sete" være utviklet over et større område. Den naturlige plass for isdemningen måtte være ved Fossen i Rjoandalen. Da ville vi få en sjø på over 8 km lengde og 6-7 km i bredde. Det ville være rart om det akkurat her i Stordalen skulle være dannet en strandlinje. Der bekker kommer ned lia, skulle det være antydning til større ansamling materiale fra et eventuelt delta bygget ut i den isdemte sjøen, men snarere er "sete" helt borte der bekkene kommer ned dalsida.

Avsetninger med særdeles fint materiale skulle også finnes i området som en gang skulle være dekket av vann. Nå finnes det en del grovere sand, men det finnes ikke noen lagdeling i materialet det jeg har kunnet observere.

Det kan også tenkes at det har ligget igjen en isrest som har vært avsnørt ved Fossen. "Sete" i Stordalen skulle da være dannet i en lateralsjø som bare hadde åpent vann over en større strekning i Stordalen, og at dreneringen har gått nordover til passpunktet øst for Vassetvatnet.

Som en tredje mulighet er at "sete" ikke er noe resultat av åpent vatn, men at "sete" er betinget av et grunnvannspeil i isen og at "sete" er dannet ved at oppbløtt bunnmorene har seget ned og satt seg i grunnvannsspeilet i isen. Det er vanskelig å forstå hva Gjessing mener med grunnvannspeil. Så vidt jeg har forstått skulle isen på det tidspunkt flytte opp og da er det jo ingen forskjell på dette og

lateralsjøer. Bunnmorene kan like godt sige ned og sette seg i disse sjøer, så i grunnen blir det ikke noen forskjell.

Når isen så har blitt så tynn at den har fått samme helning som terrenget, har det foregått en tapping i sørvestlig retning. På fig. 22 viser det lengst til høyre noe som kunne være en spylerenne som må ha gått lateralt til isen eller gått ned under isen. Jeg har dessverre ikke sett den i feltet, men observert den først på fotografiet etter at dette var kopiert. Siden har jeg observert den samme på flybilder og ut fra disse har jeg bestemt høyde og beliggenhet på kartet. Den synes å begynne noe lavere enn "sete"- høyden i Stordalen. Dette skulle da være første spor etter drenering som har gått samme vei som dreneringen går i dag.

Senere i avsmeltingen har hele dreneringen gått nede i dalbunnen der den går i dag.

Kort rekapitulering av forholdene i Stordalen, Vassetvatnet.

1. Skuringsstripene viser at den siste bevegelse i breen i dette området har vært mot nord og nordøst.
2. Drenerings-spor øst og nordøst for Vassetvatnet viser at det har foregått en drenering denne veien ned til Flåmsdalen. Eskeren ved Vassetelva og ved Vassete må tilhøre et subglacialt drenerings-system som har gått nordøstover til passpunktet ved Bjørndalen. Det er mulig at dette er den første fase i avsmeltingen da dreneringen for det meste gikk subglacialt.
3. Senere da isen blei forholdsvis horisontal i dette området blei "sete" i Stordalen dannet langs kanten av en nesten horisontal isrand. Da må dreneringen ha foregått over det laveste passpunktet. Dreneringen over passpunktet må ha foregått subaerilt for det er ingen akkumulasjon foran passpunktet som ved passpunktet lenger nord.

4. Til slutt har isoverflaten smeltet så langt ned at dreneringen har kunnet gå ned Rjoandalen til Raundalsvassdraget. Det første tegn på denne drenering er den nevnte ensidige renne vest for Elvamote.

Spor etter dreneringen som har gått over passpunktene til Bjørnedalen og Veilavatnet fant jeg også øst for Øyane (pl.5 ). Det er to tomme canyons med jettegryter som går ut mot kanten til stupet ned mot Flåmsdalen. Det største ligger lengst nede og er nærmere 200 m langt. Enkelte jettegryter er over 10 m dype og ligger på " rad og rekke " og er gjennomskåret.

Et annet tydelig trekk er den dype canyon som ligger mellom Rjoanfossen og Øyane (pl. 5 ). På fig.3<sup>1</sup> forsvinner elva helt i den dype og til dels brede canyon. Enkelte plasser er den over 100 m dyp. Ingen av de andre hengende sidedalene til Flåmsdalen har slik nedskjæring som Rjoanfossen.

I Gudmedalen hvor bergarten er den samme som ved Øyane, er det bare en forholdsvis liten nedskjæring ved knekkpunktet fram mot Flåmsdalen. Den dreneringen som i dag er her er ikke så mye mindre enn den ved Øyane, at dette alene skulle bevirke den kolossalt store forskjell i nedskjæring ved knekkpunktet.

Denne dype nedskjæringen kan jeg da bare sette i forbindelse med den subglaciale- og subaerile drenering som har kommet over passpunktene ved Vassetvatnet.

Som en liten bibemerkning kan nevnes Rjoanfossen som har samme navn som Rjoanåni i Rjoandalen, Et pussig samspill av tilfeldigheter.

Tolking av områdene syd og sydvest for Flåmsdalen.

Disse områdene ligger enda mer sentralt i forhold til Hardanger- og Sognefjorden enn området ved Stordalen, Vassetvatnet. Som det framgår av beskrivelsene av løsmateriale, har det her foregått en død nedsmelting av isen i den siste fasen. Det finnes ingen front avsetninger i området. Former jeg tydelig kan tolke er eskeren som går fra Kleivane og sydvestover til Hedlo og de små grytehullformene ved Kleivane. Dette tyder på en helt død og vertikal nedsmelting av isen i dette området.

Jeg har ikke observert laterale spylereenner i noen av dalsidene. Det meste av dreneringen har sannsynligvis gått i dalbunnene. De haugete og ryggformige løsmaterialansamlinger som finnes i de fleste dalbunnene i dette området vitner også om en død avsmelting. Det er for det meste ukonsolidert og utvasket materiale. Enkelte steder har bekkene skåret seg gjennom dette løse materialet og ned på den harde, leirrike og blokkrike bunnmorenen under.

Overflateformen på dette ukonsoliderte løsmateriale tyder på at det er avsatt i kontakt med den nedsmeltende isen. Det kan ha vært sprekkefyllinger (kames) og lateralfyllinger langs og oppå isen (kame-terrasser) og isrester som har blitt liggende igjen og siden overspylt av løsmateriale, og til slutt dannet grytehull. ( R. F. Flint 1957 og Carl M: som Mannerfelt 1945 )

Området øst og vest for Kaldavatn i de høyereliggende deler er nesten rene for løsmateriale som stammer fra isavsmeltingen. De løsblokker som jeg finner av fyltitt i hele området må komme fra fyltittområdene lenger øst og viser at det har vært en nokså rett vestlig retning på isbevegelsen. Den senere isbevegelse har ved Kaldavatn vært i nordlig retning. Det tyder både formasjonene og isskuringene nord for Kaldavatn på.



Is-skuringsobservasjonene. (Hovedkartet)

Alle mine is-skuringsobservasjoner er ført inn i tabellen på fig. 6 . Det er forøvrig de eneste is-skuringsobservasjonene som er gjort i dette området.

Det har vært vanskelig, for ikke å si umulig å finne skuringsstriper i de aller høyeste områdene. Her var fjellet dekket av løsblokker og sundsprengt fjell, alt sammen forårsaket av frostsprengningen i området. Jeg har da gått glipp av observasjoner som kunne ha gitt is-skuringsretningen uavhengig av topografien. Alle mine observasjoner synes å gi is-skuring nokså avhengig av og samsvarende med topografien. Det synes tydelig at isen har veket unna store forhindringer og gått rundt større fjell masiver f.eks. den nordlige skuring nord for Kaldavatn nr. 13 og 14. Isen har på det tidspunkt tydelig blitt tvunget rundt Øykjafonn.

Alle is-skuringsobservasjonene synes å være laget av en forholdsvis tynn bre som har beveget seg helt avhengig av topografien.

Is-skuringen vest for Vassetvatn nr. 4, ved Fossdalsvatnet nr. 5, 6 og 7 og ved Svehaugane nr. 3 vil jeg omtale nærmere. Ved Svehaugane er jeg ikke sikker på hvilken retning isen har hatt. Den kan enten være litt østenfor nord eller litt vestenfor syd. Skulle den hatt sammenheng med en is-strøm som har gått ned Rjoandalen, skulle retningen ha vært mer vestlig. En syd, sydvestlig isretning for denne lokaliteten synes litt usannsynlig.

Is-skuringen vest for Vassetvatn nr. 4 er avbildet på fig. 43. Her er jeg nokså sikker på at retningen har vært mot øst. Fotografiet er tatt mot isretningen. Når jeg kan si dette med sikkerhet, er det for at den svake lekanten som kommer fram nærmest på bildet. Denne flaten er ikke is-skurt. Hadde isbevegelsen vært i motsatt retning, ville denne flaten blitt

en støtflate og følgelig is-skurt. Is-skuringen går liksom ut i "lufta" ved den skarpe kanten mellom den is-skurte flaten og flaten som har ligget i le.

Observasjonene ved Fossdalsvatn nr. 5,6 og 7 er sikre rettningsbestemt. De synes også å være betinget av lokale forhold akkurat i Fossdalen. Utvilsomt må disse også ha hatt en forbindelse med en is-strøm i nordøstlig retning til Flåmsdalen.

Konklusjon for forholdene ved Stordalen, Vassetvatn.

Etter dette observasjonsmateriale skulle ismassene som har ligget vest for Flåmsdalen ha fått sin tilførsel fra disse områdene i en forholdsvis sen tid. Is-strømmen øst fra "vidda" synes ikke å ha influert på forholdene vest for Flåmsdalen da disse is-skuringene blei laget.

Skulle bremassene vest for Flåmsdalen fått sin tilførsel fra øst på dette tidspunkt, ville vi sannsynligvis ikke fått dette bildet av isretningen vi har i dag.

Det mektigste området som har levert is til området Stordalen, Vassetvatn synes å ha ligget noe syd og øst for dette området. Dette må være på et meget sent stadium i tilbakerykkelsen av den store ismassen som har dekket hele Vestlandet's fjorder og fjell. Er is-skuringen laget av den siste framrykning av den tilbakesmeltende bre, skulle de være samtidige med moreneryggene ved Ryggvellevatn og under Aushovden. Da skulle dette tyde på at det ikke har vært noen nevneverdig tilførsel av is fra Hardangervidda vestover og ut på halvøya mellom Hardanger- og Sognefjorden på denne tida. Under framstøtet som er nevnt, må det ha vært kontakt mellom ismassene som har ligget øst og vest for skillelinjen mellom Flåmsdalen og Osafjorden. Jeg har ikke funnet noe morenebelte som har begrenset den vestlige ismasse mot øst og den østlige ismasse mot vest.

Hva som har foregått forut for framstøtet kan jeg ikke si noe om. Jeg vil komme litt inn på de forholdene under et annet kapittel om subglacial- og fluvial erosjon i Flåmsdalen og området ved Seltuft.

Jeg har gjort en del is-skuringsobservasjoner utenfor det undersøkte kartområdet. Disse observasjonene ligger 3-4 km syd for Kaldavatn ved Fløyelsvatn 1220m o.h. nr.11 og syd for Skipanut nr.12. De viser henholdsvis sydvestlig og rett vestlig retning. Dette skulle vise at det i de sydlige deler av området mellom Osafjord og Flåmsdalen har den siste bre's framstøt vært påvirket av ismassene i øst på Hardangervidda. Dette stemmer godt overens med de observasjoner A.Simonsen mundtlig har gitt meg fra sine undersøkelser i Ulvik-Osa området.

Angående eldre is-skuring.

Jeg har ikke kunnet observere noen is-skuring og dermed isbevegelser som har gått rett vest, uavhengig av topografien. Selv på de høyeste punktene f.eks. Husdalsnosi nr.16 har en is-skuring i nordvestlig retning. Den synes altså å være betinget av en isdrenering ut Aurlandsfjorden til Sognefjorden. Da det har vært umulig for meg å skille ut noen eldre is-skuring, vil jeg anta at isdreneringen i Sognefjordbassenget har vært så kolossal selv under maksimum av nedisingen, at den har bevirket isens retning i så sentrale deler som områdene sydøst for Flåmsdalen under maksimum av nedising.

Subglacial og fluvial erosjon i området ved Seltuft og  
i Flåmsdalen.

Området ved Seltuft.

Det omtalte området ligger rett syd for Seltuftsetrene, mellom Kleivanosi og elva Molda som kommer fra Kleivavatn. Hele området ligger i fylittsonen. Der stien tar av inn til setrene, fra anleggsveien mellom Myrdal og Hallingskeid, ligger det to store, halve jettegryter (fig. 44) Diameteren er over 7 m. Det var umulig å avgjøre hvor tjukt materialet er som ligger foran jettegrytene. Enkelte steder kom fjellet til syne foran jettegrytene. Sannsynligvis er det lite materiale som ligger foran jettegrytene. Jettegrytene ligger i le for isbevegelsen.

Litt til høyre for jettegrytene kommer det fram et trangt gjel (fig. 48/49 og 50). Enkelte steder synes gjelet å være tydelig fluvialt preget, med små jettegryter (fig. 51)

Som det framgår av fig. 49. 50 og 51 så er det is-skuring i hele gjelet helt ned til bunnen og på de trangeste stedene. Gjelet ligger i isens bevegelsesretning, og er ca. 150 m langt.

Lenger syd og litt opp fra elva ligger det 3 jettegryter etterhverandre (fig. 47). De er fra 1/2- 2 m i diameter.

Over dette området ligger det spredt "rullestein" (fig. 45. 46) De ligger som om de skulle være eratiske blokker, men de er helt avrundet og mange er helt kuleformet (fig. 46).

Store deler av fylitten i området her har fått en merkelig skulptur (fig. 52 og 53). Avrundede fine former som enkelte ganger kan få et utoverhengende tak (fig. 53) Isbevegelsen har her vært fra venstre mot høyre på bildet på fig. 53. G. Johnson ville ha kalt dette "sne-ställda läfasetter med överhängande tak". (G. Johnson 1956).



Området ved Berekvam, Tunshelle i Flåmsdalen.

Nord for Melhus er Flåmsdalen trang og smal i dalbunnen. Ved Berekvam vider den seg ut igjen. Her kommer vi inn i fyltitten og med en gang forandrer dalbunnen karakter. Den går i "trappetrinn" som faller nordover dalen. Det hele ser ut som kjempemessige "rundsva" som ligger etterhverandre nordover dalen. Panoramaet over Tunshelle fig. 54 skulle vise dette godt. Fyltitten faller mot sydøst og dette gir de aller gunstigste betingelser for dannelsen av disse formasjonene.

Et annet typisk trekk når en kommer over i fyltitten er den fine fluviale og plastiske behandlingen av fjelloverflaten. Det virker som fyltitten på en måte har oppbevart disse formene på en utmerket måte.

Beskrivelse til pl. 4 .

Ved Berekvam går det en canyon med jettegryter fra jernbanelinja og ned til de første husene. Omtrent vinkelrett på denne og ned mot elva går det ei renne som er dannet i le for isbevegelsen. Jettegrytene lengst fra elva er bare halve, nærmere elva er bare den øverste delen av jettegryta halv, mens de dypere deler er utsvarvet i fjell på begge sider. Skissen på fig. 10 skulle vise dette. Dybden på jettegrytene varierer fra 1-3 m.

Der denne renna kommer ned til elva har elva skåret seg ned en dyp canyon. På det smaleste er den bare 11/2-2 m brei og over 30 m dyp.. Gjelet er utsvarvet med kjempemessige jettegryter. Ved begynnelsen av gjelet ligger det noen tørre jettegryter litt høyere enn innløpet til gjelet. Den ene har en diameter på nesten 3 m. Det merkelige ved denne canyon er at den ikke er utgravet i det laveste punkt i dalbunnen. Dette framgår av skissen etter et fotografi fig. 55 .

På det laveste punktet i dalbunnen og parallelt med gjelet som elva går i, ligger det en del tørre jettegryter på rekke og rad.

Ved H i Tunshelle pl. 4 begynner en canyon som kan følges sammenhengende nesten helt ned til elva. På panoramaet fig. 54 begynner dette gjelet øverst til høyre på bildet nr. 2 og fortsetter over hele bilde nr. 3. Øverst oppe begynner det som halve jettegryter dannet i lekanten for isbevegelsen. Lenger nede blir den andre kanten også utviklet (fig. 60 ) Høyeste kanten på denne jettegryta er over 15 m. Lenger ned mot elva er gjelet mer rast sammen. men på enkelte steder står det igjen jettegryterester og iblokkene som er nedrast er det også utsvarvinger og deler av jettegryter. Det er tydelig at gjelet har fortsatt ned mot dalbunnen og elva i sydvestlig retning.

Ved E i Tunshelle begynner et nytt gjel som går først i nordvestlig retning og senere dreier over til nord og nordøst (fig. 57 ) Det begynner litt til venstre for hesjene midt på bilde nr. 2 på fig. 54 og fortsetter under husklynga på Tunshelle. Dette gjelet munner ut hengende i forhold til gjelet som går nord for gårdene ved Tunshelle. (fig. 59 )

Gjelet nord for gårdene er synlig på fig. 56 Det er bare utviklet på den ene sida som har ligget i le for det store "rundsvaet" som gårdene ligger på. Deler av denne sida er ramlet ned og ligger som løse blokker under. Store deler av denne brattkanten har tydelig fluvialt preg og med utsvarvede halve jettegryter.

Oppe i lia nordøst for gårdene ligger det to halve jettegryter i en brattskrent (fig. 61 ) Oppe i venstre hjørnet på fig. 61 er det synlig tydelig is-skuring. Skilleveggen mellom de to halvparter er skarp og avbrutt. Ved den venstre ytterkant er den halve jettegryta avrundet i sin ytre begrensning.

Et stykke nord for Tunshelle går det en canyon i nesten nordlig retning. Den er ganske bred og har fluvial karakter på begge brattsidene. Store deler av den er rast sammen. Et sted har jeg observert is-skuringsstriper i bunnen av gjelet.

I nordre enden av gjelet går det ut et lite sidegjel som var dannet i lekanten av det store "rundsvaet" som strekker seg fra bekken nord for Tunshelle til nord for det nordgående gjel.

På andre sida av dalen langs veien fra Berøkvam til Dalsbotn, finnes det også en del jettegryter av ganske anselig dimensjoner. Men her er det så mye nedrast materiale og lia så bratt at det har vært umulig å gjøre noen sammenhengende detaljert kartlegging.

Området ved Furuberget i Flåmsdalen pl.5

Ved Furuberget blir nesten hele dalbunnen stengt. Fjellet danner en høy terskel som elva har skåret seg gjennom (fig. 31, 38 )  
Furuberget ligger som et mektig "rundsva" i dalbunnen. Det har en lang skråning fra Urdheim og nordover, mens det på nordsida stuper loddrett ned mot dalbunnen ved E-verket (fig. 38 )

Rett vest for B i Furuberget på pl.5 begynner en canyon som jeg har målt opp og tegnet i målestokk 1:400 pl.6  
Bunnen i disse jettegrytene er dekket av løsmateriale. Enkelte steder er det fast fjell i tersklene mellom jettegrytene. I den sydligste delen av dette gjelet er jettegryteformen best utviklet på den sida som ligger i le for isbevegelsen. Dette sees tydelig av tverrprofilen H-I og L-M. I den nordligste delen av gjelet er det derimot yttersida og støtsia som er høyest (tverrprofil F-G). Bildene på fig. 62, 63 og 64 viser alle deler av dette gjelet. I en av jettegrytene som har den høyeste kanten ytterst, er det tydelig is-skuring (fig. 58 )

Is-skuringen er bare i den øvre delen av ytterkanten. Bunnen i gjelet er nesten horisontal. Den nordligste delen faller 4 m på 70 m, mens den sydlige delen syd for D faller 10 m på 50 m. Høyeste kanten ned til løsmaterialet i bunnen er 17 m. Den stiplede linjen under tverrprofilene på pl. har jeg trukket så kontinuerlig som mulig med sidene i jettegrytene som er synlig over løsmaterialet. Den skulle til en viss grad angi den sanne dybden i jettegrytene. Gryta med snittet H-I skulle da bli nærmere 20 m dyp.

Den lengste og mest markerte canyon er den som begynner rett syd for F i Furuberget. Fig. 65 og 66 viser jettegryter i dette gjelet. På det flateste på toppen av Furuberget er disse jettegrytene fylt med myr. I en av disse jettegrytene boret jeg 5 m ned i myra før jeg støtte på et gruslag.

Serien av renner lengst syd på Furuberget har Kyrkjebø satt i forbindelse med slukrenner som har gått ned under isen. (Kyrkjebø 1953).

Gjelene ved Øyane har jeg omtalt under kapitlet om tolkingen av forholdene vest for Flåmsdalen.

Bak Fretheim Turisthotell ligger det ei halv jettegryte med ene brattveggen nesten 5 m høy. Høyere oppe på dalneset bak hotellet ligger det ei liten jettegryte med en diameter på 1 m og ca. 11/2 m dyp. Hele den bratte fjellveggen bak hotellet har et tydelig fluvialt preg. Disse grytene og formene er laget i skyvedekkebergarter og ligger ikke mer enn 10 m over havet.



Gjelene mellom Furuberget og Hagaberget mellom Rond str. og Kleistdalen str. og sør for Øyane.

Alle disse gjelene skiller seg ut fra de som tidligere er beskrevet på noen vesentlige punkter.

Gjelet mellom Furuberget og Hagaberget har bare synlige jettegryter og utsvarvinger (spor etter evorsjon) i de øverste delene. I selve gjelet som er 50-70 m dypt ser en bare en kantet og oppbrutt fylittoverflate. Dette er det karakteristiske trekk helt ned i bunnen av gjelet.

Den store canyon som går sør for Øyane er tidligere omtalt på s.20 . Denne har også de oppbrutte kantete formasjonene i sidene på gjelet. Lite eller ingen tegn til avrundede fine former, tiltross for at hele gjelet er utformet i fylitt.

Et gjel av samme karakter er det som går mellom Kleistdalen str. og Rond str. (fig. 68 ). Det er utgravet i fylitt, men det finnes ingen fine utsvarvinger og jettegryter. Det er bare kantet og brutte flater i hele gjelet. Høyden på brattkantene er mellom 50 og 70 m. Det renner bare ei lita elv her i dag. Gjelet går rett ned til Dalsbotn. Det er mest markert og tydeligst ved setrene. Lenger nede i lia under den framstående hammeren som gjelet er skåret gjennom, blir elva så og si liggende utenpå dalsida.

Tolking av erosjonsformene ved Seltuft og Flåmsdalen.

Generelt om beliggenheten av formene.

Det framgår av skisser og karter at disse gjel og jettegryter ligger nokså isolert fra elvene som renner her i dag. Ting som ikke eksisterer i dag må ha dirigert vannet som har utformet disse formasjonene. De kan bare settes i forbindelse med vann som har drenert oppå, langs eller under isen. Dette er eneste forklaring på at det overhodet kan komme rennende vann i forbindelse med disse gjel og jettegryter.

Det kan sees helt bort fra havets arbeid som årsak til dannelsen av disse jettegryter. Med unntagelse av jettegrytene og formene bak Fretheim hotell, ligger alle mine observasjoner over den høyeste marine grense i disse trakter. Den eneste plassen hvor denne agens overhodet kommer inn, er altså her ved Fretheim. Nå ligger dette stedet i bunnen av den trange og lange Aurlandsfjorden, og en kan se bort fra sjøens arbeid i en så innestengt fjord. Det jeg har sett beskrevet av såkalte "strandgryter" har disse ligget ut mot åpent hav hvor virkelig brenning og drønning har arbeidet med fjell-overflaten. ( B.Andersen 1960 og J.E. Rosberg 1925 ). Jeg mener derfor at jeg kan se bort fra havets arbeid også når det gjelder dannelsen av disse jettegrytene.

Jettegrytenes opptreden i områder som har vært nediset har lenge vært kjent. Charpentier (Charpentier 1841 ) var den første som satte fram teorien for deres dannelsen. Det er den kjente teorien om " glacial mills" eller moulinteorien han har utformet. Senere har andre forskere bearbeidet og forbedret den. I korthet går teorien ut på at smeltevann som drenerte oppå isbreen, samles i elver oppå bretungen. Når så bretungen går over en terskel i dalen, vil den sprekke opp. I disse bresprekkene vil da elva styrte ned og smelte et større hull. Den nedstyrtende elva vil i det den når bunnen

treffe på morenestein som den kan bruke til å uthule jettegryter i fjelloverflaten.

Ettersom sprekken beveger seg nedover bretungen vil nye sprekker oppstå på den gamles sted og gi ny næring for utgravningen av jettegryta .. (W.C.Brøgger og H.Reusch 1874 )

Innvendinger som er kommet til denne teorien kan konkret legges fram i 4 punkter.

1. Teorien er bare en hypotetisk teori som enda ikke er observert i alle sine funksjoner i naturen. (R.Streiff-Becker 1951 ).

2. Det er lite sannsynlig at en bresprekk vil stå så lenge på en plass at der vil dannes ei jettegryte i bunnen av is-sjakten. Dessuten om det skulle komme en ny sprekk, så er det lite sannsynlig at denne ville stanse på samme sted som den gamle. ( S. E. Hollingworth 1951 ).

3. Smeltevannet som renner ned i sprekken vil grave og smelte hullet i sprekken til nær sagt alle retninger og gjøre sjakten ustabil.

4. Det er bare et fåtall av observerte og beskrevne jettegryter som ligger på steder som naturlig vil gi sprekker i isen. De andre jettegrytene må forklares på en annen måte.

Til tross for dette er moulinteorien nesten den eneste teori for dannelsen av jettegryter i forbindelse med nedisingsområder som har vært anerkjent.

De områder som kunne være aktuelle for moulinteorien i det undersøkte området som her behandles, måtte være de to halve jettegrytene ved Seltuft. De ligger ut på kanten av dalen der det faller forholdsvis bratt ned mot Seltuftvatn. Gjøl og jettegryter på Furuberget ligger også i et område der isen kan sprekke opp i det den går over Furuberget og ned den stupbratte skråningen til dalbunnen ved E-verket.

Disse jettegryter og gjøl er ikke noe forskjellig fra de

på lokalitetene ved Berekvam og Tunshelle. Står en i disse gjel kunne en like gjerne stå i et av gjelene på Tunshelle, så like er de. Hvorfor skulle de da være dannet på to forskjellige måter? Det naturlige ville være at de var dannet på samme måte og under samme prosess.

S.A. Sexe ( Sexe 1874 ) tenker seg dannelsen av jettegryter ved at stein som slepes med under isen, treffer på en fordypning i undergrunnen og blir liggende der. Den vil så på grunn av isens bevegelse over, komme i en dreierende bevegelse og begynne å uthule fjellet. Senere steiner fortsetter arbeidet til en jettegryte er dannet.

G. Johnson ( Johnson 1956 ) har etter detaljstudier av isens skulpturelle formdannelse på bergoverflaten, kommet med en forklaring på jettegrytenes dannelse som kan være en videreforklaring av det Sexe kommer med. Når en depresjon på fjelloverflaten er blitt så dyp at bergmjølet blir liggende igjen, vil islameller bøyes ned mot depresjonen. Isen vil da fylle depresjonen helt ned til bunnen og ved hjelp av det store trykket og trykksmeltevann vil isen bli plastisk eller forvandles til en is-vannmasse som pulsatorisk vil forlate depresjonen sammen med en del bergmjøl. Jo dypere depresjonen blir, desto bedre blir virveldannelsen. Større stein kommer og legger seg i forsenkningen og roteres rundt med is-vannmassen. Johnson mener at det ikke bare oppstår en horisontal rotasjon. Isen kan også presses ned i spiral. Is-vannmassene kan rotere såvel med vertikal som horisontal rotasjonsakse. Johnson mener at det ikke trenges noen vertikal vannstråle for å danne jettegryter.

Johnson beskriver bare små jettegryter som ligger i nær sammenheng med en plastisk is-skulpturert fjelloverflate. Ikke noen steder kommer han opp i jettegryter som kan sammenlignes



med de kolossale jettegrytene og gjel jeg har beskrevet. En del av de former han beskriver har jeg funnet mellom Kleiva-  
vatn og Seltuftvatn. (fig. 52.53 ).

Ångeby ( Ångeby 1951 ) har vist at en resent jettegryte ikke behøver en nedfallende vannstråle for å dannes, men at den kan dannes ved horisontalt rennende vann. Dette overfører han da til de glaciale jettegrytene. Han sier: "I analogi med førhollandena vid de undersökta recenta vattenfallen synes det motiverat att antaga att även de glaciale jättegyrtorna bildats av strömmar, vilka framflutit relativt horisontellt men med stor strömningshastighet." I et senere arbeid (Ångeby 1952 ) beskriver han jettegryter som er funnet under og i sammenheng med eskere og mener at disse er dannet av den subglaciale drenering under den nedsmeltende isen. Han beskriver store halve jettegryter og mener at disse er dannet av lateroglacialt smeltevann, hvor isen har dannet den ene siden av jettegrytene under dannelsen av dem. Denne teorien blei først framsatt av H.von Post i 1867.

J.E. Rosberg (Rosberg 1925 ) nevner at halve jettegryter må være laget ved at is støter an mot en brattvegg og at det i sprekken mellom isen og fjellet renner smeltevann som utsvarver jettegryter halv-veis i is og halv-veis i fjell. Ny is vil stadig bli tilført ved bevegelse mot fjellveggen. Dette støtter han med observasjoner fra Pernå i Finnland fig. 8 Skissen på fig. 9 viser skjematisk hvordan han tenker seg disse jettegrytene dannet.

Jeg kan ikke se annet enn at det er det subglaciale smeltevann som har spilt den største rollen for dannelsen av jettegrytene og gjel som jeg har beskrevet i området ved Seltuft og Flåmsdalen. Det har vært umulig å rekonstruere noe

sammenhengende løp for vannet som har drenert under isen. I alle fall for området ved Seltuft. Dessuten tyder det på at isen har vært i bevegelse etter at det lange gjelet på fig. 49 er dannet.

Ved Berekvam og Tunshelle pl. 4 synes det som det er en forbindelse mellom alle gjel og jettegryter. Selve gjelet som elva renner i i dag ved Berekvam har en merkelig beliggenhet. Skissen på fig. 55 viser at gjelet ikke er uterodert på det laveste i dalbunnen. Et eller annet må ha dirigert vannet slik at det har begynt å grave seg ned et stykke fra dalbunnen. Her kan teoretisk tenkes 3 årsaker (fig. 11 )

1. At de lavere deler av dalbunnen er utgravert etter at gjelet er dannet, men allikevel ikke så mye at elva har begynt å gå på det laveste i dalbunnen. (fig. 11 , 1 )
2. At en isrest har ligget og bevart de lavere deler av dalbunnen, mens smeltevannet har gått langs iskanten og gravet ned gjelet så mye at da isen smeltet vekk gikk elva fortsatt i sitt gamle gjel. (fig. 11 , 2)
3. Enda en mulighet er at isen har dekket dalen og at smeltevannet har gått subglacialt. Det er en kjensgjerning at smeltevann under isen ikke nødvendigvis renner i de laveste og mest naturlige leier. Det kan til og med gå i oppoverbakke. Da skulle det ikke være usannsynlig at dette gjel i sitt anlegg er subglacialt og på grunn av isen påført sitt unaturlige leie i dalbunnen. (fig. 11 , 3).

Som det framgår av beskrivelsen ligger det en del jettegryter på rekke og rad i det laveste leie i dalbunnen. Dette viser at det også her har drenert vann. Har dreneringen i disse jettegrytene gått subaerilt ville vannet ha fortsatt i dette løp hele tiden. Tenker vi oss det hele vært dannet under isen av en subglacial drenering kan godt dreneringen ha gått på laveste punktet en viss tid. Dette løp kan så ha blitt stengt ved at tunnelen har raset sammen og en ny tunnel er blitt utgravet der gjelet går i dag.

Gjelene og jettegrytene som går tvers på dalen ligger alle langs en liten eller større lekant i fjelloverflaten. Enkelte steder kan lekanten bare være noen meter høy og andre steder flere titall meter. Langs disse lekantene har naturlig smeltevannet funnet den letteste veien. Det er morsomt at dette er det motsatte av det J.E.Rosberg mener å ha funnet ved Pernå i Finnland. Jeg har sammenholdt hans dannelsesmåte og min på fig. 9 og fig. 10. Lengst fra dalbunnen der smeltevannet først har fått kontakt med fjelloverflaten ved en lekant, har det først dannet seg utsvarvinger i lekanten. Lenger nede har så vannet fått slik eroderende kraft at jettegrytene ikke bare er blitt halve, men de har fått begge sider utsvarvet i fast fjell i de dypere deler. Dette kommer fram på fig. 10 ved tverrprofilene tatt ved A og B. Det synes litt merkelig at isen til stadighet har kunnet gi støtte for vannet på den ene sida. Den vil jo nokså snart smelte og eroderes bort. Nå kan det tenkes at isen er enda så tykk at den vil synke sammen slik at ny is stadig vil trenge på etterhvert som den vil eroderes. Is-skuringen som finnes enkelte steder tyder også på at det til sine tider har vært en viss bevegelse i isen.

På Furuberget synes forholdene å være helt like. Her kan en ikke se bort fra den effekten sprekksystemene i isen kan ha hatt. Brattkanten ned mot dalbunnen er her nesten 200m. I den første fase av den tilbakesmeltende- og nedsmeltende breen har nok det meste av dreneringen foregått subglacialt. Senere da isen har blitt så tynn at den har sprukket opp helt til bunns, har smeltevann runnet ned i sprekker og furer i isen og helt ned til undergrunnen. Kyrkjebø nevner at det foran en del av rennene og gjelene ligger ansamlinger av løsmateriale. Dette må være avsatt under isen på steder der det subglaciale smeltevannet ikke har hatt så stor hastighet og blei nødt til å avsette materialet.

Jettegrytene bak hotellet ved Fretheim kan bare være laget av

smeltevann som har gått under isen. Det må ha stått under trykk, for disse jettegrytene ligger under havets nivå. Det må da tenkes et lukket system av smeltevann som har drenert ut Sognefjorden. Det må nærmest være å betrakte som vann som strømmer i et nett av vannrør og hastigheten er avhengig av tverrsnittet på røret, trykket i rørene.

Det er påfallende at det hovedsakelig er i fyltitten disse formene er observert. Fyltitten er av den beskaffenhet at den er forholdsvis lett eroderbar, og at den samtidig bevarer gamle erosjonsformer forbløffende fint. Den rives ikke opp i kantete bruddstykker, men lar seg lett modellere med fine avrundede former og utoverhengende tak. Dessuten er den passe oppsprukket til at disse sprekker kan lede erosjonen. Det er ikke tvil om at det dype gjelet ved Berekvam også er betinget av en sprekk i fyltitten. Rosenlund nevner jo den nordsydgående oppsprekkingen i fyltittområdet (se geologisk oversikt).

De svake spor etter is-skuring som jeg finner nede i disse fluviale formasjonene, skulle tyde på at det har vært bevegelse i isen etter at disse formene var dannet. Hadde denne bevegelsen vært stor og av omfattende karakter skulle en vente en hel del av disse jettegryter og gjel hadde vært ødelagt. Nå er riktignok en del av gjelene styrtet sammen. Men denne sammenstyrtingen synes så tilfeldig og så avhengig av sprekker at det det snarere er et tegn på "tidens tann". Det synes som om isen har vært mer plastisk i områdene ved Seltuft enn nede i dalen ved Tunshelle og på Furuberget. Ved Seltuft er det is-skuring helt ned til bunnen av det trange gjelet, mens det på Furuberget bare finnes is-skuring i de øverste delene av gjelet og bare



det som tilsvarer en støtside. Skulpturene ved Vindhedlene og mellom Kleivavatn og Seltuftvatn som er nevnt tidligere, vil, tolket etter Johnson, være et utpreget resultat av en meget plastisk bre. Nede i dalen synes det mer som om isen bare har ligget og skubbet på seg. Dette skulle peke på at det har vært en kolossal avsmelting i lengre tid og at den på et sent tidspunkt fikk en ny framrykking og bevegelse i breene. Det er vanskelig å si noe om når dette skjedde, men jeg vil prøve å komme inn på det i et senere kapitel.

Et påfallende trekk ved en hel del av disse gjel er den forholdsvis slake helning det er på dem. Det lengste gjel som går over toppen av Furuberget f, eks. er praktisk talt horisontalt over et lengre stykke. (fig. 65 ) Lengdesnittene på pl. 6 viser også det forholdsvis svake fall på en canyon av slike dimensjoner. Det gjel som det virkelig er noe fall på er det nederste gjelet øst for Øyane. Men her er selve lia så bratt at den er nesten uframkommelig. Så det har sin naturlige forklaring. Disse slake fallene på gjelene vitner om de uhyrlige mengder smeltevann som en gang må ha strømmet her. De må ha stått under trykk og vært lastet med materiale.

Det er vanskelig å gi noen forklaring på at gjelene mellom Furuberget og Hagaberget, syd for Øyane og mellom Rond str. og Kleiva str. skal være så forskjellige fra de andre beskrevne gjelene.

Det store gjelet ved Berøkvam burde jo være nokså likt utformet som det som går mellom Hagaberget og Furuberget. De nederste delene av dette gjelet må være utrodert etter at havet sank fra sin stand på 135 m, da isen lå ved Furuberget. Etersom havet sank har elva erodert seg ned subaerilt og laget gjelet med de kantete, brutte formene.

Syd for Øyane kan det også tenkes at canyonen for det meste er

uterodert subaerilt, og at den subglaciale jettegryteformende drenering gikk lenger nord. Smeltevannet fra ismassene lenger i syd og vest (se s. 20) har gitt grunnlaget for den kolossale subaerile drenering.

Ved Rond str. er det vanskelig å tolke forholdene. Tydelig er det at dreneringen tidligere har gått i passet lengst til høyre på fig. 68. Ned lia fra dette passet er det litt avrundet fjell med spor etter jettegryter, men for det meste er sporene her ødelagt av nedrasninger og sammenstyrtinger. Der elva fra Rond str. kommer ned til Flåmselva ved Dalsbotn, ligger det noen terrasserte løsmaterialansamlinger (fig. 39). Det kan være mulig at disse kan settes i forbindelse med nedskjæringen mellom Rond- og Kleisdalen setrene.

Jeg ville tro at dette gjelet på grunn av sin form er dannet subaerilt eller i kanten av isbreen i Flåmsdalen, og at smeltevannet har gått ned under bretungen til dalbunnen, hvor materialet er avsatt.

Kort rekapitulering av de to foregående kapitler.

1. Det er tydelig at den subglaciale drenering har dannet hele gjel med store jettegryter, og at fjelloverflaten i det store og hele er blitt utsvarvet og nydelig skulpturert formet.

2. Isen synes å ha vært i bevegelse etter at de fleste av gjelene og jettegrytene var dannet. Altså må det ha vært en kolossal nedsmelting før ismassene igjen kom i bevegelse og kunne rykke fram.

3. Den siste avsmeltingen har først fulgt de førstdannede dreneringssystem og etter som isen smeltet vekk har elvene fått de løp de har i dag. Noen løp synes å være påvirket av erosjon av ellevann som har drenert subaerilt, på et meget tidlig tidspunkt. Her har vi ikke fått noen jettegryter eller utsvarvinger til tross for de store dimensjoner disse gjel har

i dag.

Årsaken til denne forskjell i utforming som det er på disse gjel kan muligens være at de er dannet under forskjellige dynamiske miljø. Den subglaciale drenering har runnet i et lukket system av vanntunneler. Hele volumet i tunnelene og dermed også i desubglacialt dannede gjel har vært fylt med smeltevann, mettet med materiale. Vannet må ha stått under trykk og beveget seg med meget stor hastighet. Virvler og rotasjoner i vannet må her være av en annen karakter enn de som dannes i subaerilt strømmende vann. Derfor får hele det subglaciale gjel den utsvarvede form og skulptur.

I et subaerilt dannet gjel kan det nok dannes jettegryter, men de blir ødelagt etterhvert som gjelet utvides og graves ned.

Dette er bare en antagelse. Jeg kan ikke forklare dette fenomen teoretisk.

Et forsøk på en pollenanalytisk tidsdatering.

Problemet for meg var om det lot seg gjøre å datere tidspunktet, da en bretunge i en dal trakk seg tilbake. Slik som pollenanalysen har utviklet seg i dag her i landet, så jeg denne metoden som den eneste som kunne gi et brukbart resultat med et forholdsvis overkommelig arbeid.

Av viktig betydning er det at den analyserte lokaliteten ikke ligger for isolert i forhold til andre pollenanalyserte områder. Det gjelder at en kan knytte resultatene til andres uten at avstanden blir for stor. Nå er det gjort så og si kontinuerlige pollenanalyser fra Oslofjordområdet rundt Sørlandet og et stykke oppover Vestlandet. Etter nærmere konferanse med dosent Hafsten, mente han at Flåm ikke ville være så isolert, sett ut fra de pollenanalytiske arbeider som er gjort her i landet, og han mente det kunne gi visse resultater.

Prinsipper.

Ved å analysere en myrprofil ville jeg kunne finne tidspunktet da isen forlot området eller rettere, det tidspunkt da pollen-korn begynte å sedimentere i tjernet eller myra. Betingelsene måtte være at det var vegetasjon tilstede som kunne gi opphav til pollensedimentasjonen, slik at ikke tidspunktet blei for langt fra isen forlot området, til vegetasjonen kom. For mitt vedkommende ville det være av betydning å få analysert de eldste delene av avsetningene i et tjern eller ei myr. Det var da bare nødvendig å ta prøvene i de dypeste delene av et basseng. Jeg bestemte meg for at den underste halvmeteren ville gi et entydig resultat for min datering.

Ved valg av lokalitet er det av betydning for resultatet at



lokaliteter tilfredsstillende visse krav. Vesentlig er det at sedimentasjonsbassenget virkelig blei et sedimentasjonsbasseng så snart isen trakk seg tilbake. Det vil si at det måtte ligge slik til at smeltevann ikke kunne forstyrre sedimentasjonen. I en dalbunn er det svært vanskelig å finne en slik lokalitet. Smeltevann kan nær sagt komme fra hvilken som helst retning, og utrasninger kan skje til stadighet dersom dalsidene er bratte.

Et annet forhold som spiller inn her er at lokalitetens høyde over havet må være større enn stedets marine grense. Ligger den lavere, vil havet trenge inn i bassenget og forstyrre pollensedimentasjonen.

#### Lokalitetsbeskrivelse.

Det var altså av vesentlig betydning å finne en lokalitet som kunne tilfredsstille disse krav. Den måtte ligge over 135m o.h. og ligge så fritt til at smeltevann ikke kunne komme inn i bassenget etter at isen forlot området. Samtidig måtte det ligge midt i dalen slik at bassenget blei blottlagt i det isen trakk seg tilbake og da kunne gi tidspunktet for den siste isbre av noen betydning i dalen.

Lokaliteten jeg valgte ut ligger på Furuberget i Flåmsdalen i ca. 190m o.h. og i den østre enden av den lange canyon som går nesten over hele Furuberget. Lokaliteten er merket av med P på pl. 5 . Som det framgår av denne plansje ligger lokaliteten isolert fra dalsidene, samtidig som den ligger høyere enn dalbunnen ellers, og har praktisk talt skråning til alle kanter. Dette gjelet ligger altså slik til at så snart isen smeltet vekk fra Furuberget ville smeltevannet slutte å renne i dette gjelet. Jettegrytene ville på det tidspunkt bli stående fylt med vann og intet nytt vann ville kunne forstyrre sedimentasjonen i disse små basseng. Lokaliteten er ei jettegryte som ligger på det høyeste punktet i dette

gjelet. Bildet på fig. 65 er tatt fra denne lokalitet og vestover. Gjelet er her helt flatt og fylt med åpent vann og myrer. Alt som sees på dette bildet drenerer med en liten bekk vestover. Jettegryta der jeg tok prøven har ikke mulighet for å drenere vestover i dag, men har sitt laveste punkt i øst. Jettegryta har en diameter på 4 m og står alltid fylt med vann. Langs kantene er den for det meste igjengrodd.

#### Feltarbeid.

Da jeg tok prøvene 13/12-1962, var det is på vannet. Jeg kunne da stikke flere steder til jeg fant det dypeste stedet. Jeg kom 5 m under iskanten. Prøven blei tatt med en Hiller torvbor utstyrt med en kanne på 50 cm lengde. Jeg tok bare opp en kanne, altså den dypeste halve meteren i jettegryta. Helt underst støtte jeg på et lag som boret stanset i. Jeg kunne høre tydelig skrapelyd og etter de erfaringer jeg har med vanlig sonderbor, kunne dette tyde på at boret skrapte i sand, grus og grovere løsmateriale. Nå er det imidlertid umulig å bore gjennom så grove lag med et Hiller torvbor, så jeg kan ikke si hvor dyp jettegryta egentlig er.

De underste 6 cm i prøven besto vesentlig av fin, blå leire med små fyltittfliser som kunne være opp til 1/2 cm lange og ganske tynne. Jeg ville tro det var leire som dannes ved forvitring av fyltitten som jettegryta er formet i. Over dette var det grov detritus gytje. Den inneholdt synlige trerester. Det var umulig for meg å bestemme disse trerestene. Gytjen syntes å være fri for mineralkorn.

Prøver for preparering er tatt ut for hver 5 cm i prøveproppen. I den nederste delen ved overgangen mellom gytjen og leira er prøvene tatt tettere for om mulig å få med de variasjonene som måtte forekomme omkring denne kontakten. (Hafsten 1956)

#### Prepareringsmetoder.

Prepareringen er utført etter modifisert Erdtmann's KOH-metode gjengitt i Fægri & Iversen 1950 (Fægri & Iversen 1950). For å fjerne mineralkornene i de dypeste prøvene nyttet jeg den modifiserte Assarson og Granlund's HF-metode slik den er gjengitt hos Fægri & Iversen 1950. Preparatene er farget etter Fægri's fuchsin fargebehandling.

#### Pollenanalysen.

For mitt formål var det nok å telle ca. 800 treslags pollen (AP) p.r. spektrum. (Hafsten 1956). Det jeg var interessert i, var å få de store trekk i vegetasjonen i området i Flåm.

#### Pollendiagrammet pl.7

Diagrammet er tegnet etter de esensielle prinsipper som er lagt av Fægri & Iversen (1950). Signaturen for pollenkurvene er tatt etter Hafsten (1956).

##### a. Strategrafien.

Helt til venstre på diagrammet er tegnet inn et snitt gjennom lagfølgen for prøven. Sedimentsignaturen er tatt etter Fægri & Iversen (1950).

##### b. AP diagrammet.

Her er regnet med alle treslagspollen, arboreal pollen (AP). De mest framtrædende er tegnet inn med sammenhengende kurver. De mer sjeldne er skrevet på spektrallinjene med prosentangivelse bak. Kurven for hassel (Corylus) er tegnet inn i QM diagrammet. Dette er gjort bare fordi mengdene av hassel er så små at kurven ikke ville komme fram på målestokken i AP diagrammet.

c. QM diagrammet.

Dette diagrammet har en forstørret målestokk og viser fordelingen av eikblandingsskog (alm, lind, eik) (Ulmus, Tilia, Quercus). Samtidig er her tegnet inn kurven for hassel på grunn av den større og mer anskuelige målestokk.

d. Total diagrammet.

Det tredje diagrammet er total diagrammet som viser den prosentvise fordeling av AP og NAP (urtepollen, non arboreal pollen)

e. NAP diagrammet.

Dette diagrammet viser fordelingen av urtepollen (NAP). De mest framtrædende er tegnet med sammenhengende kurver. De mer sjeldne er bare skrevet på spektrallinjene med prosent angivelsen bak.

En del andre pollenkorner som ikke er tatt med i utregningen for vindbestøvende urter, er gjengitt i tabellen på fig. 7 Her er også tatt med de sporetyper som er telte. Alle tallene i denne tabellen angir telte pollenkorner.

f. AqP diagrammet.

Det siste diagrammet viser variasjonen av vannplantepollen aquatic plant pollen (AqP). Basis for utregningen er her AP + NAP + AqP.

En serie av andre microfossiler som angir at det har vært ferskvannsavsetninger så som Pediastrum og Botryococcus, er registrert i alle preperatene.

g. Soneinndelingen.

Ytterst til høyre er angitt soneinndelingen. Systemet for inndelingen er tatt etter Jessen, og navnene på sonene etter Blytt (Hafsten 1956).



Oversikt over soner og navn på Sen- og postglacial tiden slik den framkommer i norske pollendiagrammer. (Hafsten 1956).

	Sone	Navn	Årstall
	IX	Subatlanticum	2500
Post- glacial	VIII	Subboreal	5000 -2500
	VII-VI	Atlanticum	7500 -5000
	V	Boreal	9500 -7500
	IV	Preboreal	10000-9500
<hr/>			
	III	Yngre dryas (Ratid)	10800-10000
Sen-	II	Allerød	11700-10800
glacial	I	Eldre dryas	13500-11700

Karakteristikk for vegetasjons- og klimautviklingen i Syd-Norge i sen- og postglacial tid.

Denne karakteristikk har jeg vesentlig tatt etter Hafsten (1956 og 1962). Den gjelder da vesentlig for Oslo-traktene. Senere vil jeg komme med de kommentarer og resultater andre forskere har til sine undersøkelser i mer nærliggende strøk til Flåm. Jeg tar vesentlig for meg preboreal og boreal-perioden, da disse synes å ha verdi for mitt arbeid fra Flåm.

Preboreal periode- Bjørkeperioden.

Hafsten nevner et åpent skogdekke nesten utelukkende bestående av bjørketrær. Litt osp og einer fantes det også, og hist og her syntes til og med furua allerede å ha innfunnet seg. Selje og vier mener han må ha spilt en vesentlig rolle. Ellers er vegetasjonen karakterisert ved et egenartet pionersamfunn. Det består av utpregete lyselskende og også temmelig varme-krevende urter og busker. Hafsten mener at disse må ha hatt gode betingelser i den lysåpne bjørkeskogen. Dette gjelder arter som tendved (*Hippophaë rhamnoides*) og steppebusken *Ephedra*.

Urter som malurt (Artemisia) og syre (Rumex) viser også stor utbredelse i hele preboreal tiden. Ellers påviser Hafsten den sparsomme opptreden av utpregete arktiske planter. Dette viser at klimaet umiddelbart etter ratid i Oslo-traktene må ha vært temperert, ikke arktisk slik man tidligere hadde trodd.

Boreal periode - Furu-hasselperiode.

Ved overgangen til denne periode påviser Hafsten en stor forandring i vegetasjonen. Bjørka blir til en viss grad erstattet av furu og hassel. Skogdekket blir tettere. De lyselskende pionerplantene forsvinner. Skillet mellom denne perioden og den foregående setter Hafsten ved oppgang i furu- og hasselkurvene og nedgang i bjørkekurven.

Nye trær som innvandret i denne perioden er or (Alnus) og eikblandingsskogen, vesentlig bestående av alm og eik. I slutten av perioden begynner disse å få en forholdsvis stor utbredelse.

Atlantisk periode - Or -alm - lindeperioden.

Hafsten påviser en omvelting av skogsammensetningen på overgangen mellom boreal og atlantisk tid. Hassel og furu går tilbake, mens or og alm rykker fram. Dette tar han som et tegn på at klimaet slo om til å bli både varmere og fuktigere enn tidligere. To andre planter, bergflette (Hedera) og misteltein (Viscum) er med og bekrefter denne kolossale klima forandring.

Fægri (1940) karakteriserer den preboreale periode ut fra undersøkelsene på Jæren som bestående av ren bjørkeskog og en del selje og vier. Mer varmekjære trær som or, eik og alm forekommer i små mengder. Fægri ser bort fra at disse pollen kan være kommet med fjernttransport. Furu spiller en viss rolle og viser en stigning med avtagende bjørkekurve. Den empiriske pollengrense for hassel ligger omtrent midt i denne

periode, mener Fægri.

Grensen til neste sone, boreal periode setter Fægri ved den rasjonelle hasselgrense. Her finner han også en stigning i furukurven. Det bemerkelsesverdige her er det kolossalt store boreale hasselmaksimum som kommer så tidlig i denne sone. Han mener av dette at hasselen muligens innvandret før til Jæren enn for eksempel til Oslo området. Noe annet som går igjen fra hans diagrammer fra kystområdet er at dette hasselmaksimum er delt i to. Dette mener han er et typisk maritimt trekk.

Denne soneninndeling som Fægri har fra Jæren er nå datert ved radiocarbonmetoden (Hafsten 1960). De underste lagene har en alder av  $13000 \pm 400$  år. Vekst og klimagrenser som Fægri trekker skulle da kunne dateres ut fra dette, sammenlignet med dateringer fra Oslo-traktene og Danmark. Preboreal og borealperioden skulle da henholdsvis være fra 10000-9500 og 9500 - 7500 år.

De samme trekk i vekstvariasjonene kommer fram i Fægri's arbeid fra Bømlo (Fægri 1943). I diagrammet fra Langhamrane som etter Fægri's tolking går tilbake til slutten av Yngre dryas (ra-tid) har han skillt lyngarter og kreklingarter. (Calluna og Empetrum). Krekling dominerer i de eldste avsetningene, mens røsslyng gjør seg mer gjeldende ettersom klimaet forbedret seg. Bemerkelsesverdig er det at Fægri finner or, alm og hassel helt ned i bunnen av disse sedimentene altså i avsetninger han mener tilhører yngre dryas og preboreal.

I sitt arbeid om granas innvandring mener Fægri (1949) å ha funnet subboreale avleiringer både i Skutletjern ved Voss og Botnavatni Luster i Sogn. I et upublisert arbeid fra Banatjern på Bjørkemoen ved Voss mener han også å komme tilbake til preboreal tid. Begrunnelsen for dette er de store overenstemmelser disse diagrammer har med hans tidligere

arbeider fra Bømlo og Jæren. I disse diagrammene er det bare 2-3 spektra som hører til preboreal. Det kunne synes litt lite å bygge denne konklusjon på bare 2-3 spektra, men Fægri mener allikevel at overenstemmelsen er så god at han kan trekke sonegrensene.

Diagrammet fra Furuberget, Flåm.

Det framgår av AP diagrammet at bjørk dominerer i de dypeste spektra. Ved maksimum er det hele 94% bjørkepollen. Hele 8 spektra er med og underbygger dette bjørkemaksimum. Mot toppen avtar bjørkekurven jevnt.

Furukurven viser nesten et speilvendt bilde av bjørkekurven. Dette viser at AP diagrammet fullstendig er dominert av disse to treslag. Mot toppen viser furukurven en jevn stigning. Kurven for vier og selje (*Salix*) viser en jevn tilstedeværelse av disse planter gjennom hele snittet. Litt større mengder i de underste spektra enn i de øvre.

Or er sporadisk tilstede i de dypeste spektra. Høyere oppe får den et sammenhengende forløp, men holder seg under 3% gjennom hele resten av snittet.

Hasselkurven viser et liknende forløp, men den er sammenhengende gjennom hele snittet. Mot toppen viser den en markant stigning.

Eikblandingsskogskurven viser ingen sammenhengende kurve før over 30cm fra bunnen. Under dette sektrum forekommer bare alm sporadisk. I spekteret ved 4,8 er det bare tallet et lindepollen. Dette kan skyldes en forurensning. Ved toppen av snittet viser kurven for eikblandingsskogen et tydelig oppsving. Den består her av alm og eik.

Av NAP diagrammet vil jeg nevne lyngkurven (*Ericales*). Den er her satt sammen av krekling og røsslyng. Denne kurven viser et markant maksimum i de dypeste spektra. I tellejournalen har jeg her merket av at lyngpollen alt overveiende består av krekling i de underste spektra. Ettersom jeg er kommet høyere oppi snittet begynner røsslyng mer å gjøre seg



gjeldende. Dette viser samme forhold som Fægri nevner og påviser fra Langhamrane på Bømlo. Dette mener han er et typisk trekk for klimaforbedring.

Kurven for syre (Rumex) viser et sammenhengende og maksimalt forløp for de dypeste spektra, Mot toppen minker den og faller helt ut.

Tilstedeværelsen av malurt i de dypeste prøvene skulle også være med å peke på forhold Hafsten nevner fra Oslo området. Pioner-planten tindved (Hippophaë) har også vokset i Flåm, eller nærliggende strøk. Denne er jo et typisk trekk fra de eldste avleiringene fra Oslofjorden til Vestlandet.

Sammenligner jeg mitt diagram med Fægri arbeider fra Luster, Voss og Bømlo, og de karakteristikker som Hafsten nevner for preboreal og boreal perioden fra Oslo traktene, vil en se at de sonegrenser jeg har satt i mitt diagram stemmer godt overens med alt dette. Jeg har trukket grensen mellom preboreal og boreal på grunn av den markante stigning i furukurven og hasselkurven og det like markante fall i bjørkekurven. Dette er de samme grenser som Fægri trekker i sine diagrammer fra Jæren og Bømlo.

Sammenligner jeg mitt diagram med det Fægri har fra Langhamrane på Bømlo, synes dette i sine eldste deler å stemme godt overens med mitt diagram. Dette skulle vise at praktisk talt hele den preboreale periode skulle være representert i mitt diagram. Og at det øverste spektrum akkurat skulle gi overgangen til den boreale periode.

De felles trekkene ved min preboreale del og de tidligere nevnte pollendiagrammer skulle være:

1. Høy bjørkeprosent.
2. Lav furuprosent.
3. Tilstedeværelsen av tindved (Hippophaë).
4. Tilstedeværelsen av vier og selje.
5. Mye lyng og vesentlig krekling.

6. Tilstedeværelsen av malurt (*Artemisia*) og syre (*Rumex*).

7. Lite og usammenhengende opptreden av eikblandingsskog og or og lite hassel.

Jeg kan ikke se annet enn at dette skulle være med å vise nokså sikkert at bunnen i jettegryta på Furuberget skulle tilhøre den preboreale periode. Et er nokså sikkert, overensstemmelsen i vegetasjonen som mitt diagram og de andre omtalte pollenanalyser viser, skulle tyde på en nokså lik vegetasjon. Problemet er nå om også dette skulle tilsi samme tidspunkt. Altså, om synkron vegetasjon vil si det samme som synkron tid. Setter en vegetasjonen i forbindelse med klimavariasjoner, og er klimavariasjonene forholdsvis like over et større område, vil også vegetasjonen tilsi synkronitet i tid. En kan også forklare vegetasjonsvekslingen som en årsak av plantenes innvandring og konkurranseevne seg imellom (Hafsten 1962). Da blir det hele mer komplisert og vanskelig å følge. Det eneste som kan gi en helt sikker forklaring på dette er radiocarbon-dateringer. Dette vil gi absolutte verdier for tid, og så kan en se om forandringene i plantesamfunnene som framkommer i pollendiagrammene stemmer overens med de klima og tidsperioder som framkommer ved dateringene.

Nå viser det seg i store trekk at de grenser og soner som pollenanalytikerne setter ut fra sine tolkninger av diagrammer stemmer godt overens med de radio-carbon dateringer som er gjort her i landet og i Danmark. Dette stemmer like godt over et ganske stort område (Oslo traktene og Jæren).

Det skulle da regnes med at de snegrenser jeg har trukket i mitt diagram også skulle være tidsgrenser. Det vil da si at denne jettegryta på Furuberget er blitt et sedimentasjonsbasseng for pollenkorner tidlig i preboreal tid, altså umiddelbart etter ratid. Furuberget må altså ha vært dekket av is under ratid, men blitt nokså fortisfritt etter at klimaforbedringen kom etter ratid.

Pollendateringen sett i sammenheng til de kvartærgeologiske undersøkelser.

Framrykksmorenene og de før skisserte frontavsetninger som skulle høre til samme aktive breframstøt, skulle altså representere de siste aktive bremassene i dette området. Har isen ligget ved Furuberget i ratid og lagt opp terrassene som angir marin grense, kunne den godt ha dekket jettegrytene på Furuberget. Disse ville da blitt isfrie og åpne sedimentasjonsbasseng tidlig i preboreal. Morenene ved Aushovden og ved Ryggvellevatnet skulle etter dette være avsatt i ratid. Etter de pollenanalytiske arbeider som er gjort her i landet, er det ikke påvist noen klimaforverring som har kunnet gi opphav til aktive breer av stor utbredelse i post-glacial tid. Det eneste er klimaforverringen etter subboreal tid 500 år f.Kr. Nyere undersøkelser fra Jotunheimen (Østrem 1960) har vist at morener som var antatt å være fra 1750 framstøtet viste seg å inneholde is som var 2500 år gammel, men dette er bare maksimal alder for morenene. Dette kan imidlertid vise at den subatlantiske klimaforverring har gitt opphav til breer av litt større omfang enn de vi finner her i landet i dag. Den siste store klimaforverring i sen- og post glacial tid som er påvist pollenanalytisk og som også påviselig har gitt nytt liv i en tilbakerykkende bremasse her i landet (med framrykksmorener og store frontavsetninger) er yngre-dryas eller ratid.

Før denne tid hadde vi en forholdsvis gunstig tid med klimaforbedring. Allerød tiden.

Den to-delning jeg finner i de subglaciale dreneringsgjel ved Seltuft og i Flåmsdalen, (først avsmeltningsdrenering og så is-skuring nede i dreneringsgjelene) skulle tyde på at det først har vært en kraftig avsmelting med liten eller ingen bevegelse i isen, så en ny bevegelse i ismassene igjen som må være forårsaket av en klimaforverring. Dette peker jo også

mot det samme som er nevnt ovenfor. Den første større avsmelting skulle altså da ha kommet i Allerød tid. Denne har satt spor etter seg ved de subglaciale gjel og jettegryter. De samme dreneringssystem har nok også vært i bruk under avsmeltingen etter ratid.

Årsaken til at jeg bare finner avsmeltings fenomener vest for Flåmsdalen, må være at disse områder har ligget så sentralt og at isranden må ha ligget lenger mot nord til Sognefjorden på denne tiden. Derfor har jeg i disse trakter bare funnet spor etter den døde isavsmelting etter ratid og gjennom de første deler av den postglaciale varmetid.

Alle disse konklusjonene er jeg blitt nødt til å trekke ut fra tolkinger jeg har til pollendiagrammet fra Furuberget. Det kan jo være, som jeg også har pekt på tidligere, at disse tolkinger er gale. Det eneste som kan løse problemet er radiocarbondateringer av disse organiske sedimentene i bunnen på jettegryta.



Litteraturhenvisninger.

Forkortelser:

N.G.U.	Norges Geologiske Undersøkelse.
N.Geogr.T.	Norsk Geografisk Tidsskrift.
A.M.N.	Archiv for Matematik og Naturvidenskab.
Geogr. Ann.	Geografiska Annaler.
B.U.	Bergen Universitets Årbok.
B.M.	Bergen Museums Årbok.
N.S.B.	Norges Statsbaner.

- |                             |      |   |
|-----------------------------|------|---|
| Andersen B.                 | 1954 | Randmorener i Sørvest Norge.<br>N. Geogr.T.bd.XIV, h 5-6.1954.  |
| —                           | 1959 | Sørlandet i sen- og postglacial<br>tid.N.G.U.nr.210.  |
| Brøgger W.C. og<br>Reuch H. | 1874 | Riesenkessel bei Christiania.<br>Ztsch.d.deutsch.geol.Ges.26.Berlin.  |
| Charpentier Jean de         | 1841 | Essai sur les glaciers et sur le<br>terrain erratique du bassin du<br>Rhône Lousanne 1841. se Brøgger 1874                            |
| Flint R.F.                  | 1957 | Glacial and Pleistocene geology.  |
| Fægri K                     | 1940 | Quartärgeologische Untersuchungen<br>im Westlichen Norwegen II.Zur<br>spätquartären Geschichte Jærens.<br>B.M. 1939-40 naturv.R.nr.7. |
| —                           | 1943 | Studies on the Pleistocene of<br>western Norway III.Bømlo.B.M.<br>1943 naturv.R.nr.8.   |

- Fægri K. 1949 Studies on the Pleistocene of western Norway IV. U.B. 1949. naturv.R.nr.1
- Fægri K.og Iversen J. 1950 Textbook of modern pollen analysis. Copenhagen 1950.
- Gjessing J. 1960 Isavsmeltingens drenering i Nordre-Atnadalen. Ad Novas 3.
- Hafsten U. 1956 Pollen-analytic investigations on the late Quarternary development in the inner Oslofjord area.B.U. 1956. naturv.R.nr.8
- 1960 Se Høltedahl 1960.
- 1962 Hva myrer og tjern kan fortelle. Oslo-traktene gjennom 10000 år. Naturen nr.8 1962.
- Hansen A.M. 1886 Om seter eller strandlinjer i store høyder over havet. A.M.N. 10.
- Hollingworth 1951 Pot-holes and glacier mills, some comments on Dr.R.Streiff-Beckers Article.Journ. of Glaciology. v.1 nr.9 1951.
- Holmsen G. 1915 Brødemte sjøer i Nordre Østerdalen. N.G.U. 73.
- Høltedahl O. 1953 Norges geologi. N.G.U. nr. 164.
- (redaktør) 1960 Geology of Norway. N.G.U.nr. 208.

- Johnson G. 1956 Glacialmorfologiska studier i Södra Sverige. Medd. Lunds Univ. Geogr. Inst. avh. 31.
- Kvale A. 1960 International geological congress XXI session Norden 1960. Guid to excursions no. 177 and no. C4.
- Kyrkjebø A. 1953 Geomorfologi fra Høyanger området og strandlinje og isavsmeltings studier fra Sogn. Hovedoppgave i fysisk geografi. B.U. høst 1953.
- Mannerfelt C.M. son 1945 Några glacialmorfologiska form-element. Geogr. Ann. 1945.
- N.S.B. 1960 Sluttraport for Flåmsdalen. Hovedstyret for Statsbanene 1960.
- Rekstad J. 1905 Fra Indre Sogn. N.G.U. nr. 43.
- Reusch H. 1874 Se Brøgger 1874.
- 1917 Nogen bemerkninger i anledning av setene i Østerdalen. N.G.U. nr. 81.
- Rosberg J.E. 1925 Jättegrytor i Södra Finland. Fennia 46. no 1.
- Rosenlund 1924 Sluttraport for Flåmsdalen. Hovedstyret for Statsbanene 1960.
- Sexe S.A. 1874 Jättegryder og gamle strandlinjer i fast klippe. Universitetets program for førstesemester. Christiania 1875.

- Streiff-Becker P. 1951 Pot-holes and glacier mills. Journ. of  
Glaciology. v.1 nr.9.1951.
- Østrem G. 1960 Breer og morener i Jotunheimen.  
N.Geogr. Tidskr. nr.1-4 1960.
- Ångeby O. 1951 Evorsion i recenta vattenfall. Medd.  
Lunds Univ. Geogr. Inst. nr.19 1951.
- 1952 Recent, subglacial and lateroglacial  
pothole-erosion (evorsion). Lund  
Studies in Geogr. Ser. A. Nr3.