

# RAPPORT

## Breheimen - Mørkrisdalen

Geologi og landformer



Asbjørn Rune Aa og Eivind Sønstegaard

R-NR 1/2006

AVDELING FOR INGENIØR- OG NATURFAG

 HØGSKULEN I  
SOGN OG FJORDANE

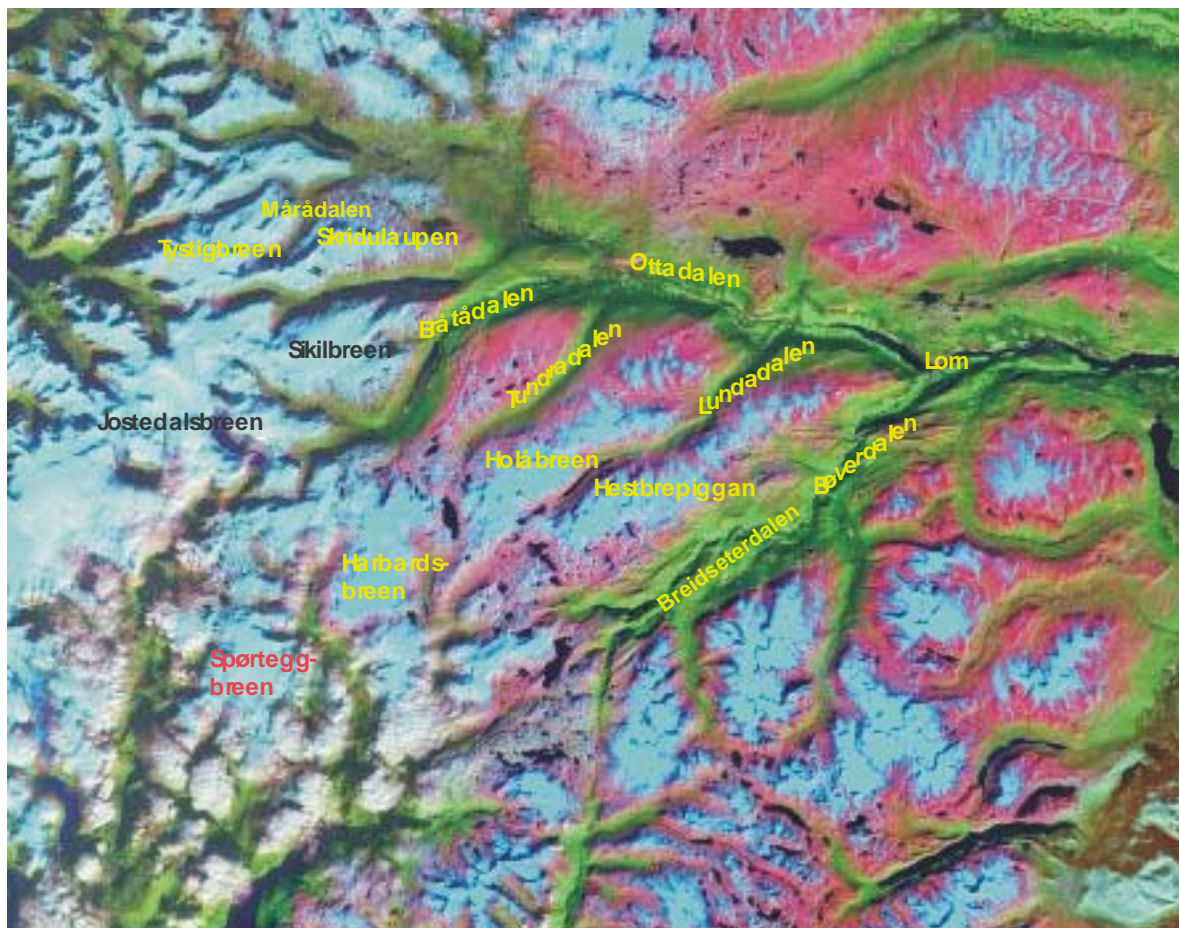


<b>TITTEL</b>	<b>RAPPORTNR.</b>	<b>DATO</b>
<b>Breheimen – Mørkrisdalen. Geologi og landformer</b>	<b>1-06</b>	<b>29.12.2006</b>
<b>PROSJEKTTITTEL</b>	<b>TILGJENGE</b>	<b>TAL SIDER</b>
<b>Geologi og kvartærgeologi i Breheimen (i Luster, Skjåk og Lom kommunar)</b>	<b>Open</b>	<b>111</b>
<b>FORFATTAR</b>	<b>PROSJEKTLEIAR/-ANSVARLEG</b>	
<b>Asbjørn Rune Aa og Eivind Sønstegeard</b>	<b>Tom Dybwad (Fylkesmannen) Asbjørn Rune Aa og Eivind Sønstegeard (HSF)</b>	
<b>OPPDRAKSGJEVAR</b>	<b>EMNEORD</b>	
<b>Fylkesmannen i Sogn og Fjordane</b>	<b>Berggrunn, landformer, isavsmelting, brear</b>	
<b>SAMANDRAG / SUMMARY</b>		
<p>Berggrunnen i Breheimen er todelt med grunnfjellsgneis og granitt i nordvest, og kambro-silur og fyllitt i søraust. Grunnfjellet som er homogent og lyst på farge, gir landskapet eit lyst preg med massive og avrunda terrengformer. Som kontrast gir mørke kambro-silurbergarter mørkare landskap med rette liner, foldar, plan og brattkantar. På grunnfjellet er det meir sparsomt med lausmassar enn på fyllitten som forvitrar lettare. Innlandsisen hadde eit høgdedrag om lag der vasskiljet er i dag. Frå dette strøymde is mot nord og sør. Ei tid kom også is frå Jotunheimen mot sørvest i Breheimen. Lokalbrear har danna eit delvis alpint landskap med botnbrear. Platåbrear med små utløpsbrear er den andre hovudtypen av brear. I Dumdalen finst ei rekkje kalkgrotter som det elles er få av i Sør-Norge.</p>		
<b>PRIS</b>	<b>ISSN</b>	<b>ANSVARLEG SIGNATUR</b>
	<b>0806-1688</b>	
	<b>ISBN</b>	<i>Tarald Seldal</i>
	<b>82-466-0087-7</b>	

# Innholdsliste

<b>1 INNLEIING</b> .....	1
<b>2 TIDLEGARE ARBEID</b> .....	4
<b>3 BERGGRUNN</b> .....	6
3.1 Grunnfjell.....	7
3.2 Kambro-silur.....	7
3.3 Geologisk profil i Flåklypa, Bøverdalen .....	8
3.4 Berggrunnen i Høydalen.....	9
3.5 Berggrunnen i Mørkrisdals-området.....	9
3.6 Geologisk profil langs turistruta Mørkrisdalen - Åsete - Fast.....	11
<b>4 LANDFORMER</b> .....	12
<b>5 KVARTÆRGEOLOGISK HISTORIE</b> .....	18
5.1 Brerørsler .....	18
5.2 Isavsmelting.....	21
5.3 Preboreale brerandavsetningar.....	23
5.3.1 <i>Gaupne stadial</i> .....	23
5.3.2 <i>Høgemo-stadiet</i> .....	26
5.3.3 <i>Morener i Høydalen og Dumdalen</i> .....	30
5.3.4 <i>Den endelege isavsmeltinga</i> .....	32
5.4 Morener frå ”Den vesle istida” (ca. 1400 – 1850).....	35
<b>6 FORVITRING OG SKRED</b> .....	37
<b>7 DELOMRÅDA</b> .....	40
7.1 Dalar .....	40
7.1.1 <i>Jostedalen</i> .....	40
7.1.2 <i>Vigdalen</i> .....	40
7.1.3 <i>Vanndalen, og Spørteggbreen si historie</i> .....	45
7.1.4 <i>Fagredalen – Holmevatnet - Holmevassnosi</i> .....	48
7.1.5 <i>Sprongdalen og Sprongdalseggi</i> .....	49
7.1.6 <i>Mørkrisdalen</i> .....	50
7.1.7 <i>Åsete-området med Soleiebotnane</i> .....	55
7.1.8 <i>Fortunsdalen</i> .....	59
7.1.9 <i>Randmorener og plastiske former i Granfasta-dalen</i> .....	61
7.1.10 <i>Nørdstedalen</i> .....	62
7.1.11 <i>Rauddalen</i> .....	66
7.1.12 <i>Middalen</i> .....	67
7.1.13 <i>Mårådalen</i> .....	68
7.1.14 <i>Breiddalen</i> .....	69

7.1.15	<i>Mysbyttaldalen</i>	69
7.1.16	<i>Tundradalen</i>	71
7.1.17	<i>Lundadalen</i>	72
7.1.18	<i>Bøverdalen</i>	73
7.1.19	<i>Breidsæterdalen mellom Krossbu og Bøvertun</i>	74
7.1.20	<i>Høydalen</i>	76
7.2	Breiar og alpine område	77
7.2.1	<i>Hestbreområdet</i>	77
7.2.2	<i>Holdåbreområdet</i>	79
7.2.3	<i>Sekkebreen og Storegrovbreen</i>	80
7.2.4	<i>Tverreggibreen</i>	81
7.2.5	<i>Greinbreen</i>	83
7.2.6	<i>Høgsetbreen</i>	84
7.2.7	<i>Østre og Vestre Høybre</i>	84
7.2.8	<i>Nordre og Østre Tundradalskyrkjebreen</i>	85
7.2.9	<i>Hestedalshøgdebreen</i>	87
7.2.10	<i>Raudeggbreen og Mårådalsbreen</i>	87
7.2.11	<i>Skridulaupen</i>	88
7.3	Grotter og karst i Dumdalen	89
7.3.1	<i>Elvegrottene</i>	91
7.3.2	<i>Dalsidegrottene</i>	91
7.3.3	<i>Geitågrottene</i>	92
7.3.4	<i>Oppsummering</i>	93
<b>8</b>	<b>SAMANDRAG</b>	95
<b>9</b>	<b>SAMLA VURDERING AV DET UNDERSØKTE OMRÅDET</b>	97
9.1	Generell karakteristikk	97
9.2	Verditypar	97
9.3	Viktige kvalitetar og område	97
<b>10</b>	<b>ORDFORKLARINGAR</b>	99
<b>11</b>	<b>FIGURLISTE</b>	101
<b>12</b>	<b>LITTERATUR</b>	105



**Fig. 1** Satelittfoto av Breheimen og delar av Jotunheimen (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>)

## 1 INNLEIING

Breheimen er her avgrensa til fjellområdet og dalane mellom Jostedalen, Lustrafjorden, Sognefjellsvegen og Ottadalen (Fig. 2). Jostedalsbreen og dalføre på strydesida av Jostedalsbreen vert ofte rekna som del av Breheimen, men desse områda er ikkje med i utgreiingsområdet. Breheimen ligg i kommunane Luster, Skjåk og Lom. Rapporten skal gje ei samanstilling av kjend kunnskap og eige feltarbeid i området

I Stortingsmelding nr 62 (1991-1992) "Ny landsplan for nasjonalparker og andre større verneområder i Norge" er Breheimen-Mørkrisdalen eit av dei områda som skal utgreiast for vern etter naturvernlova. Både nasjonalpark og landskapsvern er aktuelle verneformer, og naturreservat kan og vere aktuelt i nokre mindre område. Fylkesmennene i Oppland og Sogn og Fjordane er ansvarlege for å utarbeide verneframlegg og konsekvensutgreiing. Dokumentasjon av geologi og landformer er eit av fleire utgreiingstema.



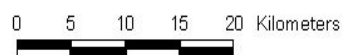
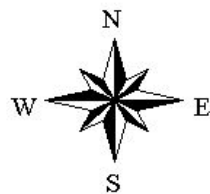
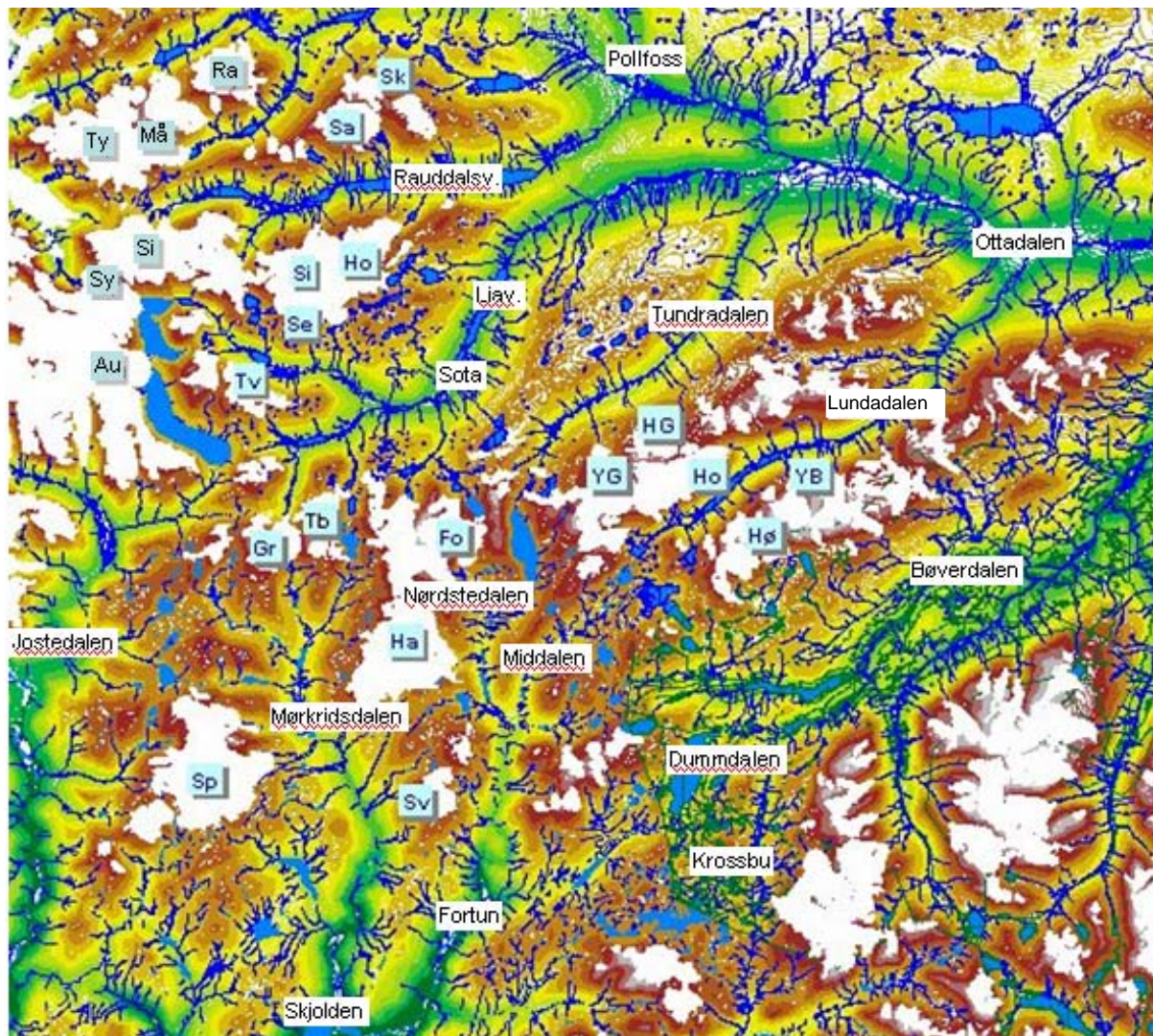
**Fig. 2** Oversiktskart. Utgreiingsområdet for vern etter naturvernlova er merka med gult, brear med turkis og vatn med blått.

Oppdraget er gitt av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane v. Tom Dybwad, til Høgskulen i Sogn og Fjordane ved E. Sønstegeard og A. R. Aa

Rapporten er i hovudsak utarbeidd på grunnlag av feltarbeid i 2004 og 2005. Vi har gått opp dalføra og til nokre toppar på austsida av Jostedalen, i Mørkridsdalen og Åsete-området. Vidare har vi gått/køyr opp Fortunsdalen, Nørdestedalen og Middalen. I dei austlege delane har vi gått frå Sognefjellsvegen mot vest, til Storevatnet, Dumdalen, Høydalen og Bøverdalen, og i nord til Sota og Mysubyttaldalen.

Sidan tidsramma var knapp og området er stort og til dels vanskeleg tilgjengeleg, har vi leigt småfly for å få eit oversyn. Ein dag (16.09.04) med sjøfly frå Førde nordaustover til Lom. I tillegg ein dag (30.09.04) med småfly frå Sogndal over utvalde delar av Breheimen. Dette har gitt eit godt oversyn, og eit omfattande fotomateriale, med digitale foto og dias. Rapporten byggjer i tillegg på tilgjengeleg kartmateriale og litteratur. Etter førsteutgåva i 2005 er rapporten no utvida med meir dokumentasjon frå Opplandsida.

Ord merka med stjerne (\*) er nærare omtalte i Ordforklarings bak i rapporten.

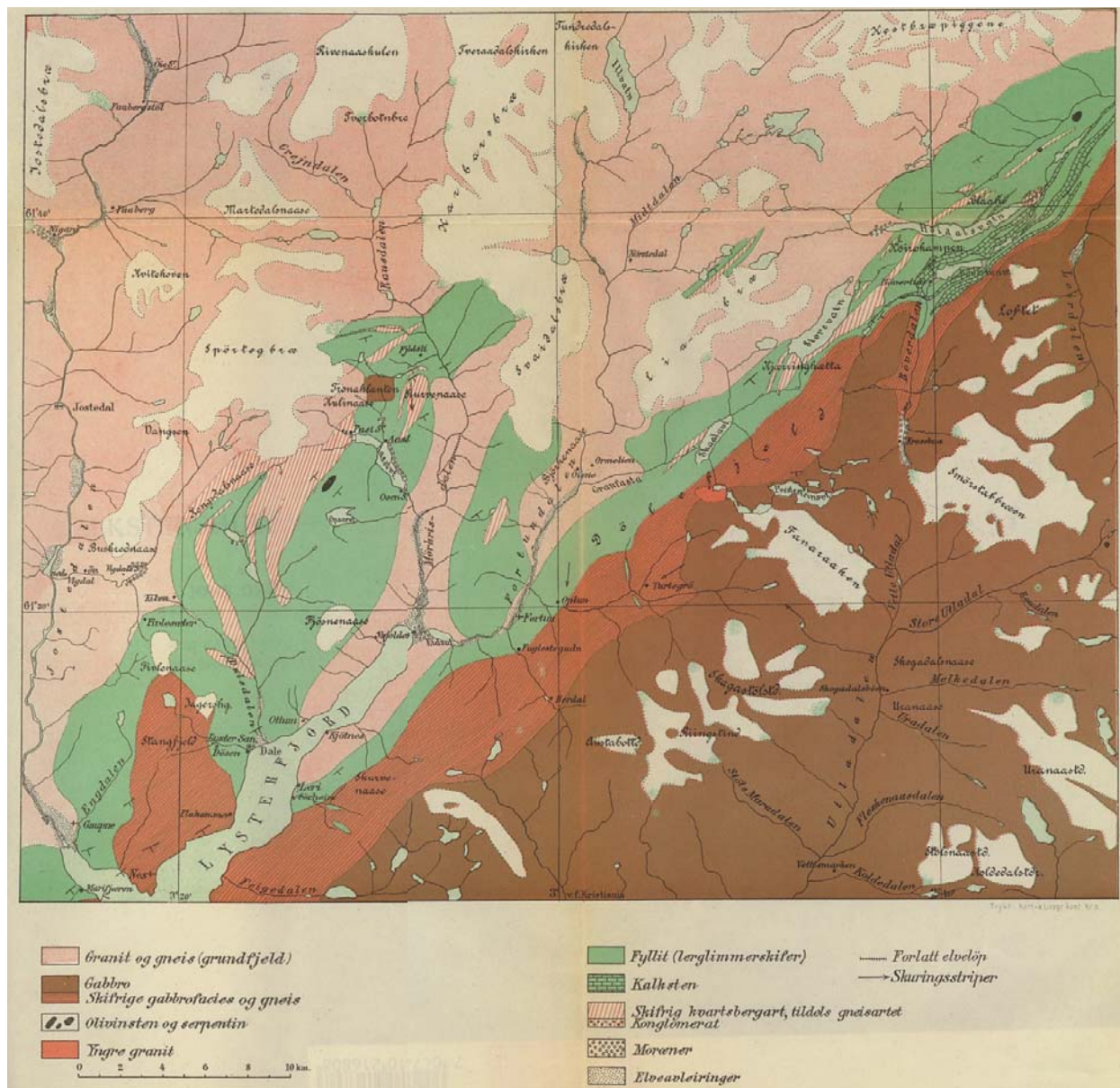


**Fig. 3** *Oversikt over breane. Au = Austdalsbreen, Fo = Fortundalsbreen, Gr = Greinbreen, Ha = Harbardsbreen, HG = Heimste Gjelåbreen, Ho = Holåbreen (2 stykker), Sa = Sandåbreen, Se = Sekkebreen, Si = Sikilbreen (2 stk.), Sk = Skridulaupen, Sp = Spørteggbreen, Sv = Sveindalsbreen, Tb = Tverrbotnbreen, Tv = Tverreggibreen, YG = Ytste Gjelåbreen, YB = Ytste Breen.*

## 2 TIDLEGARE ARBEID

Berggrunnen i Fjellstrøket mellom Luster og Bøverdalen er undersøkt av Rekstad (1914), og Landmark (1949).

Oversyn over berggrunnen er gitt av Sigmund et. al. (1984) på norgeskartet 1:1 mill.



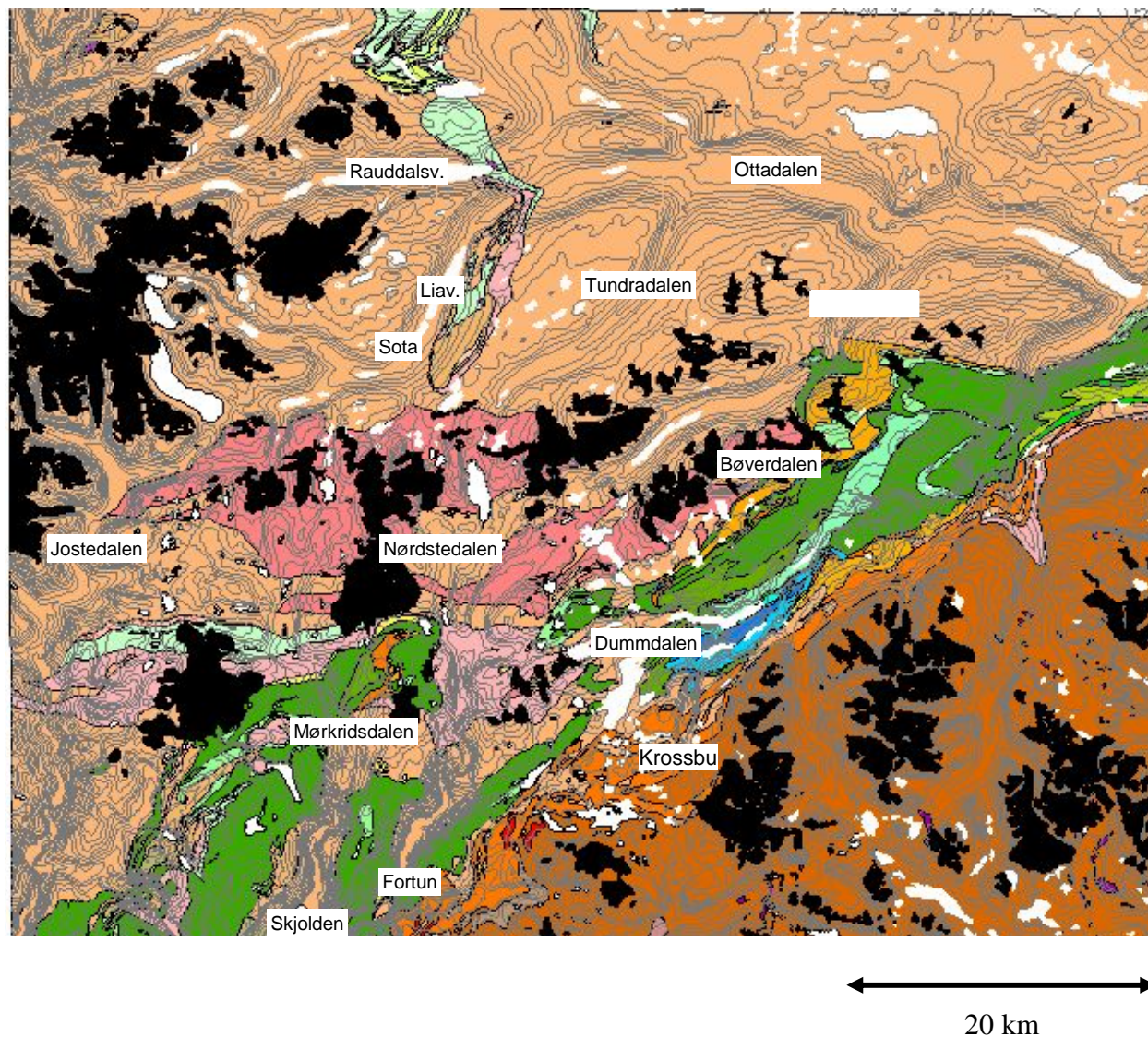
**Fig. 4** Berggrunnsgeologisk kart over Sogn – Bøverdalen, etter Rekstad 1914.

Størstedelen av Breheimen ligg innafør det nordvestnorske grunnfjellsområdet. Ei sone av kambro-silurbergartar kan følgjast frå sør til nordaust mot Lom. Grensa mellom desse og Jotun-gabbroar i aust dannar ein overgang frå Breheimen til Jotunheimen. Med det nyare kartet Årdal i M 1:250 000 (Lutro og Tveten 1996) får vi ei meir detaljert framstilling av berggrunnen. Banham (1968) har undersøkt berggrunnen rundt Hestbrepiggan. Her finn vi mellom anna ei kartskisje i målestokk ca. 1:50 000 over bergartar (Fig. 6). Publikasjonen



innhald i tillegg strukturgeologiske skisser. Santarelli (1989) har undersøkt bergartar i den nordvestre del av Breheimen, i Tafjord – Grotli – Lesjaskogkomplekset.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har gitt ut berggrunnskart i 1:50 000 over området Skjåk - Sygnefjell (Barkey 1968) i tilknytning til kraftutbygging i Breheimen.



**Fig. 5** Geologisk kart over området med brear (svart) og vatn (kvitt) innlagt. Brun = diverse gneisar, grøn = glimmerskifer og fyllitt, lys grøn = metasandstein, blå = kalkstein, rosa = granitt, lys rosa = kvartsmonzonitt og augegneis.

Isavsmelting i området frå nedre Jostedalen til Sognefjellet er undersøkt av Vorren i hovudoppgåve frå 1970 og NGU-publikasjon i 1973.

Kvartærgeologiske kart over Oppland (Sollid og Trollvik 1991) og Sogn og Fjordane (Klakegg mfl.1989) gir eit oversyn over lausmassane. Kvartærgeologisk kart Jostedalen (Sønstegaard & Aa 1987) omfattar ein del av området aust for Jostedalen. Utover dette har vi kartlagt i den nordlege delen av Jostedalen, mot Styggevatnet, i Mysubyttdalen, over Sygneskard- Leirvatna, Mårådalen, rundt Sandåbreen – Skridulaupen og NV for Tystigbreen -

Raudeggibreen (upubl). Nokre område, for eksempel randmorener\* i Vigdalen, Åsete, Fast, Nørdestedalen og jettegryter\* i Fortun er omtalte i rapporten "Kvartærgeologisk verneverdige førekomstar og område i Sogn og Fjordane" (Aa & Sønstegaard 1994).

Engelske og tyske geologar har dei siste åra studert lokalmorener framfor nokre av lokalbreane. T.d. har Winkler mfl. (2003) studert brevariasjonar og datert Vesle istidsmorener framfor sju av dei 'lågtliggande' breane (Fig. 35) ved hjelp av metodar som kartlav, Schmidt-hammer og <sup>14</sup>C-dateringar. Shakesby mfl. (2004) har på same måte undersøkt seks 'høgareliggande' brear.

### 3 BERGGRUNN

Størstedelen av Breheimen ligg i Det nordvestnorske gneisområdet, også kalt Ottakomplekset, med bergartar av prekambrisk\* (grunnfjells-) alder. Ulike gneisbergartar finst i heile området frå Lom vestover langs Ottadalen til Strynefjell. Den andre hovudgruppa er kambro-siluriske skiferbergartar i ei sone frå Gaupne-Jostedalen i nordaustleg retning mot Lom.

Området Skjåk Sygnefjell er kartlagt i målestokk 1:100 000 av Barkey (1968). Kartet syner ulike gneisar over størstedelen av Breheimen. Lengst i nordvest, frå Grotli over Raudalen til fjellpartiet aust for Liavatnet, er ei sone med glimmergneis og kvartsitt i Sotskarvet. Dette er Tafjord-Grotli-Lesja-komplekset (Santarelli 1989). I dette komplekset finst det soner med amfibolitt og ultrabasitt som kan ha rustraud farge, t.d. i austenden av Rauddalsvatnet.

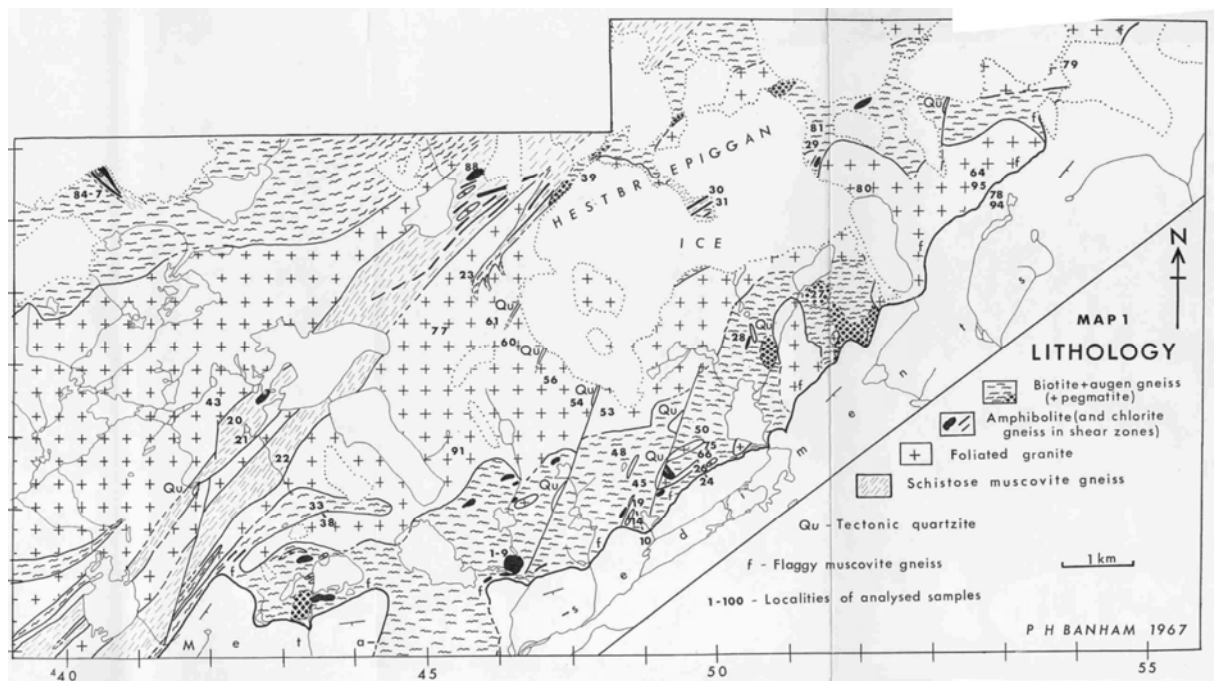


Fig. 6 Geologisk kart over Hestbrepiggan-området (Banham 1967).

### **3.1 Grunnfjell**

I Tafjord – Grotli – Lesjaskogskomplekset som i Breheimen dannar ein kile frå Grotli til Sota (Santarelli 1989), er bergartane kvartsitt, glimmergneis og amfibolitt. Dette går og fram av NGU-kartet Skjåk – Sygnefjell (Barkey 1968). Kartet viser i tillegg nokre felt med ultrabasitt, td. aust for Rauddalsvatnet. Denne kan ha rustraud farge.

I den nordlege delen av Jostedalen er bergarten granittisk gneis og bandgneis. Vidare finst ein del granitt som er ein lite omdanna djupbergart. Vest for Spørteggbreen er granitten grovkorna og middelskorna, og liknar bergartane i Holåtindan og Hestbrepiggan. Ifølgje Barkey (1968) er det rein granitt/granodioritt i Hestbrepiggområdet. Området er som nemnt også undersøkt av Banham (1968). Sjå under delområda. Den massive granitten kan vere ei årsak til utvikling av fjelltoppane i desse områda. Det same gjeld for Tverrådalsskyrkja som er ei smal egg (arete) erodert av brear på begge sider.

### **3.2 Kambro-silur**

Den andre hovudgruppa av sedimentære bergartar er innskuva i kambro-silurisk tid (Fortun-Vangsdekket, Lutro og Tveten 1996). Fyllitt eller leirskifer har størst utbreiing, men meir omdanna glimmerskifer, kalkstein og konglomerat finst også.

Dette er i hovudsak mørke bergartar som er mindre harde og gir slakare topografi enn grunnfjellsbergartane. I tillegg forvitrar dei lettare. Store område med denne bergarten finst mellom nedre Jostedalen og Hardbardsbreen, og vest for Bøverdalen. I sørvest-grensa av det første området er td. eit felt med kambro-silur-skifer aust for toppegga på Vongsen i Jostedalen. Feltet dannar eit søkk over fjellet Vongsen som elles stikk markert opp over dei næraste fjellpartia rundt.

Nord for Vongsen, langs den merka ruta ned til Vanndalen, er det skarpe overgangar frå kvartsskifer/gneis til grovkorna granitt (Fig. 7).

Eit stort og variert sedimentkompleks finn vi mellom Breiseterdalen – Leirdalen – Bøverdalen i aust og Hestbrepiggane i vest. I hovudsak er dette fyllittrike bergartar som utgjer undre delen i Det kaledonske skyvedekket (Barkey 1968).

Lundadalen skjær seg gjennom nordkanten av fyllittdekket og sparagmitt, med Grjotåkampen vest for dalen, og Hesthø, Sandgrovhø og Moldurhø på austsida.

I Grjotåkampen er bergarten glimmerskifer og svartskifer, i Høgberget og Moldurhø lys kvartsitt, og på Hesthø og Sandgrovhø finst begge deler.

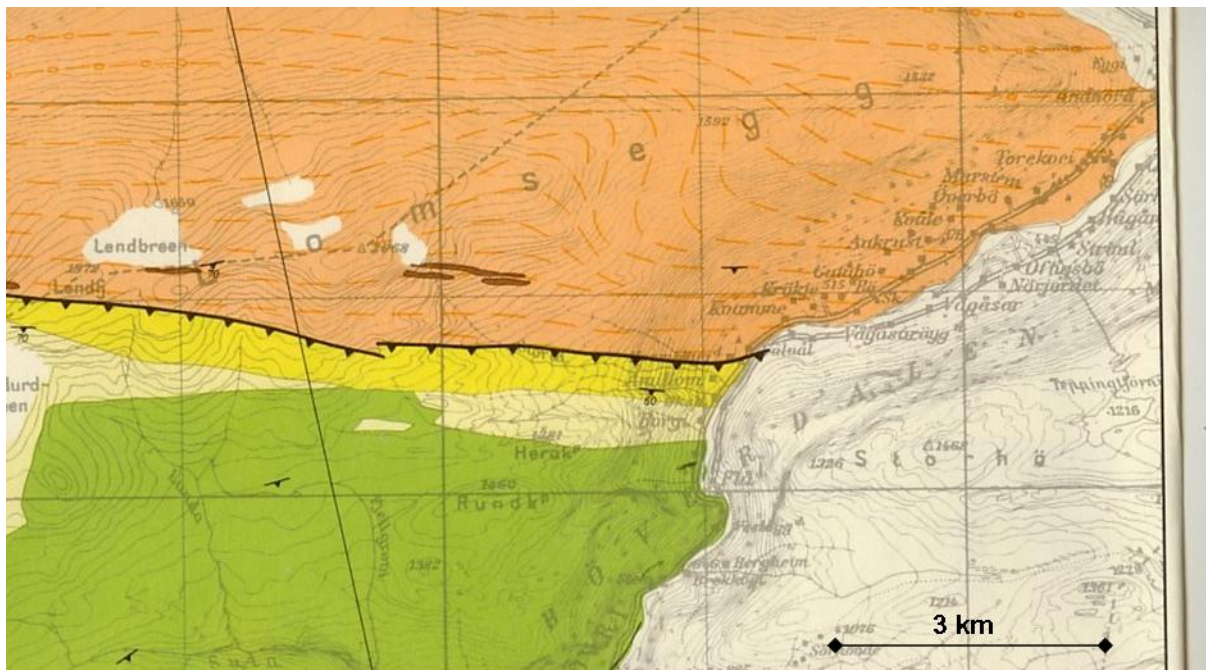
Men rundt Bøvertunvatnet og aust for Høydalsvatnet er det kalkstein/kalkskifer. I tillegg finn vi konglomerat med kvartsittbollar sør for – og i austenden av Høydalsvatnet.



*Fig. 7 Grense mellom gneis (nærast) og granitt nord for Vongsen.*

### **3.3 Geologisk profil i Flåklypa, Bøverdalen**

Omlag 3 km SV for Lom er eit trangt parti i Bøverdalen der dalen svingar mot sør. Her er eit kjent profil i dalsida, med snitt gjennom dei største bergartsformasjonane i Breheimen. Skyvegrensa mellom grunnfjellsgneis i nord i Lomseggi er tydeleg i den vestlege dalsida. Over skyvegrensa i sør er først ei sone med kvartsitt, og øvst glimmerskifer og fyllitt som dannar berggrunnen i Rundhø og Storhø.

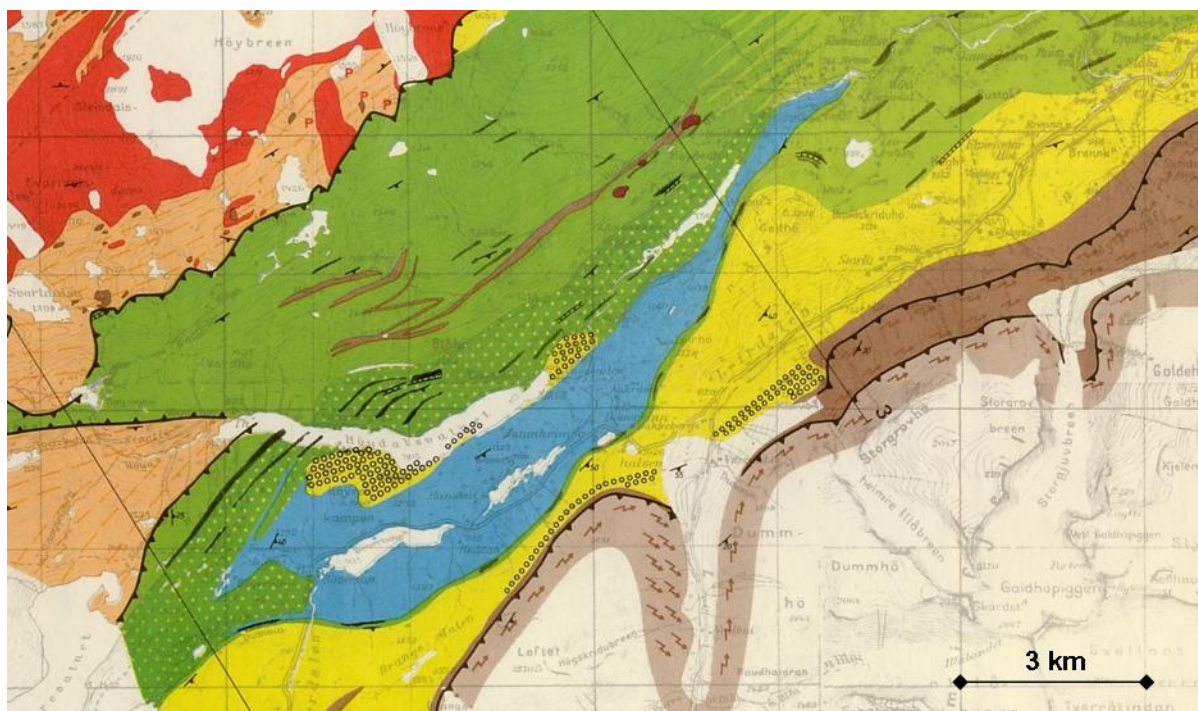


*Fig. 8 Geologisk kart over nedre del av Bøverdalen og Flåklypa (Barkey 1968). For teiknforklaring sjå Fig. 9.*

### 3.4 Berggrunnen i Høydalen

Av alle dalføre i Breheimen er truleg Høydalen den som har størst variasjon i berggrunnen. I vestenden når ei tunge av grunnfjellsgneis ned til Høydalsvatnet. På nordsida finn vi ei brei sone med mørk fyllitt og glimmerskifer med arkositt, kvartsitt og svartskifer, smale band med grønstein og grønskifer, og ultrabasiske bergartar som forvittrar og får rustraud farge. I den nordlege dalsida mot austenden av vatnet er det flekker med gul svovel.

Langs sørsida av dalen finst den same skiferen i vest, så ei sone med konglomerat midvegs langs vatnet. Konglomerat dukkar opp att i austenden av vatnet. I tillegg har vi det store feltet med kalkstein og kalkskifer. Dette dannar det bratte berget Høyrokampen i den austlege sørsida av Høydalsvatnet. Kalksteinen omfattar også ein del av Bøverdalen, rundt Bøvertunvatnet og mot nordaust, i alt eit 14 km langt felt. Den varierte berggrunnen pregar topografien og vekstvilkåra for vegetasjonen.



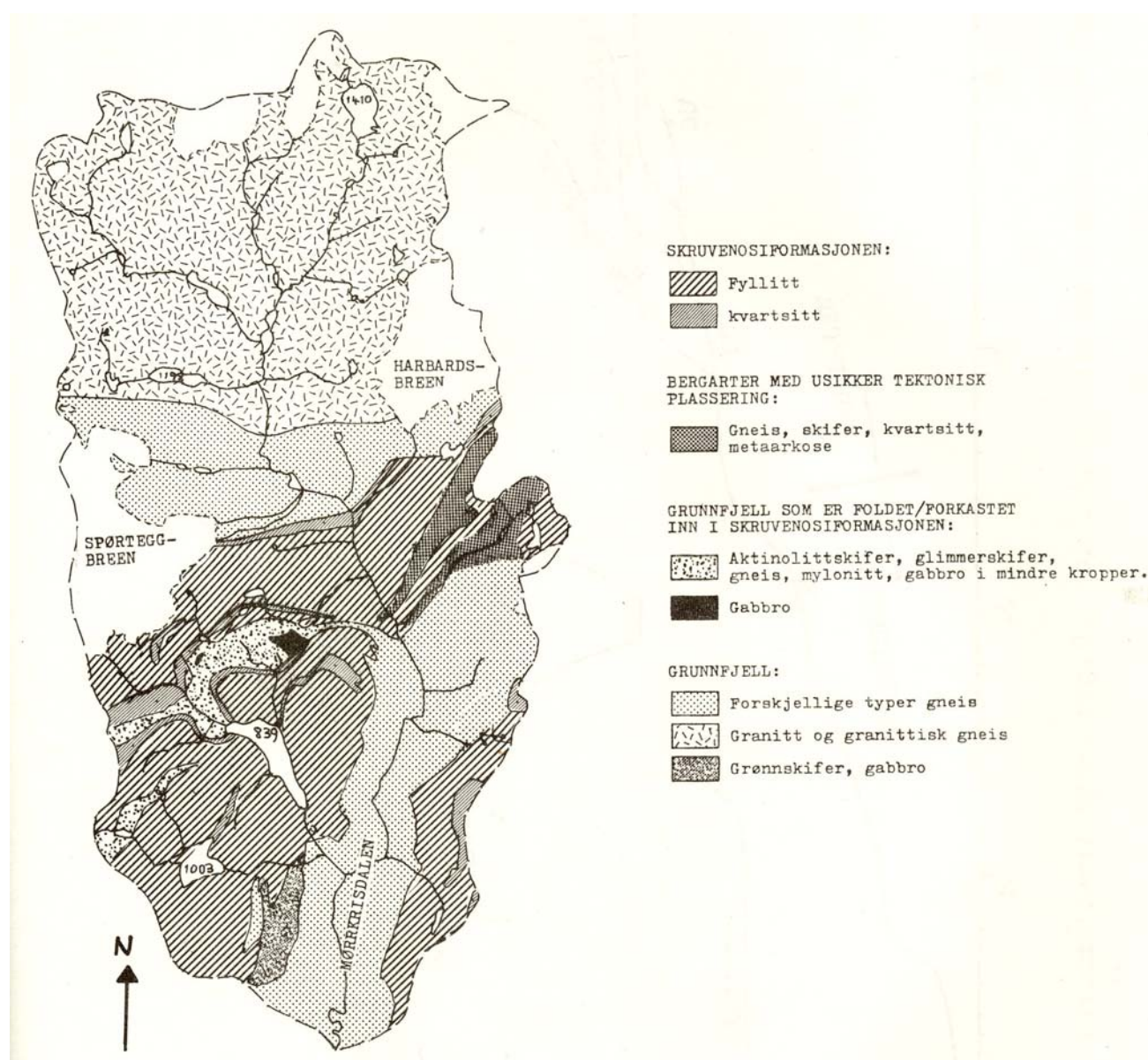
**Fig. 9** Geologisk kart over Høydalen – Bøverdalen (Shakesby 1968). Teiknforklaring (noko forenkla): Blå = kalkstein/kalkskifer; grøn = fyllitt og glimmerskifer; gul = sandstein, konglomerat, kvartsitt; rosa = gneis; raud = granitt/granodioritt; gul = amfibolitt.

### 3.5 Berggrunnen i Mørkrisdals-området

Berggrunnen som i dette området (Fig. 10) er omtalt av Kjerulf (1872,1879), Rekstad (1914), Holtedahl og Dons (1960), Vorren (1970) og Lutro (1979 og 1981), kan delast i to hovudeiningar: Grunnfjell og omdanna kambro-siluriske sedimentære bergartar. Dei siste har i dette området fått namnet Skurvenosiformasjonen. Ein del grunnfjell er folda eller forkasta inn i denne formasjonen.

I det nordlege grunnfjellsområdet er det særleg granitt og granittiske gneisar, granitt mest i nord og NØ. Ein finn fleire aust-vestlege forkastingar. Den sørlege delen av grunnfjellsområdet, mellom Spørteggbreen og Hardbardsbreen, inneheld augegneis og kvartsdiorittisk gneis med gabbro- og amfibolittsoner. Den andre grunnfjellsona finn ein langs den nedre/midtre delen av Mørkrisdalen, og austover mot Sveidalsbreen. Her har ein gneisbergartar, og eit område i SV med grønskifer og gabbro. SV for Spørteggbreen finst ei SV-NØ-leg sone med grunnfjellsbergartar som er folda eller forkasta inn i Skruvenosiformasjonen. Her finn ein gabbro og ulike typar gneis og skifer.

I eit par mindre område sør for Hardbardsbreen er det gneis- og skiferbergartar. Deira tektoniske plassering er usikker.



**Fig. 10** Geologisk kart over Mørkrisdalen. (Anda og Olsen 1982, Fig. 2).

Skurvenosiformasjonen, som ein finn på begge sider av Mørkrisdalen er samansett av omdanna kambro-siluriske sedimentære bergartar som fyllitt og kvartsitt. Desse er til dels folda og forkasta ilagmed grunnfjellsbergartar, gjennom den kaledonske fjellkjedefoldinga. (Etter Anda og Olsen 1982).

### **3.6 Geologisk profil langs turistruta Mørkrisdalen - Åsete - Fast**

Grensa mellom grunnfjell og kambro-silur er ei gjennomgåande hovudgrense i Breheimen. Ein profil gjennom denne grensa finn vi frå Mørkrisdalen opp til Åsetvatnet. Om lag halve Mørkrisdalen er nedskoren i grunnfjell. Grensa mot kambro-silur-fyllitt er tydeleg i dalsida mellom 600 og 700 moh. Over grensa er det bratte stup, til dels hengande. Lagdelinga er nærast horisontal, noko som bremsar rasaktiviteten.

Åsetvatnet (839 moh.) ligg i ei brei sone av fyllitt som gir eit mørkfarga, frodig landskap. Unntak er den vestlege delen der grunnfjellet står bratt opp frå sletta med dei store randmorenene på Fast.

Vidare vestover i ei sone mellom Fast og Spørteggbreen vekslar bergarten frå grunnfjell til amfibolitt med gabbro og fyllitt.

## 4 LANDFORMER



*Fig. 11 Frå Holmavassnosi mot NØ med Tverrådalskyrkja i bakgrunnen.*

Både form og fargar er prega av berggrunnen. Grunnfjellet med lyse gneisar gir landskapet eit lyst preg. Ikkje minst i dei høge, nordvende partia der snøen ligg langt utpå sommaren. I kambro-silur-sona med mørke skifrar blir heile landskapet mørkare.

Begge desse hovudgruppene av bergartar har ofte skråttstilte lag og foldar. Gneisen har tydelege benkar, og laga endar gjerne i skarpe kantar. Holmavassnosi er eit eksempel (Fig. 11). Her er stadvis nærast horisontale benkar, danna ved trykkavlasting som gir ei form for forvitring. Årsaka er at fjell som har størkna djupare nede får eit ionegitter som er tilpassa trykket der. Når fjell over blir fjerna, lettar trykket, ionegitteret pvøvar å utvide seg, og overflata skalar av.

Fyllitten er mjukare i seg sjølv, forvittrar lettare, og overflata får eit mjukare preg, både etter slitasje og forvitring.

Meir massive bergartar som granitt kan formast som breane vil. Det har gitt opphav til Hestbrepiggane. Dei er ikkje så spisse som namnet kan gi inntrykk av.

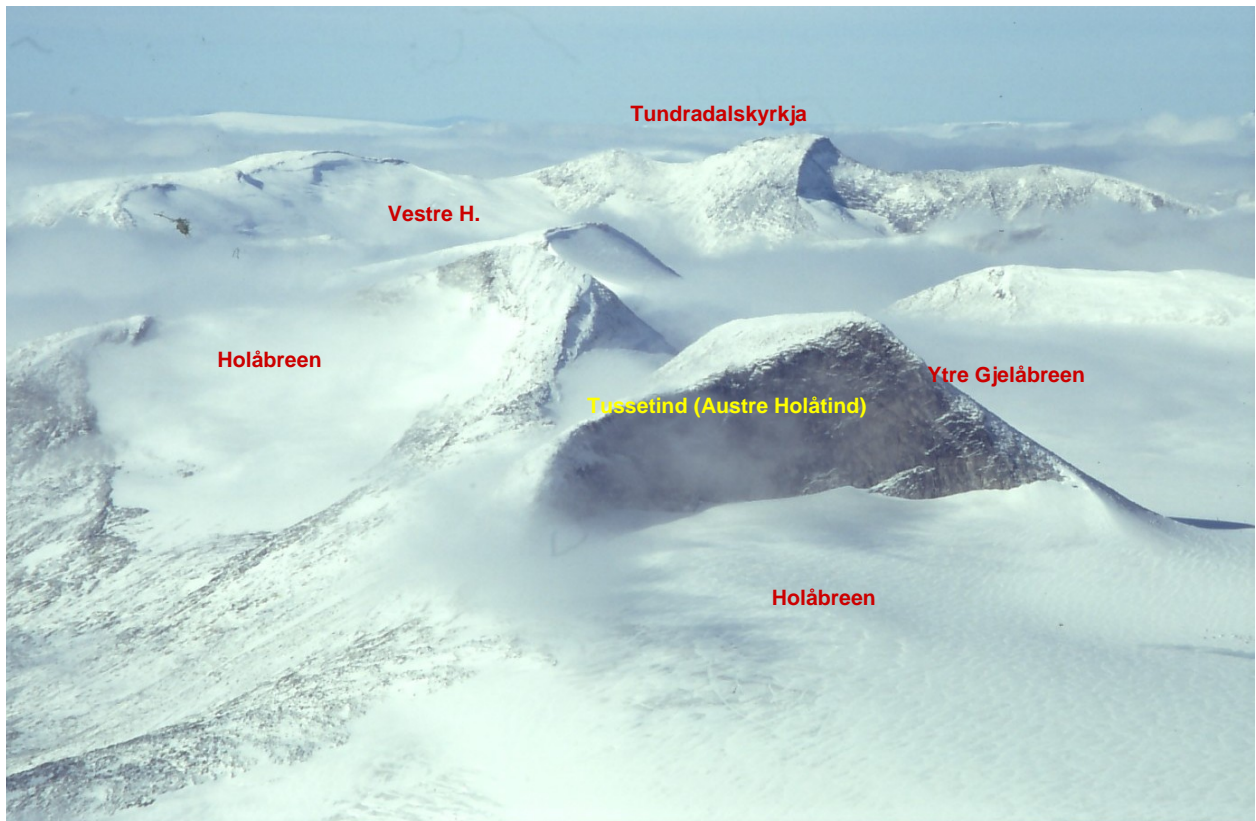




*Fig. 12 Avskaling på Holmavassnosi.*



*Fig. 13 Frå Holmavassnosi mot SØ, horisontalt lagdelt gneis.*

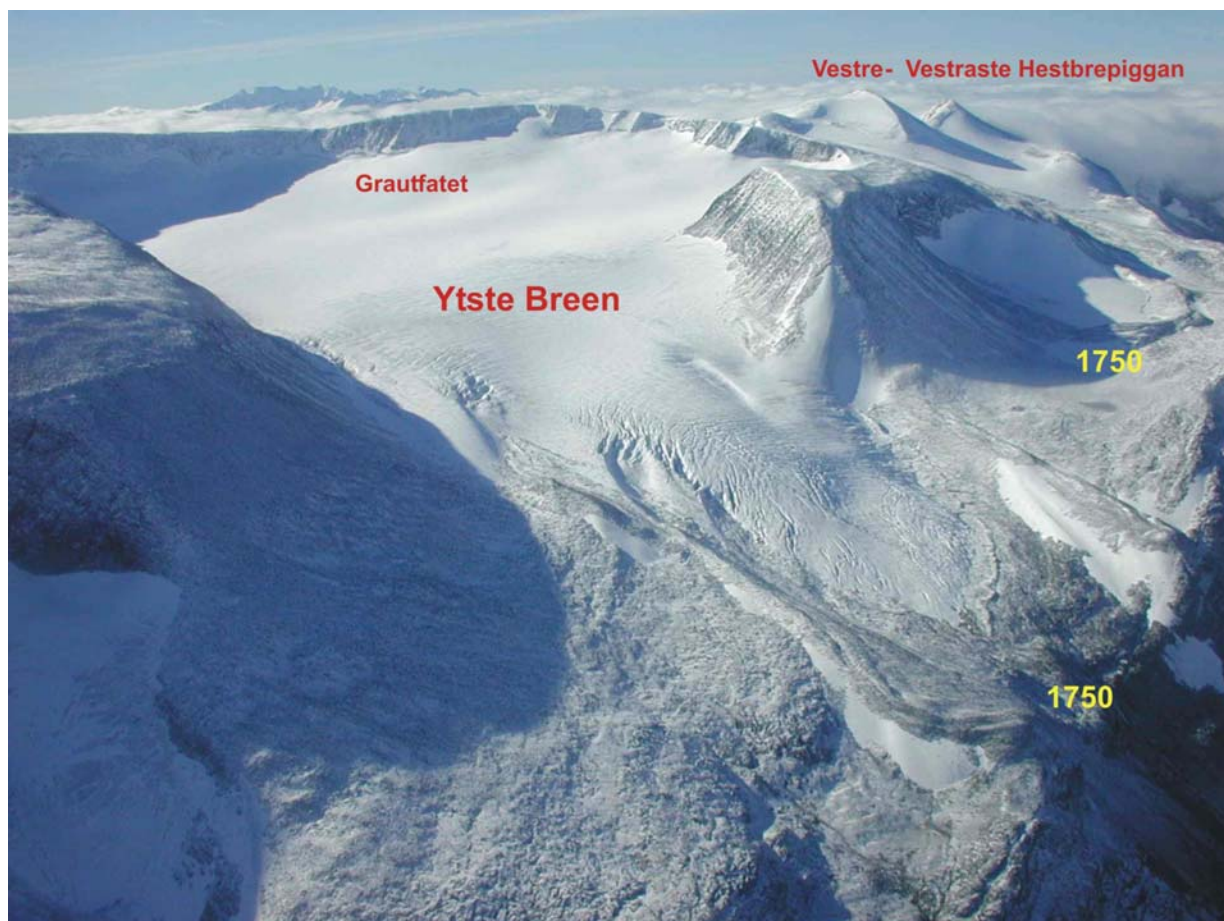


*Fig. 14 Botnformer. Flyfoto, sett vestover.*

Høgfjellsområda har toppar opp i 2100 m o.h., vidder og dalar i alle nivå. Djupast nedskårne er dalane mot Lustrafjorden i sør. Vorren (1973) har delt området mellom Jostedalsbreen og Jotunheimen i tre høgdesoner og funne følgjande arealfordeling: 8,9 % under 800 m, 69,1 % 800-1600 m, og 22 % over 1600 moh. Det store relieffet på over 2000 m medfører store klimavariasjonar.

Eit dominerande viddenivå, i Breheimen rundt 1200-1700 moh., er ofte omtalt som "Den paleiske flata". Omgrepet vart innført av Ahlmann (1919). Av det paleiske (gamle) landskapet finst restar over store delar av landet. Ein antar at det er danna i eit varmt og turt klima i tertiær\* – for 60 til 2 millionar år sidan (Gjessing 1978). Bortsett frå djupe dalar som Mørkrisdalen og Fortunsdalen i sør, dominerer dei paleiske formene i Breheimen. Dei finst som slake dalar og avrunda fjell.

Mest viddepreg finn ein mellom dalane mot NØ, t.d. mellom Tundradalen og Bråtådalen/Mysubyttdalen, eit platå som stig frå 1400 m ved kanten mot Ottadalen, til 1600 m mot det sentrale breområdet lenger sør. Mange vatn er karakteristisk for viddeområda. Eit eksempel er sona frå Sognefjellet mot NV langs fylkesgrensa (Fig. 16).



*Fig. 15* Alpint landskap med toppar, botnar, band, aktive brear og randmorener frå Den vesle istida. Det gamle peneplanet, vidda, kjem og tydeleg fram på dette flyfotoet. Sett mot aust. Hurrungane stikk opp av skoddehavet i aust.



*Fig. 16* Vidde på Sognefjellet. Paleisk (gammalt) landskap.



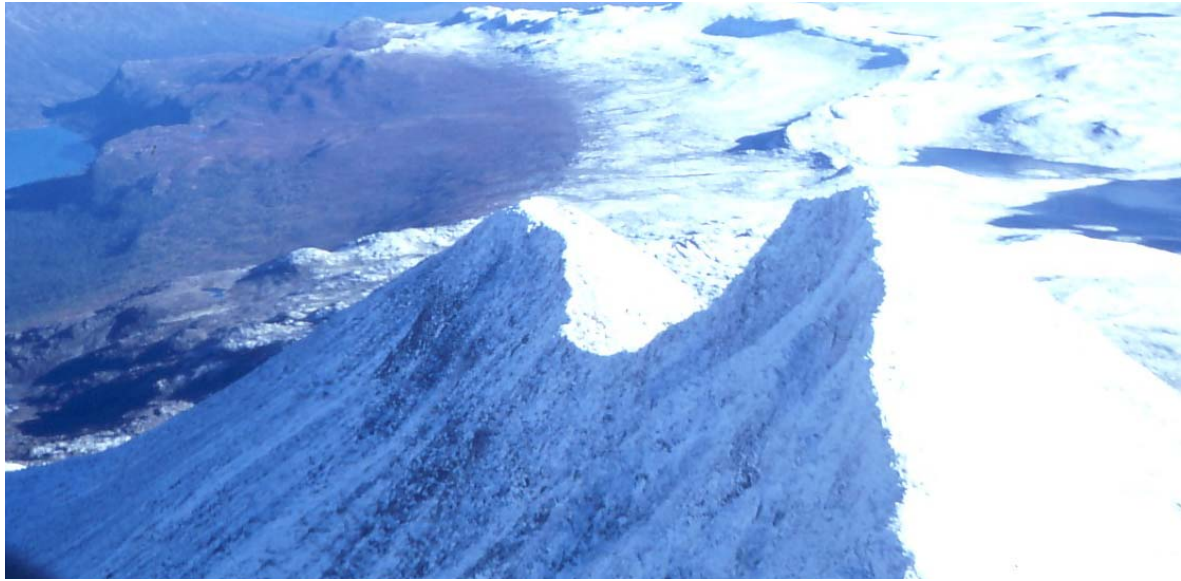
*Fig. 17* Vidde­landskap, gammalt peneplan, med Tundradalen i framgrunnen.

I djupe dalar som Jostedalen, Mørkrisdalen og Fortunsdalen, er det gjerne hengande sidedalar som munnar ut i nivået for den gamle dalbotnen.

Mørkrisdalen var frå først av ein forgreina elvedal i tertiær. Munningen av sidedalen der Åsetvatnet ligg, syner nivået for den paleiske dalbotnen i hovuddalen. Mot slutten av tertiær kom ei kraftig landheving. Då starta truleg den siste nedskjæringa av dalføret, først elveerosjon\*, så breerosjon gjennom alle istidene i Kvartær. Dette har gitt eit U-forma tverrprofil og tersklar i lengdeprofilet. Liknande forhold kan vi sjå i delar av Jostedalen og Fortunsdalen. Det fluviale preget er mest markert i dei nedre delane mot fjorden. Lenger oppe mot dei sentrale fjellområda er det glasiale preget dominerande, som i øvre Jostedalen, Middalen og Nørstedalen.

Breheimen har eit vasskilje i retning aust-vest frå Handspiken øvst i Jostedalen, over Rivenoskulen, Tverrådalskyrkja, Holåtindan, Hestbrepiggan, for ein stor del langs fylkesgrensa mellom Oppland og Sogn og Fjordane. Det dannar ein overgang mellom Aust- og Vestlandet, og ei grense mellom eit stort dreneringssystem mot Sognefjorden.

Mot NNØ drenerer store dalføre som Tundradalen og Lundadalen. Dei er sidedalar til Ottadalen. Dalane følgjer den Kaledonske folderetninga, og U-profil syner at brear har dominert i den siste utforminga.



**Fig. 18** Tverrådalskyrkja, sett mot NNØ.

Breheimen har ikkje alpine former på same måten som Hurrungane. Rett nok er der mange glasiale botnar og dalar, men tindane manglar. Spisse ryggar er det heller få av. To gode eksempel finst, det er Tverrådalskyrkja (Fig. 18) og Tundradalskyrkja.

Mange av dei høgaste fjellpartia har platåform. Difor finn vi også platåbrear av ulik storleik i Breheimen.

## 5 KVARTÆRGEOLOGISK HISTORIE

### 5.1 Brerørsler

Dei eldste regionale brestraumane (Fig. 19) er rekonstruerte av Vorren (1973) på grunnlag av skuringsobservasjonar, fluted (stripeforma) fast fjell og morene. Rekonstruksjonen syner at store deler av eit samanhengande og truleg tjukt isdekke drenerte mot Lustrafjorden. Vorren (1973) meiner at dette er frå maksimum av siste istid, ca. 20 000 år sidan, og at det var omtrent slik heilt til isavsmeltinga starta.

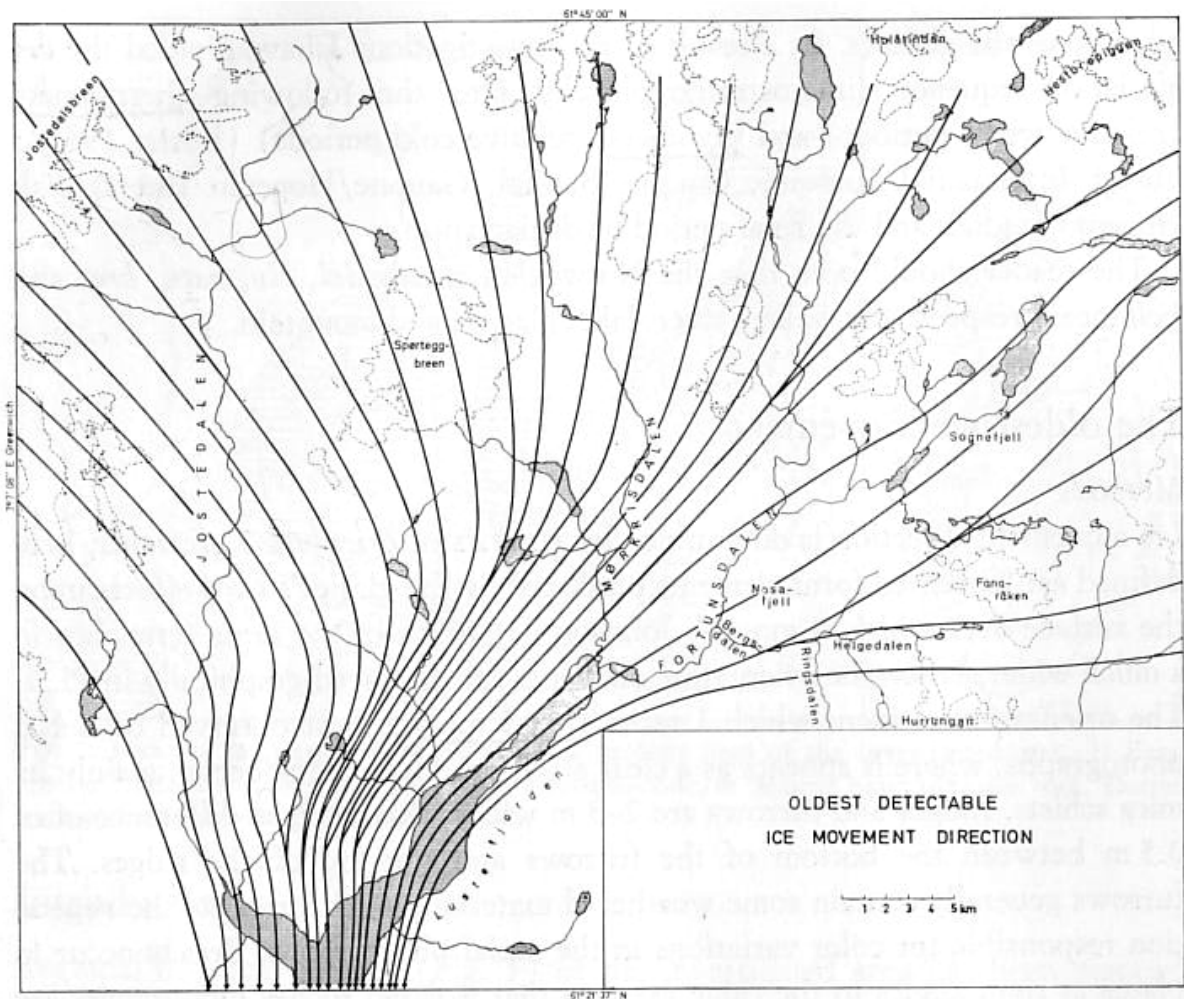
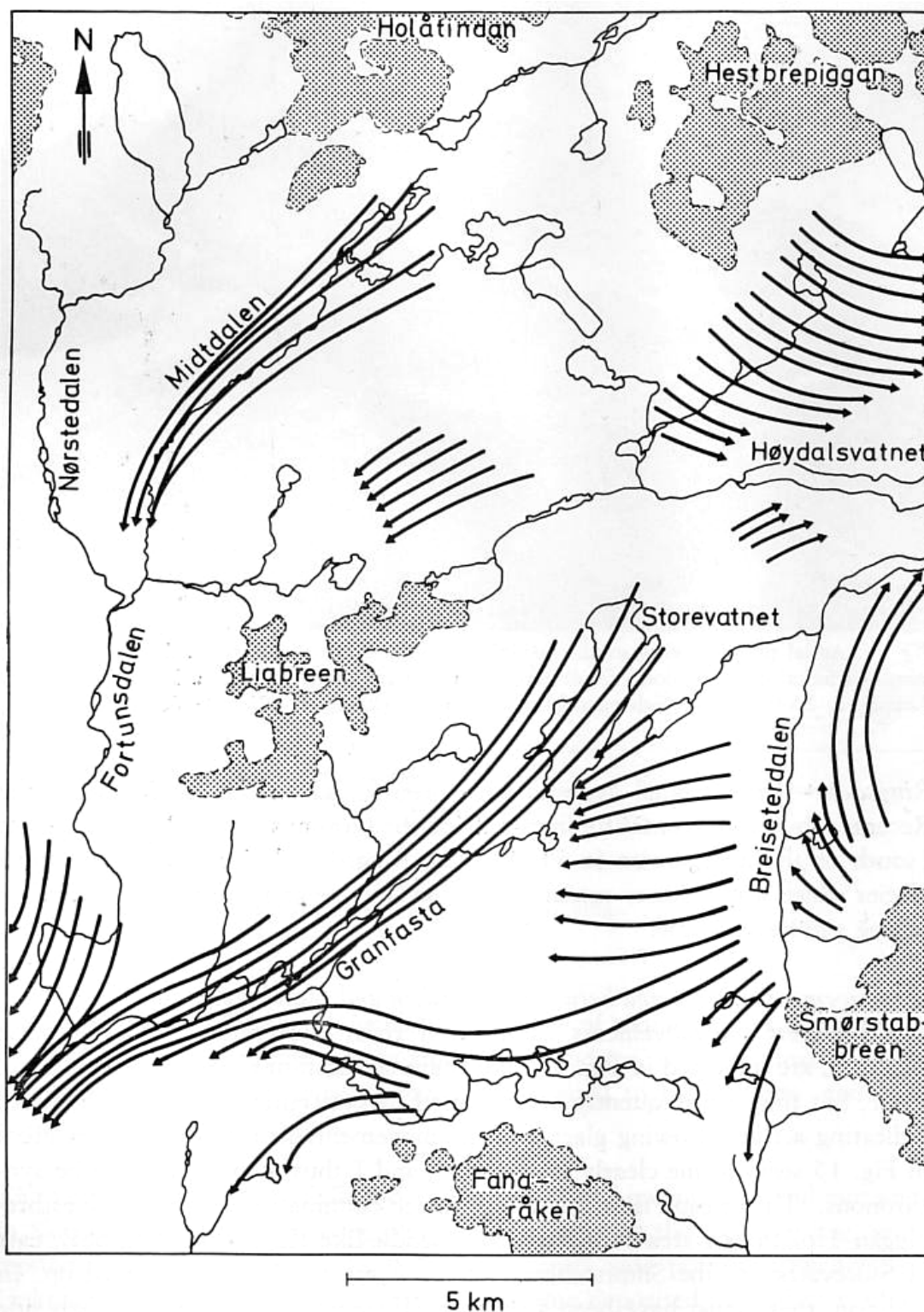


Fig. 19 Dei eldste regionale brestraumane (Vorren 1973).

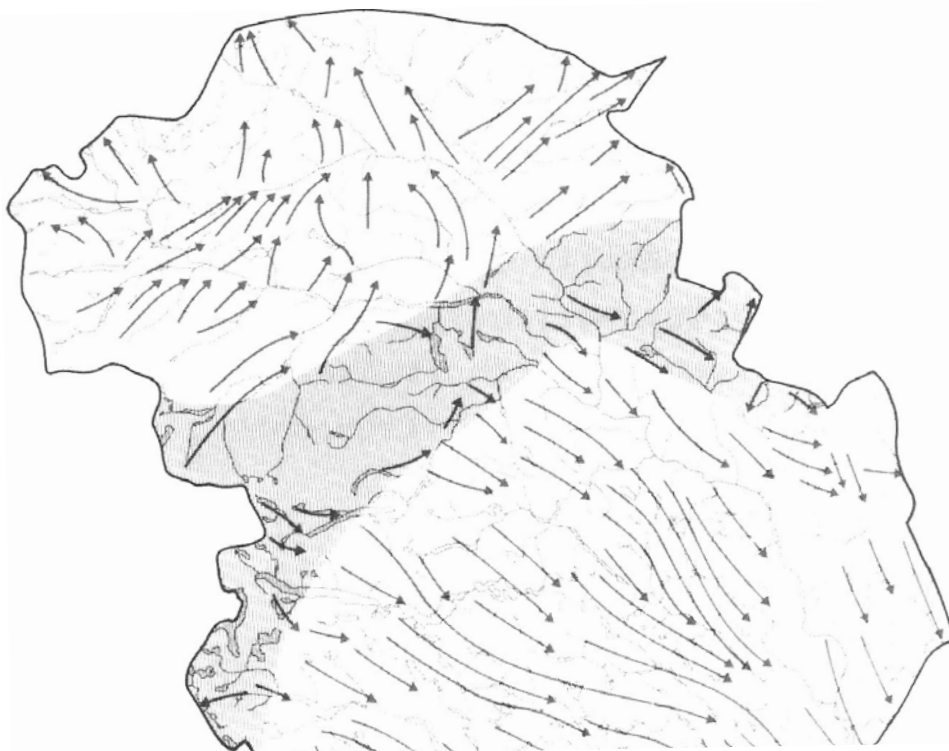


**Fig. 20** Dei siste regionale brestraumane (Vorren 1973).

Årsaka til dette dreneringsmønsteret er det store relative relieffet på 1500-2000 m i Sognefjord-Lusterfjordområdet. Vorren peikar på studiar frå Antarktis og Grønland som har vist at topografien under breen påvirkar isoverflata og strøymingsretningane over store areal dersom isdekket er mindre enn tre gonger tjukkare enn relieffet under isen.

På nordsida av vasskiljet har isstraumane retning mot nord og NØ (Tollan 1963). Han har også funne skuringsstriper mot NV.

Skuringsobservasjonane og rekonstruksjonen av isstraumar syner då at det var eit isskilje frå den nordlege delen av Jostedalsbreen austover mot Jotunheimen, omtrent der vasskiljet er i dag. Ettersom isdekket smelta ned, følgde breane meir dei einskilde dalane.



*Fig. 21* Isrørsler i nordlege delen av Oppland. (Etter Sørbel mfl. 1988).



I området mellom Fanaråken og Hestbrepiggan har Vorren (1973) rekonstruert isstraumar som vist på Fig. 20. Han antar at dei skisserte isstraumane er samtidige. Det må då tolkast slik at det var eit isskilje over Hestbrepiggan-Holåtindan. Ei sadelforma breoverflate strakte seg vidare mot SSØ i retning mot Smørstabbreområdet som danna ein høgare breakul. I tillegg ser der det ut til å ha vore ein mindre breakul mot NØ frå Fanaråken, og truleg ein tredje rygg over Liabre-massivet.

I den nordlege Breheimen observerte Tollan (1963) drumlinar\* ved

*Fig. 22* Skuring på Sognefjellet, i retning vest, mot Granfastadalen.



munningen av Tundradalen. Disse indikerte at den yngste isstraumen der hadde retning mot NNØ. Vorren (op. cit.) antar at det var samtidig med dei yngste skisserte brestraumane lenger sør. I så fall må det ha vore eit seint isskilje omtrent der vasskiljet er i dag.

Kvartærgeologisk kart over Oppland (Fig. 21) syner nordaustlege brestraumar frå Framruthovd nord for Raudalsvatnet og gjennom heile den nordlege og nordaustlege delen av Breheimen. Brestraumane er særleg rekonstruerte på grunnlag av langstrakte striper eller fluting-former i morenematerialet\*. Særleg mange av desse finst i viddeområda vest og NØ for Tundradalen, men også i moreneområda opptil ca. 1500 moh. mellom Hestbrepiggen og Bøverdalen.

Drumlinar er langstrakte straumlineforma ryggar av botnmorene. På same måten som fluting-formene syner dei retninga for tidlegare brestraumar. Drumlinar er ikkje så vanlege i Breheimen, men aust for den nordlege delen av Tundradalen er det registrert 7-8 stk. ifølgje Opplandskartet. Dei er ofte lettast å sjå på flyfoto.

Dette mønsteret av brerørsler blir tolka som det siste for aktive brear i området, og Vorren argumenterer for at det er samtidig med Gaupne- og Høgemostadia.

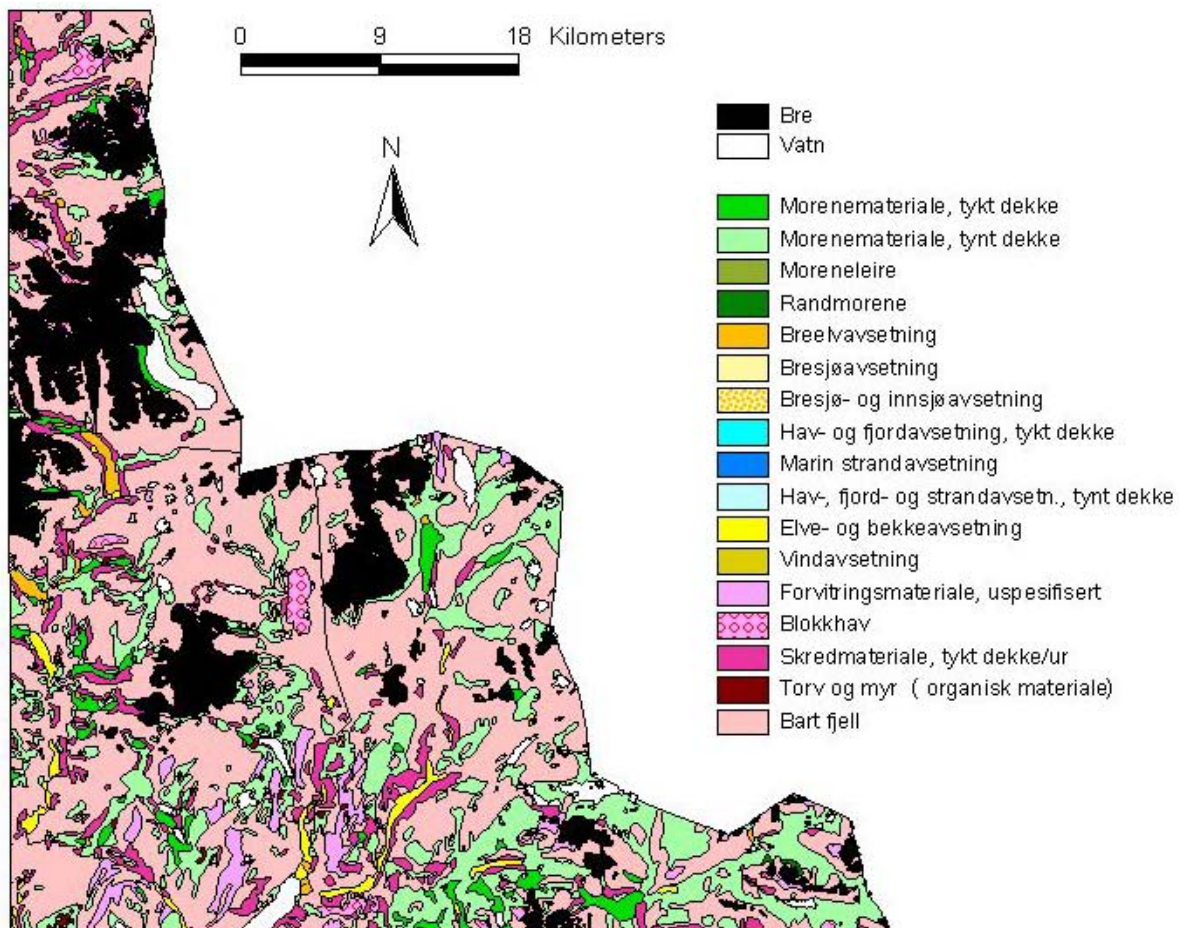
Ein rimeleg rekonstruksjon gir då ei breoverflate 18-1900 moh. nord for Fanaråken, og sjølve breen har vore 3-400 m tjukk i denne austlegaste delen av Breheimen.



*Fig. 23 Rundsva på Sognefjellet. Skurt støtside og plukka leside syner at isen har gått mot høgre.*

## **5.2 Isavsmelting**

I hovudsak finst det spor frå siste del av isavsmeltinga, for ca. 10 000 år sidan. Men Vorren (1973) meiner i tillegg å ha påvist ein mildare periode på slutten av siste istid: "Luster interstadial\*".



**Fig. 24** Utsnitt av digitalt jordartskart over Sogn og Fjordane. (NGU).

Grunnlaget for dette er mellom anna smeltevassspor mellom 1050 og 760 moh. i Stordalen-området. Spora er kanalar både i fast fjell og morene, eroderte både under breen og langs sidene.

Dei høgaste områda ved Lustrafjorden vart isfrie først, og isdekket tynna i denne perioden ut omtrent ned til 1000 moh. i Lusterfjord-Mørkrisdalsområdet. Aust for Mørkrisdalen er det funne smeltevasspor i morene i sørsida av Helgedalen frå om lag 1100 moh. mot NV.

I Fortunsdalen er det restar av sidemorener i nivåa 960 og 1015-1065 m i austsida av dalen litt nord for Bergadal. Desse som er eldre enn Gaupne-stadiet, har ingen tilsvarande avsetningar bortsett frå smeltevasspora i Helgedalen. Morenene i Fortunsdalen kan ifølgje Vorren (1973) tyde på ei klimaforverring i Luster interstadial.

Fjordbreen nådde på denne tida midt ut i Lustrafjorden ca. til Dale. Dette antar ein ut frå ei vurdering av rimelege gradientar på breoverflata. Det er ingen sikre frontavsetningar i Lustrafjorden. Der er tre glasiale basseng eller traug, oppfylte med smeltevassediment frå Breheimen.

Fleire har målt terrassenivå i indre Lustrafjorden. Vorren meiner å ikkje kunne påvise alle desse, og hans konklusjon er at høgste fjordnivået då isen smelta (MG) var 130 m. Dette var

midt ute i fjorden ved Dale og Sørheim. Lengst inne i fjordbotnen er det lågare MG, 105 m i munningen av Mørkrisdalen, og 87 m i Fortun. Forklaringa er at breane smelta seinare bort der. Frontavsetningar ved Bolstad og Eide syner at brefronten stoppa opp på desse stadane.

Det same er tilfelle i Jostedalsområdet. Gaupne har MG på 99 m. Der har brefronten stoppa under tilbaketrekkinga. Etersom breen trekte seg oppover Jostedalen, følgde fjorden etter opp til Alsmo. Et terrasseflate der syner MG på 74 m.

Ei  $^{14}\text{C}$ -datering ved Fåbergstølen gav ca. 9000  $^{14}\text{C}$ -år før notid. Det tyder på at breen brukte ca. 500 år på tilbakesmeltinga i Jostedalen.

### **5.3 Preboreale brerandavsetningar**

I Preboreal\* frå 10 000 til 9000  $^{14}\text{C}$ -år før notid må ein anta at store delar av isdekket i Breheimen smelta. Den tradisjonelle oppfatninga er at Sognefjorden medrekna Lustrafjorden vart isfri på nokre få hundre år fram mot 9700. Ei intensiv smelting med kalving innover djupe fjordar førde til ubalanse i breane. For å rette opp denne ubalansen stoppa brefronten, truleg nokre tiår, ved Gaupne og Bolstad-Eide.

Breelvdelta kunne då bygge seg opp ved brefronten til fjordnivået på desse stadane. Sidemorener vart samtidig avsette oppover langs dalbreane, til likevektslina. Nokre stader finn vi restar av desse sidemorenene. Men oftast er terrenget for bratt til at sidemorener blir liggande.

#### **5.3.1 Gaupne stadial**

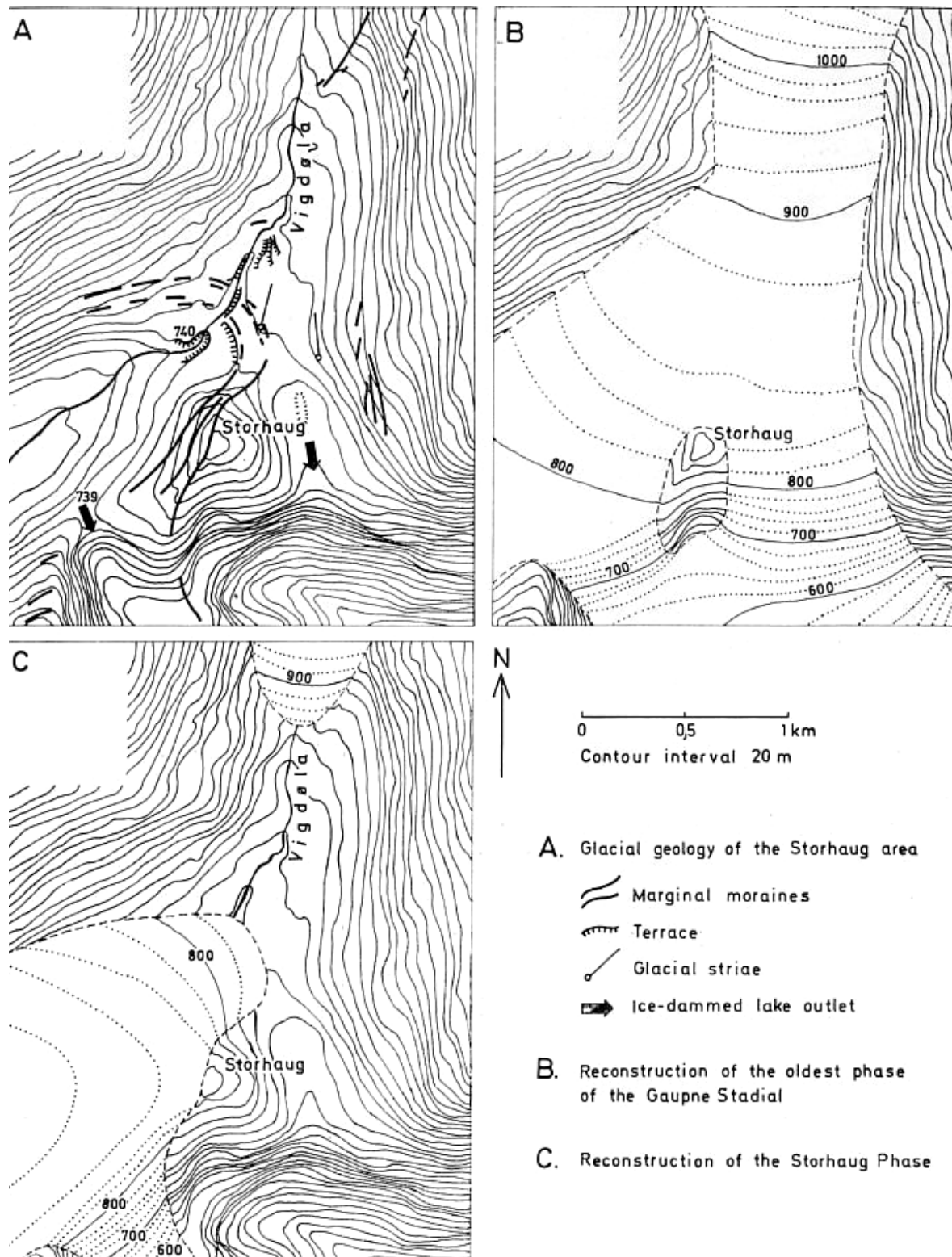
Vorren (1973) har brukt Gaupne- og Høgemostadiet om periodane då brefronten stoppa på desse stadane. Sidemorener og frontavsetningar tyder på at desse periodane er prega av fleire opphald og mindre breframrykk. Avsetningane er frå 1-16 m høge. Det mest vanlege er 3-6 m. I nokre tilfelle kan sidemorenene vere reine blokkryggar.

Gaupnestadiet er den best dokumenterte delen av isavsmeltingshistoria, med rekonstruksjonar av brear i den sørlege delen av Breheimen. Grunnlaget er dei mange og store randavsetningane i Vigdalen, Dalsdalen og området ved Åsetvatnet.

I Gaupne ligg ein rest av frontavsetninga ved den austre dalsida, opp til 99 m. Breelvsediment er det også i vestsida opp til omtrent det same nivået. Så eit delta har fylt heile dalen her. Langs austsida av nedre Jostedalen er det spreidde restar av sidemorener opp til 870 m, litt sør for Vigdalen.

I Vigdalen, særleg ved Storehaug og Vigdalstølen er det funne så mange og store randmorener, at avsmeltingshistoria er delt inn i to faser (Fig. 25): I første fasen kom ein brearm ned Vigdalen og slutta seg til ei grein av Dalbreen i Jostedalen. Den siste låg innover Vigdalen. Seinare skilde breane lag, eller dei nådde ikkje i hop lenger, og endemorener vart

avsette av begge. Ifølgje Vorren (1973) tyder dei yngste randmorenene i Storehaugfasen på ei reaktivisering av Breen i Jostedalen.



**Fig. 25** Rekonstruksjon av ein tidleg og ein seinare fase (Storehaug-) av Gaupne-stadiet. (Vorren 1973).

I fjellområdet mellom Jostedalen og Mørkrisdalen er det funne seriar av randmorener. Breforholda kan difor rekonstruerast gjennom Gaupnestadiet til Storehaugfasen som er den yngste delen. Ved Åsetvatnet er det mange randmorener heilt frå den nedre delen av vatnet (Fig. 57) til Fast (Fig. 60) ved vestenden der dei største moreneryggane frå Storehaugfasen ligg. Morenene viser at breane i denne avsmeltingstida låg 20-40 m høgare i solsider enn skuggesider. Dette er vanleg også for breane i dag.

Dei mange og store randmorenene frå Storehaugfasen indikerer, ifølgje Vorren, ein periode med markert breframrykk. Dei største morenene i Breheimen er frå denne tida. Endemorenene i Vigdalen og framfor Smørvivatnet er 7 m høge, 7-8 m høge i Hamarsdalen, 8-10 m ved Fast og framstøytmorener vest for Tronkplanten.

### **5.3.1.1 Mørkrisdal-området**

Her er Gaupnestadiet representert ved Eidsnesavsetninga, også forsynt frå Fortunsdalen, og Bolstadavsetninga. Eidsnesavsetninga er ryggforma og det ser ut til at breen har rykt fram over lagdelt silt. Bolstadavsetninga ligg tvers over munningen av Mørkrisdalen, bygd opp som breelvdelta til 105 moh.

Det er funne få randmorener som tilsvarar desse frontavsetningane. Eit unntak er Rebnis Li der 3-4 ryggar demmer opp ei 7 m djup myr. Desse, ilagmed kanten av eit morenedekke 3 km lenger nord, tyder på at breoverflata mot munningen av Mørkrisdalen var svært bratt på denne tida, 280 m fall over ein strekning på 3 km. Dette er rimeleg ut frå topografien i Mørkrisdalen. Vidare nordover finst sidemorener i Haugs-Sveigdal 920 moh. og Bolstad-Sveigdal 1050 moh.

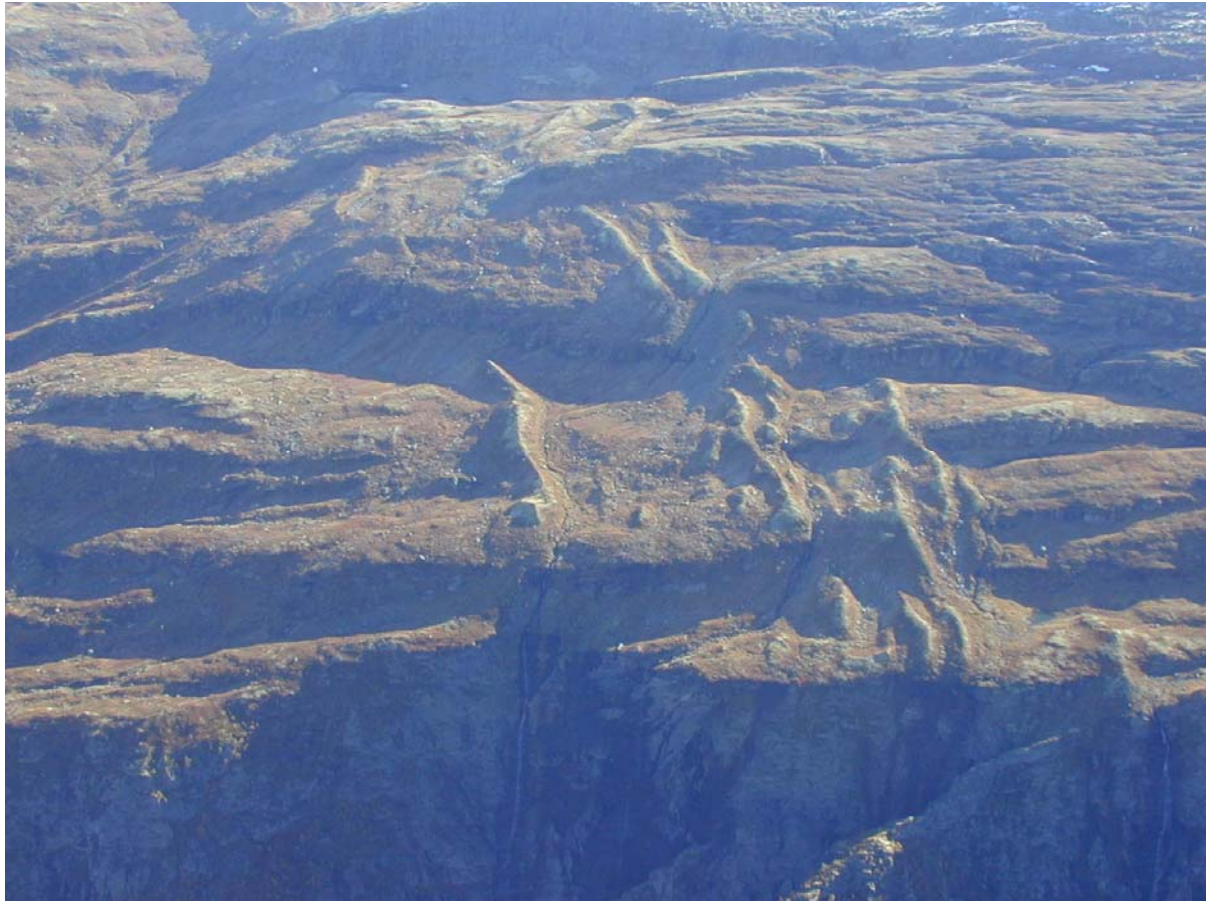
### **5.3.1.2 Fortundals-området.**

Eidsnesavsetninga i munningen av Fortunsdalen blir knytt til Gaupne-stadiet. Avsetninga er bygd opp av breelvmateriale, lagdelt sand, grus og silt. Usorterte sediment finst også.

Oppover i den vestre dalsida er det funne mange sidemorener tilsvarar Eide-avsetninga. Rett overfor Bergsdalen ligg dei 600 moh., og 2 km nord for Bjørkenosi 1080-1180 moh. Det kan vere opptil 5 parallelle moreneryggar, 2-5 m høge.

### **5.3.1.3 Granfasta-dalen**

Gjennom dette dalføret har ein brestraum frå NØ drenert ned mot breen i Fortunsdalen, og i den sørlege dalsida av Granfastadalen finn vi svært markerte sidemorener.



**Fig. 26** Sidemorener på sørsida av Granfastadalen. Kanten mot Fortunsdalen i framgrunnen.

Det kan vere opptil 6 parallelle ryggar, 2-6 m høge (Fig. 26). I desse finst det innslag av Jotun-gabbro som stadfester transportretninga frå NØ. I den nordlege dalsida er det ein tilsvarende sidemorene som stig frå 1220 m o.h i vest til 1300 m i aust. Her manglar gabbro, så transportretninga har vore meir frå nord.

#### **5.3.1.4 Rya-dalen**

Dette er den søraustlegaste delen av Breheimen. Sidemorener syner at is har strøymt frå eit forsyningsområde nord for Fanaråken mot sørvest. Markerte sidemorener startar 1550 moh. og kan følgjast ned til 1050 moh. Fire parallelle moreneryggar, opptil 8 m høge, dannar dette morenebeltet.

### **5.3.2 Høgemo-stadiet**

Dette representerer eit nytt opphald i isavsmeltinga, etter Gaupne-Høgemoen interstadial.

#### **5.3.2.1 Jostedalsområdet.**

Brefrontdeltaet Høgemoen i Gaupne er lagvis bygd opp av breelvsand og grus til eit fjordnivå på 89 moh., 10 m lågare enn Gaupne-stadiet, og rundt 200 år seinare i tid.

Eit liknande frontdelta, Reidarmoen (82 moh.) 2 km lenger nord, og Hausamoen (78 moh.) 1 km NØ for Reidarmoen. Blir også knytt til Høgemo-stadiet. Det finst ein liten rest av tilsvarande sidemorener i Vigdalen 760 m.oh. Ein terrasse 740 moh. proksimalt for morenene frå Gaupne-stadiet, tyder på at der har vore eit bredemt vatn i Vigdalen under Høgemo-stadiet.

### **5.3.2.2 Fjellområdet mellom Jostedal og Mørkrisdal.**

Det er funne nokre randmorener innafor Storehaug-fase morenene. Men om dei høyrer til Høgemostadiet er vanskeleg å seie.

Vorren antyder at dalbreane i dette området hadde smelta bort før Høgemostadiet, og at den sørlege brekanten i dette fjellområdet låg nord for Spørteggbreen under Høgemo-stadiet.

### **5.3.2.3 Mørkrisdalsområdet.**

Breposisjonen er her markert av eit sandurdelta ved Meljadn 5 km nord for dalmunningen. Sanduren\* er 500 m lang, og ligg langs innsida av ein skarp dalsving. Fjordnivået er her 95-97 moh. Skildanden til Gaupnestadiet blir då omtrent den same som i Gaupne.

Det er ikkje funne sidemorener som tilsvarar Høgemo-stadiet, men ein sidebre i Bolstad-Sveigdal har avsett endemorener 980 moh. etter at breen i Mørkrisdalen hadde trekt seg opp forbi der.

Aust for Spørteggbreen tyder skuringsstriper på ei austleg bretunge der på slutten av avsmeltinga. Vorren nemner ein blokkrik morene 1240-1200 moh. aust for Grånosi, som truleg markerer den nordlege delen av denne bretunga. I så fall må overflata av Mørkrisdalsbreen her ha vore lågare enn 1200 m under Høgemostadiet.

### **5.3.2.4 Fortundalsområdet**

Som i Mørkrisdalen ligg der her ei frontavsetning med sorterte sediment, ca. 6 km inne i dalen, rekna frå Fortun. Havnivå er vanskeleg å bestemme då øvste delen av overflata på den glasifluviale\* avsetninga er dekt av ur.

Av tilsvarande sidemorener er det funne 3-4 parallelle ryggar 890 moh., 20 km oppe i dalen. (Etter Vorren 1973)

### **5.3.2.5 Fjellområdet aust for Fortunsdalen.**

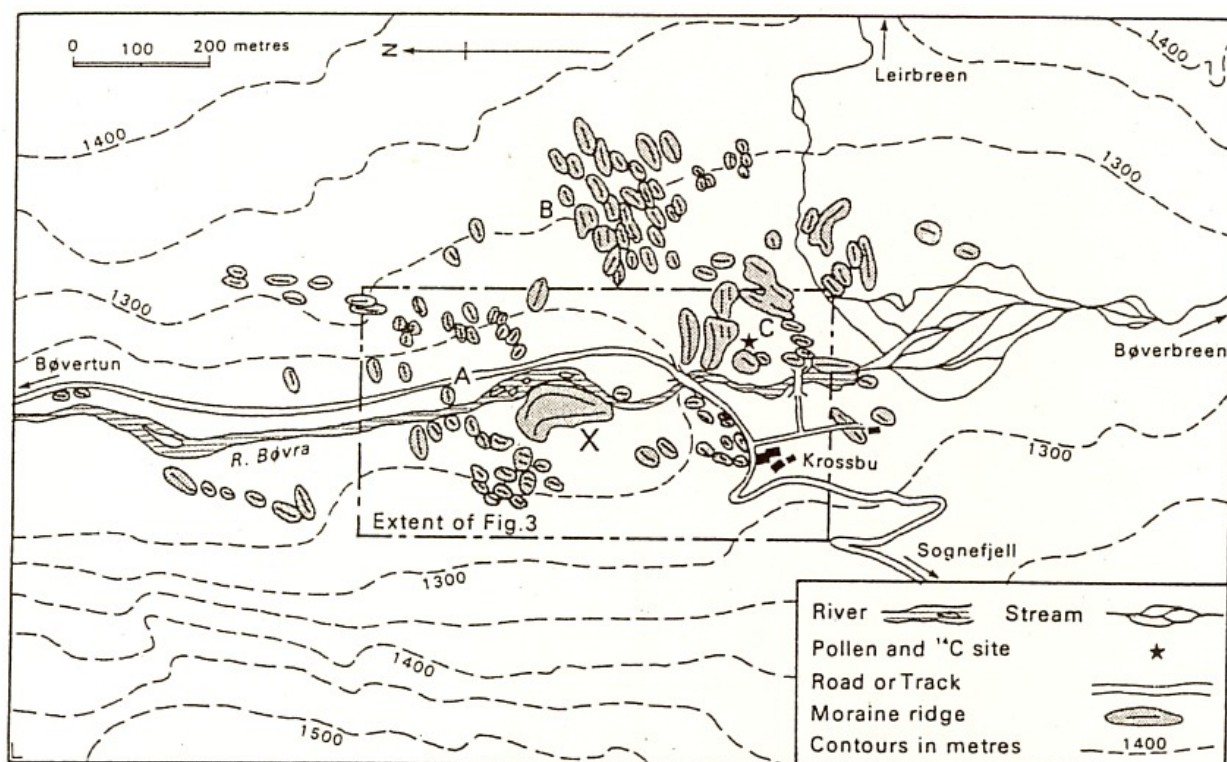
Også under Høgemo-stadiet var det istilførsel frå Granfastadalen. I dalmunningen er det funne restar av moreneryggar, ca. 150-200 m lågare enn morenene frå Gaupne-stadiet. Der elva renn inn i Skålavatnet frå sør, ligg ein 7 m høg morenerygg mellom 1230 og 1260 moh. Også nokre av dei små morenene i Rya-dalen proksimalt for Gaupne-stadiet kan tilhøyre Høgemo-stadiet.

Vorren (1973) meiner at Høgemostadiet er ei tid med stagnasjon i tilbakesmeltinga. Årsaka er at frontavsetningane kun er danna av smeltevatn. Gaupnestadiet var derimot prega av kaldare klima med breframrykk. Tida for dette stadiet er  $9100 \pm 100$   $^{14}\text{C}$ -år før notid. Dette kan tilsvare Erdalstadiet i Jostedalsbreamrådet.

### 5.3.2.6 Preboreale morener i Breidsæterdalen

Ved Krossbu øvst i Breidsæterdalen finn vi ei rekkje ryggformer. Meir enn hundre former er kartlagde (Fig. 27, Shakesby mfl. 1990). Dei varierer frå ryggar og hauger som berre er 1 m høge og få m lange, til opptil 6 m høge 100 m lange og 70 m breie ryggar. Dei største kan vere noko utflata oppå, eller ha fleire toppar. Den aller største (X på Fig. 27 og 28) er ein bogeforma rygg, 10 m høg, 140 m lang og 70 m på tvers. Dei fleste ryggane, særleg dei på det flate terrenget aust for Krossbu, ligg på tvers av isen si rørsleretning. Lenger nede i dalen har ryggane som ligg tvers over dalen ein tendens til å bøye av i dalsidene (Fig. 27). Eit unntak er den store ryggen X med lengdeakse langs dalen.

Det er litt ulike tolkingar av ryggane ved Krossbu. Vorren (1973) tolka haugane og ryggane både i Breidsæterdalen og andre sidedalar som ablasjonsmorene\*, og i nokre tilfelle som erosjonsrestar etter botnmorene. Shakesby mfl. (1990) diskuterer om det kan vere rogenmorener\* som er danna under is. Alternativt nokre kan vere randmorener. Dei er då, som namnet seier, danna i kanten av breen enten når fronten låg i ro eller rykte fram.



**Fig. 27** Moreneryggar og haugar ved Krossbu, Breidsæterdalen (etter Shakesby mfl. 1990).





**Fig. 28** Lokal endemorene (merka x) etter botnbre nedafor Krossbu i den vestre dalsida. Sett mot S.



**Fig. 29** Frå Lomsggei som utgjer det nordaustre hjørnet av Breheimen, sett mot Ø. Nedafor Lom er Otta-elva grå av leirslam som kjerm med Bøvra.

Ryggen X (Fig. 27 og 28) passar ikkje inn i nokon av dei to tolkingane. Austsida av ryggen er erodert av elva Bøvra, og fleire snitt syner usortert og ulagdelt morene gjennom heile. Både dimensjonen og bølgeforma på den store ryggen med to parallelle ryggformer oppå, kan tyde på at han er avsett av ein liten botnbre i den vestlege dalsida. For å teste dette har ein samanlikna rundingsgraden på steinmaterialet i denne morenen og 8 andre ryggar som er

tolka som avsetningar etter bre i hovuddalen. Det viste seg at steinmaterialet i ryggen X var mindre runda enn i dei andre ryggane, noko som støttar tolkinga med lokalt opphav frå ein liten botnbre. Ein slik botnbre vart truleg for ein stor del mata med drivsnø frå Sognefjellsplatået vest for breen.

To dateringar av torv under elvegrus viste  $7810 \pm 90$  og  $8350 \pm 190$   $^{14}\text{C}$ -år før notid. Isavsmeltinga må då ha vore noko tidlegare, og korrelasjon med Erdalstrinnet i Nordfjord er sannsynleg. Eit felles trekk er kort avstand frå desse til Vesle istids morener som her ligg opp mot Bøverbreen og Leirbreen.

Konklusjonen er at ryggane ved Krossbu syner at der var brear i Preboreal tid. Mange av ryggane kan vere danna under isbrear, som rogenmorener. Men i det minste nokre av dei ser ut til å vere randmorener. Ein periode med botnglasiasjon har truleg vore samtidig med dalbreane her. Isavsmeltinga er seinare her enn i Gaupne-Skjolden. Truleg er morenene samtidige med dei eldste ved Fanaråken-Styggedalsbreen. (Omtalen frå Krossbu er frå Shakesby mfl. 1990).

### ***5.3.3 Morener i Høydalen og Dumdalen***

På ei deltaflate i vestenden av Høydalsvatnet ligg ein 6-7 m høg rygg, mest sannsynleg endemorene (Fig. 31). Både i den nordlege og sørlege dalsida er det mindre ryggar som tilsynelatande har tilknytning til den på elvedeltaet, sjølv om dei ikkje er samanhengande. Dei stig mot aust, og det ser difor ut til at desse og endemorenen er avsette av ei bretunge frå aust. Straumlineformer i fast fjell langs – og i vatnet - har tydelege støt- og lesider som syner brerørsle frå aust mot vest (Fig. 30).

Om ein ser dalføret i tilknytning til Jotunheimenmassivet i aust, er det også sannsynleg at ein stor Jotunheimen-bre som har smelta seinare enn i breane i lågareliggande område omkring, har sendt ei tunge vestover i Høydalen. Rett nok ligg Hestbre-massivet i nord like nær som



**Fig. 30** *Isskurte svaberg med støt- og lesider ved Høydalsvatnet. Formene viser at isbevegelsen har vært mot vest (høgre), dvs. oppover dalføret.*

Jotunheimen. Der må det også ha lege store brear lenge, og dei kan ha sendt tunger ned mot Høydalen. Det er likevel eit mindre massiv med brear som for ein stor del har drenert mot NØ gjennom Lundadalen. Topografien tyder på det. Liabreen i vest har nok også sendt ein arm litt nedover mot Høydalen. Frå Liabrekulen vil likevel ismassene drenere i fleire retningar.



*Fig. 31 Endemorene i vestenden av Høydalsvatnet.*



*Fig. 32 Austenden av Høydalsvatnet. Iserodert landskap med fleire dalgenerasjonar.*

Også i Dumdalen ligg ein tydeleg 5-6 m høg randmorene omtrent tvers over dalen nede ved samløpet med Breidsæterdalen. Ryggen har ei bogeform som tyder på avsetning frå aust, på same måte som i Høydalen.

### **5.3.4 Den endelege isavsmeltinga**

#### **5.3.4.1 Jostedalen**

Dalbotnen i nedre Jostedalen ligg så lågt at fjorden kunne følgje etter då brefronten trekte seg oppover. Det vart danna marine terrassar oppover. 3-400 m nord for Hausamoen ligg Ytamoen med terrasseoverflate 75 moh. som markerer høgste fjordnivået der. Leirdøla avsette eit delta i "Jostedalsfjorden" opp til 75 m. Sidan alle høgste terrassane N for Hausamoen ligg omtrent 75 moh., er det sannsynleg at dei var oppbygde til fjordnivå, og at tilbaketrekkinga av brefronten har vore rask i dette området.

Vidare nordover Jostedalen ligg ein del randmorener frå siste del av avsmeltingstida. Særleg i sidedalane. Ein sidemorene (frå breen i hovuddalen) i munningen av Sprongdalen 900 moh. Morenen er 2-3 m høg på distalsida og svært blokkrik. Innover dalbotnen i Sprongdalen finst fleire blokkrike moreneryggar, men mange med fjellkjerne.

#### **5.3.4.2 Fortundalsområdet**

Vorren nemner ei abrasjonsflate 87 moh. proksimalt i Fortun-frontavsetninga. Vidare ravinert moreneoverflate 87 moh. i den motsette dalsida. Vidare nordover er det enkelte terrasserestar i same høgde, og dette tyder på hurtig tilbakesmelting av brefronten.

#### **5.3.4.3 Sidedalar og fjellområde**

Her er det få avsetningar som kan fortelje om avsmeltinga. Botnen av Granfastadalen er fullstendig naken. Mange jettegryter vitnar om intens subglasial drenering.

Avspylt dalbotn finn vi og nedafor Nørdstedalseter (Fig. 33).

I Middalen er dalbotnen fylt av haugforma blokkrik ablasjonsmorene. Ablasjonsmorenen går stadvis over i reint breelvmateriale.



*Fig. 33* Blankskurt terreng øvst i Fortunsdalen



*Fig. 34* Isskurt dalbotn øvst i Nørdstedalen.



Fig. 35 Endemorene i nedre del av Middalen.

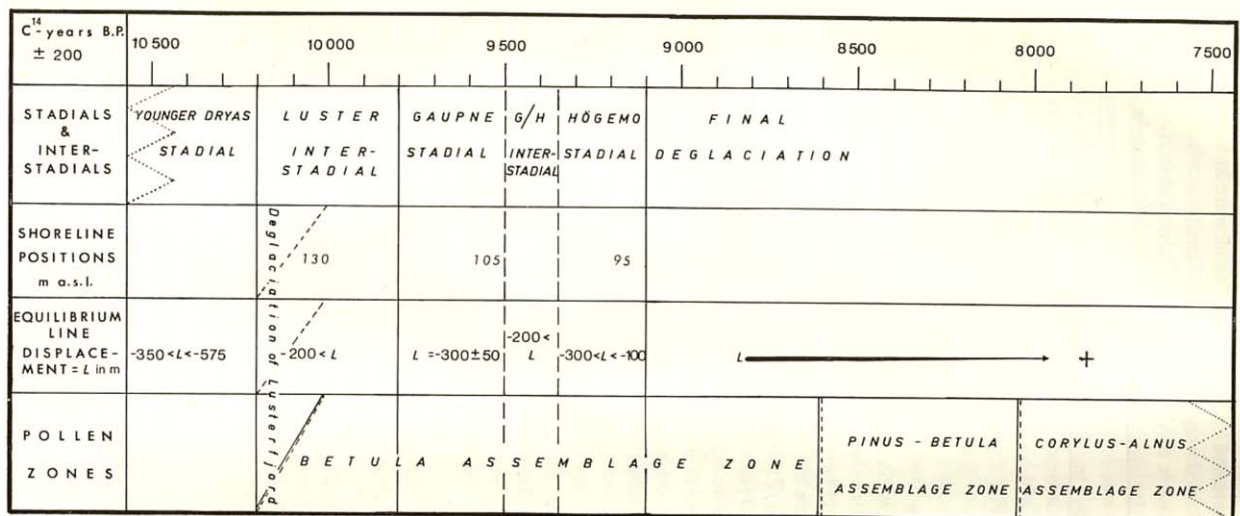


Fig. 21. Correlation chart. The Younger Dryas equilibrium line displacement is based on various authors' results elsewhere in Norway (see text). The shoreline positions refer to Inner Lusterfjord and Mørkrisdalen. The pollen zones are based on data given in Fig. 20.

Fig. 36 Tidsskjema for avsmeltingshistoria. (Vorren 1973)

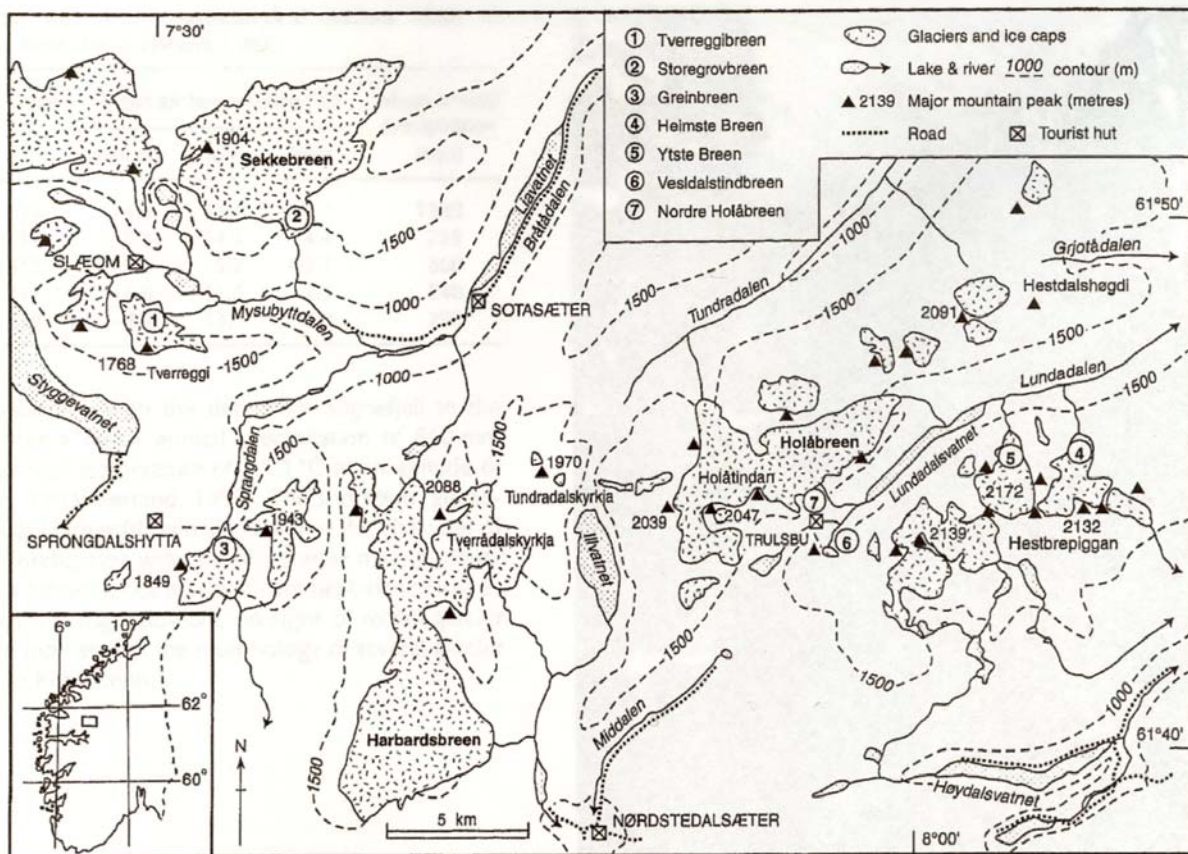


Fig. 37 Lokalisering av undersøkte relativt lågtliggende brear (etter Winkler mfl. 2003)

#### 5.4 Morener frå "Den vesle istida" (ca. 1400 – 1850)

På same måten som Jostedalsbreen må ein anta at alle breane i Breheimen var smelta i tida ca. 8000-5000 <sup>14</sup>C-år før notid då klimaet var mildt. For Spørteggbreen er historia undersøkt av Nesje m. fl. 1991 (Fig. 48).

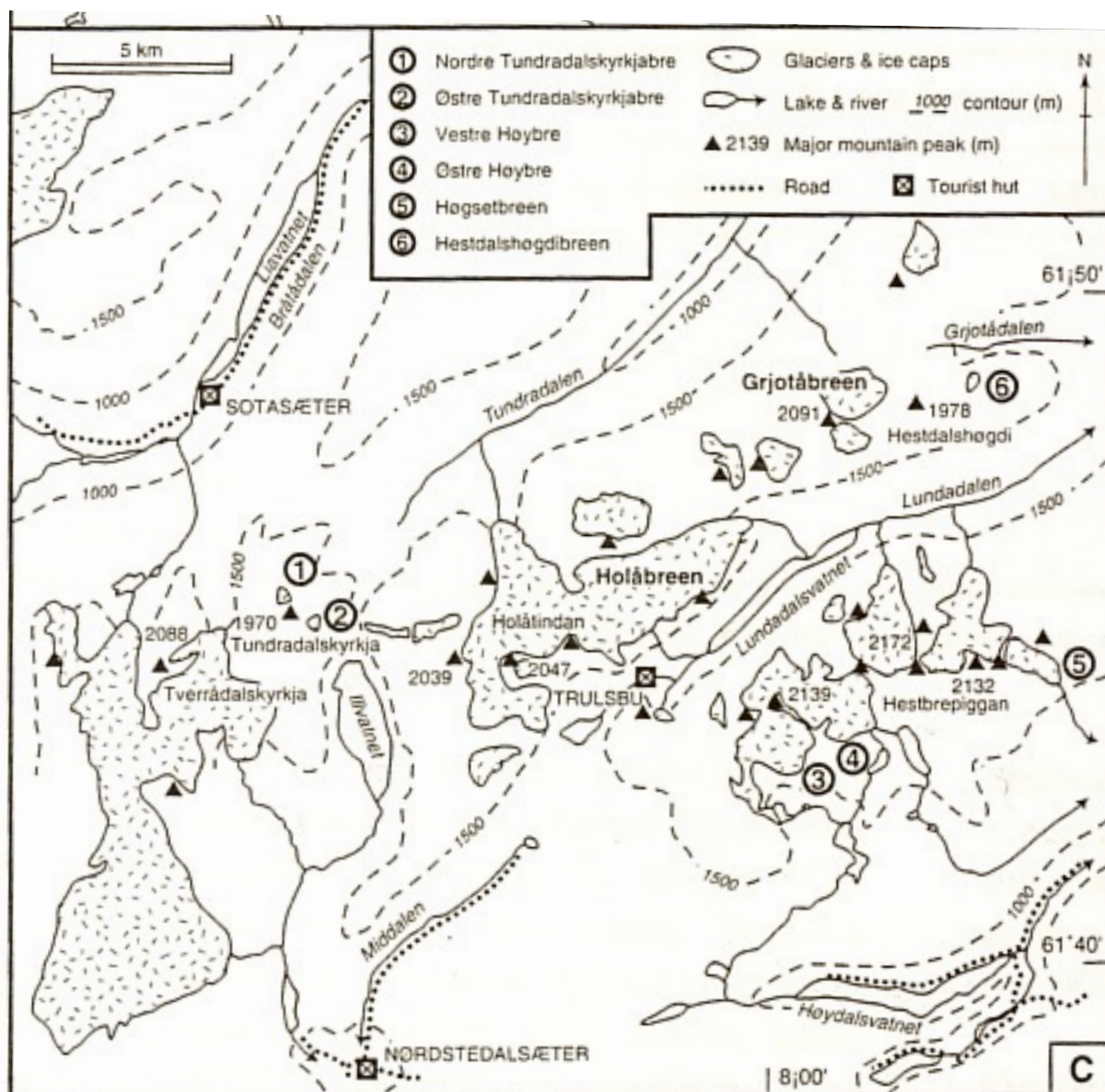
Med kaldare klima kom breane att. Truleg raskare enn Jostedalsbreen sidan det er snakk om mindre brear. Men også nedbøren er mindre (1380 mm i Jostedalen og 739 i Fortun).

I tillegg til Spørteggbreen er variasjonar for sju andre relativt lågtliggende brear (Fig. 37) undersøkte med ulike metodar (Winkler m. fl. 2003). Breane er tempererte og har då ein gjennomgåande temperatur som tilsvarar trykksmeltepunktet for kvar bre. Desse er Tverreggibreen og Sekkebreen ved Mysubyttaldalen, Greinbreen, Heimste breen, Ytste breen, Vesledalstindbreen og Nordre Holåbreen.

Seks brear som ligg høgare enn 1500 m (Fig. 36), og er rekna som 'kalde', er nærare undersøkte av Shakesby mfl. 2004. Permafrostgrensa\* i Breheimen ligg på 1460 moh., men inntil 100 m lågare lokalt, og ein reknar med at brear som ligg høgare enn dette har minusgrader gjennom heile ismassen. Brear av denne typen er Høgsetbreen, Østre Høybreen og Vestre Høybreen på sørflanken av Hestbrepiggane-massivet. Vidare er det Østre og Nordre Tundradalskyrkjebreen og Hestdalsløgdbreen.

Det er kartlagt opptil 12-13 randmoreener framfor nokre av breane, men det mest vanlege er 8 moreneryggar frå følgjande tidsrom: 1793-1799, 1807-1813, 1845-1852, 1859-1862, 1879-1885, 1897-1898, 1906-1908 og 1931-1933. Dateringsmetodane er lichenometri, Schmidt-hammer og  $^{14}\text{C}$ . Og det er ikkje funne eldre holosene morener enn frå Den vesle istida.

Vi vil kome tilbake til desse morenene under omtalen av enkeltområda/breane.



**Fig. 38** Lokalisering av undersøkte relativt høgtliggende brear (Shakesby mfl. 2004).



## 6 FORVITRING OG SKRED

Forvittringsmaterialet kan delast i to grupper. Den eine er knytt til bergartar som smuldrar lett opp, td. fyllitt og glimmerskifer. Denne typen har stor utbreiing i området frå nedre Jostedalen til Mørkrisdalen. Der er store areal av forvittra lausmassar. I dal- og fjellssidene er det ofte vollar og tunger som syner at jorddekket sig nedover. Den austre dalsida er eit godt eksempel (Fig. 46).

Den andre typen er blokkhav\* i høgfjellet. Dette er mest vanleg i gneisområdet. Store areal av blokkhav finn vi på slake viddeparti 1400-1800 moh. over alt i gneisområdet.



*Fig. 39 Forvitring i kanten av snøfonn nord for Vongsen.*

Skred av ulike typar finn vi over alt i bratte dalparti. Der dal- og fjellssidene er bratte nok, over 45°, er *steinsprang* og *fjellskred* vanlegast. Den indre delen av Lustrafjorden med Dalsdalen, Mørkrisdalen og Fortunsdalen er kanskje mest utsett for steinsprang og fjellskred. Der har breane forma stupbratte fjord- og dalsider. Berre i Dalsdalen er det registrert 7-8 større og mindre fjellskred over ein strekning på ca. 5 km. I tillegg dekkjer urar dei nedre dalsidene mest overalt. Dette gjeld både Mørkrisdalen, Fortunsdalen og delar av Jostedalen med sidedalar.



*Fig. 40* Lause blokker i fjellsida vest for Fortun.



*Fig. 41* Tussen, sprekker oppå fjellplatået, foto mot Ø.

*Tussen-Skurvenosi* er fjellpartiet mellom nedre Fortunsdalen og Mørkrisdalen. Bergarten er glimmerrik gneis, mylonittisk gneis, kvartsmylonitt og fyllitt/phylonitt (Henriksen 2001). Dalsidene er opptil 1200 m høge og stupbratte. Øvst i dalsida mot Fortunsdalen er særleg tre skred tydelege. Det er skålforma bakveggjar med lange blokktinger nedafor. Blokkene kan vere store som hus.

Oppå fjellplatået er berggrunnen kraftig oppsprukken i eit 2 km langt og 500 m breidt belte. To grabenstrukturar, 50-60, og 20-30 m breie, med strøkretning NNV dannar markerte topografiske mønster (Fig. 41). I den vestlegaste av grabenstrukturane ser sentralblokka ut til å ha sige 15-20 m ned. Den austlege grabengrøfta er lengst aust på fjellplatået og går delvis ut i fjellsida mot Fortun (Fig. 31). Forvittringsmateriale frå overflata sig ned i sprekkene. Det tyder på at sprekkene er aktive i dag (Henriksen, H. i A.R. Aa (red.) 2001).

Flyfoto syner at det også oppå kanten av platået aust for Fortunsdalen er lange sprekker. Det same er tilfelle utover langs Lustrafjorden, td. NV for Høyheimsvik.

*Snøskred* er svært vanlege i Breheimen. Særleg i nord- og NØ-vende lesider. Men også andre stader, i botnar og skar der snø blir samla opp. I solsider er snøskred vanlege utover våren.

Lausmassar frå skred er heilt dominerande på det kvartærgeologiske kartet over Dalsdalen, Mørkrisdalen og Fortunsdalen. I øvre Jostedalen er det omtrent like mykje skred- og moreneavsetningar. Men i Breheimen elles har nok morene større utbreiing enn skredavsetningar.

Skred i Breidsæterdalen er omtalt i kap 7.19.

## 7 DELOMRÅDA

### 7.1 Dalar

#### 7.1.1 Jostedalen

Jostedalen markerer vestgrensa for Breheimen. Vi har difor berre teke med litt frå hovuddalen og dei austlege sidedalane.

Jostedalen er danna langs ei gammal NS forkastingsline som var aktiv i slutten av tertiær. Markerte dalsvingar og trangt tverrprofil fortel tydeleg at rennande vatn har stått for det meste av utforminga. Isen har erodert ein del, men ikkje makta å rette dalen ut. Dei austlege sidedalane inn i Breheimen dannar eit forgreina fluvialt mønster. Vi ser tydeleg kontrastane til dei vestlege glasiale sidedalane mot Jostedalsbreen. Rett nok er Vanndalen og Geisdalen glasiale dalar i vestkanten av Spørteggbreen. Men det forgreina dalmønsteret i ein stor del av Breheimen understrekar at der ikkje er samanhengande bremassiv som Jostedalsbreen, men ei samling av mindre brear som heller ikkje er like aktive som Jostedalsbreen.

#### 7.1.2 Vigdalen

Frå den hengande munningen mot nedre Jostedalen, når Vigdalen med forgreiningar 12 km nordaustover mot Spørteggbreen. Vigdøla drenerer den sørlege delen av Spørteggbreen, og er slamførande om sommaren. Den nedste delen av Vigdalen er trong og V-forma. Den midtre delen er open og vid, medan den øvste delen har meir glasialt preg. Ved Vigdalstølen har den djupe Dalsdalen erodert seg inn i Vigdalen og nesten fanga opp Vigdøla. Med tida vil kanskje Vigdøla ta vegen til Lustrafjorden via Dale. 5 km lenger NØ ser vi det same. Ei nordleg grein av Dalsdalen har her ete seg opp til Vigdalen. Dette kan ha med berggrunnen å gjere. Kambrosilur-skiferen mot Lustrafjorden er lettare å grave i enn gneisen nedover Vigdalen.

Berggrunnen langs dalbotnen og i den vestlege dalsida er gneis. Dette gir nakne fjellsider med lite lausmassar og vegetasjon. Kontrasten til glimmerskifer og fyllitt litt oppe i den austlege dalsida er stor. Desse gir eit mørkare preg på overflata som gjerne er dekt med forvittringsjord og tett vegetasjon. Jordsig (solifluksjon) i NV-sida av Fivlenosi dannar mange vollar og tungar.



*Fig. 42 Sidemorene over Storehaug i Vigdalen.*



*Fig. 43 Vigdalstølen ligg på ein 9500 år gammal endemorene.*

Lausmassane i Vigdalen er dominerte av morene langs dalbotnen opptil Vigdalstølen. Derifrå opp til Vierøy er dalbotnen ganske naken. Det same gjeld den vestlege dalsida, men i den austlege finn vi randmorener og ein del ur. Her kan det vere lett å forveksle randmorener med fjellryggar som kun har eit tynt lag av lausmassar oppå. Ei grein av dalføret svingar mot NV og endar bratt i Fantelibotnen. Dette er ein naken dalende, med unntak av ur under dei brattaste dalsidene.

#### **7.1.2.1 Randmorener.**

Dei store randmorenane ved Vigdalstølen og Storehaug er tidlegare omtalte under Gaupnestadiet. Vigdalstølen er eit nøkkelområde for rekonstruksjonen av Gaupnestadiet.

Tre særleg fine moreneryggar kan følgjast over Storehaug ned mot Breisete og Vigdalstølen. Den austlegaste av desse er 10-15 m høg og svært skarp.

Formene viser at ryggane er avsette framfor ei bretunge i SV. Det vil seie framfor ismassar som vart pressa oppover Vigdalen frå dalbreen i Jostedalen.

Også andre stader i Jostedalen finn ein liknande forhold som viser at fleire sidedalar vart isfrie før hovuddalen.

Vigdalstølen ligg på dei tilhøyrande ende- og sidemorenane vest for elva. Her er avsett så mykje lausmassar at moreneryggane flyt stadvis i hop. Like nord for desse er eit haugforma dødislandskap med 2-3 m høge haugar og ryggar.

I dalbotnen om lag midt mellom Vierøy og Breisete ligg ein fleire hundre m lang og 4-5 m høg blokkrygg.

900 moh. svingar Vigdalen mot aust og flatar ut. I dalsvingen ligg det store blokkryggar ned frå den austre dalsida. Ryggane er 2-10 m høge. I første omgang ser det ut som store moreneryggar. Men ved nærare ettersyn er mesteparten fast fjell, med eit lag av grus og blokk oppå. I sjølve dalbotnen er det haugar og ryggar av meir sortert sand og grus, til dels forma som endemorener. Like aust for det oppdemde vatnet ligg ein endemorene tvers over dalen, og demmer ei ca. 200x200 m stor myr.

Vidare nordaustover den slake delen av Vigdalen er det fleire skarpe ryggar på skrå av dalen, men igjen er det mest fast fjell. Mellom fjellryggane ligg små sand- og grusflater langs elva.



*Fig. 44 Randmorene, Vierøy.*



*Fig. 45 Oppover Vigdalen, ved Vierøy.*

Til slutt svingar Vigdalen mot nord og NV og endar i Fantelibotnen mellom Vongsen og Spørteggreen. Oppover den slake dalbotnen finst stadvis morenemateriale i små haugar og ryggar. Men tydelege randmorener manglar, så det har neppe vore lokal bre i Fantelibotnen.

Dalføret er elles prega av store urar, til dels i kjegleform, i den austlege dalsida.

Turstien frå Vigdalen til Fast svingar mot aust og SØ gjennom eit område med store blokkryggar i oppstigninga til Hamarsdalen. Dei kan tolkast som randmorener tilhøyrande Gaupne-stadiet.

Hamarsdalen er ein 4 km lang fjelldal aust for Vigdalen. Dalføret som har preg av iserosjon, startar i NØ ved Hamarsdalsbandet 1400 moh., og endar som ein hengande sidedal 200 m over Smørvevatnet.

I den austlege munningen av Hamarsdalen ligg tre endemorener som alle er avsette frå nord. Avstanden mellom dei er 60-70 m. Den ytste og eldste ligg på kanten av stupet ned til



*Fig. 46 Forvitring og jordsig, Hamarsdalen*



Smørvevatnet. Dette er den største med tydelegast form. Moreneryggen er mest 300 m lang, 6-8 m høg, og har utprega sikk-sakkform i lengderetninga, med skarpe knekk på over 90 grader. Dei to andre endemorenene er mindre, om lag 1 m høge. Moreneryggane demmer nokre små tjern.

I den austre dalsida kan ein følgje dei tilhøyrande sidemorenene fleire hundre meter.

Hamarsdalsmorenene er truleg danna på same tid som Vigdalsmorenene, i Storehaug-fasen (Vorren, 1973).

Den austre dalsida er elles prega av forvittringsjord og solifluksjon (jordsig).

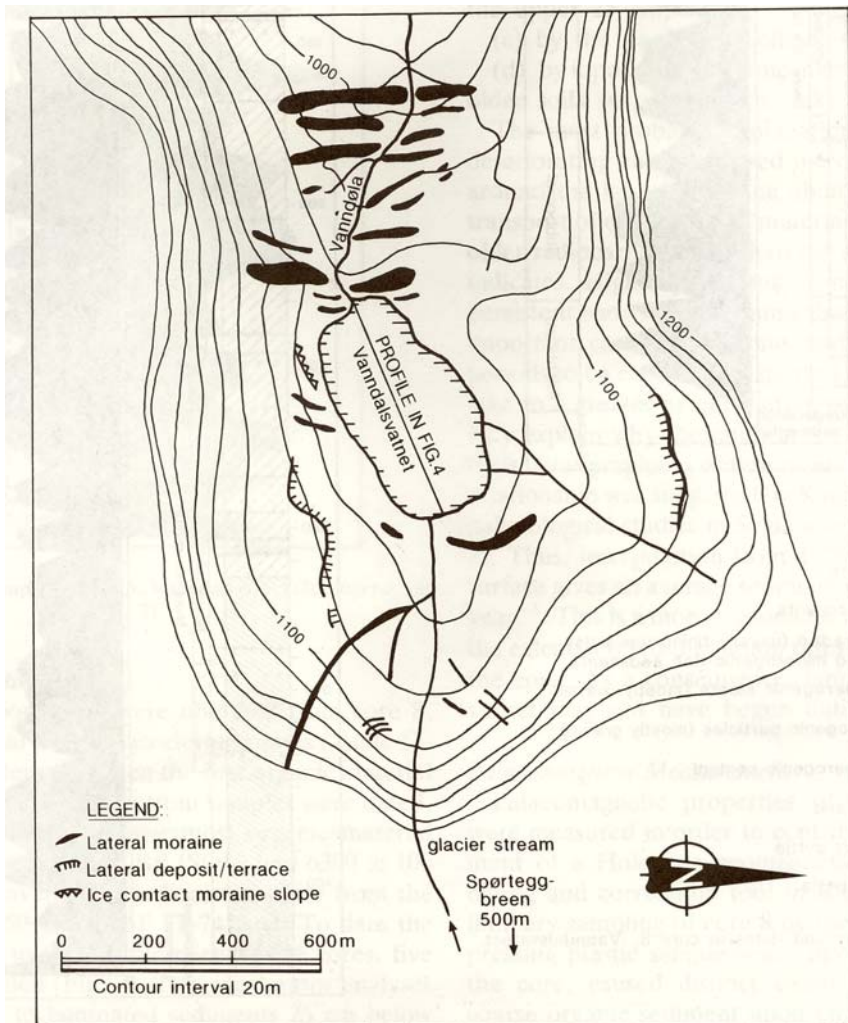
### ***7.1.3 Vanndalen, og Spørteggbreen si historie***

Mellom Jostedalen og Spørteggbreen finn vi dei austlege sidedalane Geisdalen og Vanndalen som flyt i hop før dei munnar hengande ut i Jostedalen.

Ein serie på i alt 8 parallelle moreneryggar syner at dalbreen i Jostedalen har sendt ei tunge inn i Vanndalen. Denne sidedalen må difor ha vort isfri før hovuddalen under avsmeltinga etter siste istid. Terrasserestar i dalsidene rundt vatnet kan tyde på at ein bresjø har vore oppdemd til ca. 1100 moh.

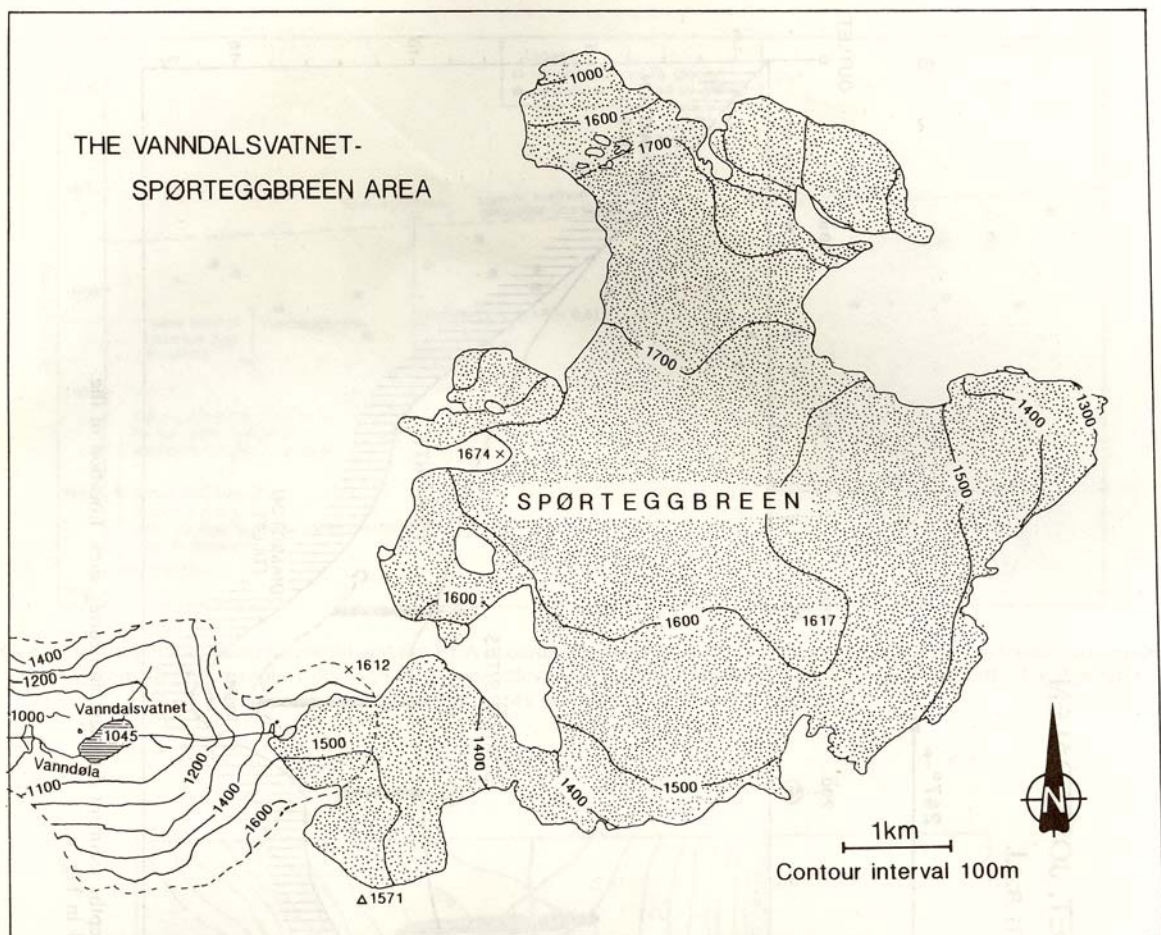
Elvane Geisdøla og Vanndøla er regulerte. Ein av brearmane til Spørteggbreen drenerer ned i Vanndalsvatnet og fører med seg breslam. Her har det vorte danna varv, eller årvisse vekslingar mellom fin- og grovkorna silt. Ved å studere varva kan ein påvise når tid Spørteggbreen har eksistert. Breen ligg så lågt at han er på grensa til å vere klimatisk død.

Dei eldste varva med breerodert materiale vart avsett i vatnet for ca. 500 år sidan. Då vart Spørteggbreen danna på nytt etter å ha vore borte sidan avsmeltinga etter siste istid. Dette stemmer godt med det ein har rekna med var starten på "Den vesle istida".



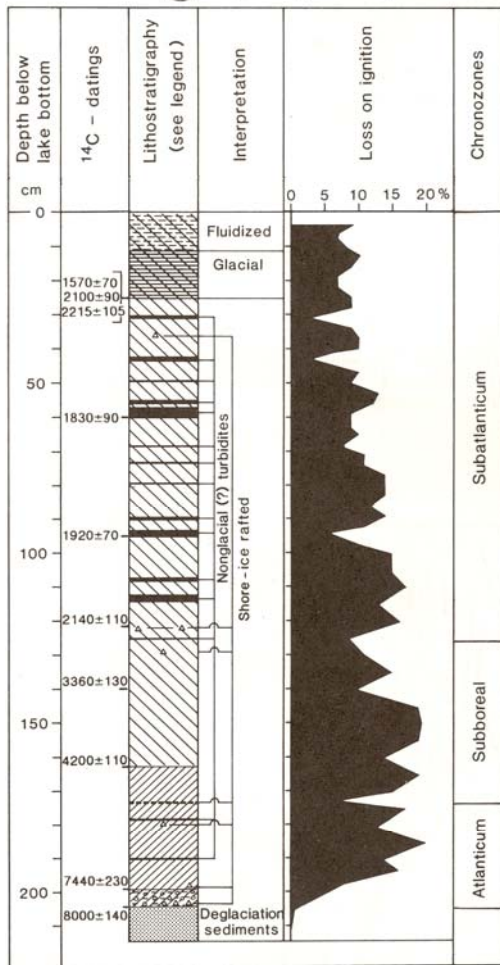
**Fig. 47** Sidemorener og terrassar som syner at breen i Jostedalen demde opp eit høgare vatn (bresjø) i Vanndølen. (Nesje mfl. 1991).

**Fig. 48** Kart over Spørteggbreen og dreneringsområdet til Vanndølsvatnet (Nesje mfl. 1991).



VANNDALSVATNET, JOSTEDALEN

CORE 8 (7°21' E, 61°35' N) 1045 ma.s.l.



LEGEND

- Fluid sediments
- Laminated sediments
- Massive to graded (usually fining upwards), none laminated minerogenic-rich sediments
- Layers of minerogenic clasts (mostly gravel)
- Isolated minerogenic particles (mostly gravel)
- Increasing minerogenic content
- Silt and fine sand
- Coarse detritus gyttja
- Fine detritus gyttja

G. 7. Lithostratigraphy and dates in core 8, Vanndalsvatnet.

CORE 7 (7°21' E, 61°35' N) 1045 ma.s.l.

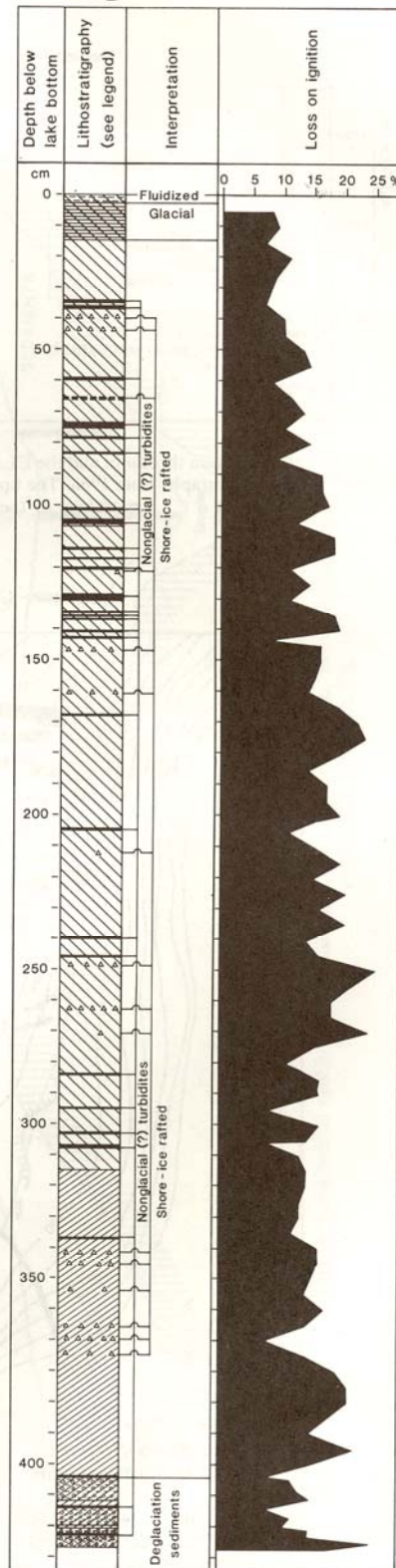


Fig. 49 Stratigrafien i to borkjerner fra Vanndalen (Nesje mfl. 1991).

#### **7.1.4 Fagredalen – Holmevatnet - Holmevassnosi**

Dette er ein relativt bratt sidedal mot NØ frå Fåberg. Elva er regulert ved inntak like nedafor Holmevatn.

I den nedre delen, Vetlestølsdalen, er det samanhengande og til dels tjukt morenedekke. Anleggsvegen har blottlagt mange snitt i morenen.

Frå fyllmassene ved 1000 m tynnar morenedekket ut, og vidare opp mot Holmevatnet går mange fjellryggar på tvers og skrå av dalbotnen. Mellom desse er morenedekket tynt og usamanhengande. Den nedre delen av dalsidene er dekkja av ur og skred.

Frå vestenden av Holmevatnet (1286) kan ein morenerygg følgjast mot NØ opp til ca. 1400 moh. Elles er landskapet i dette området ganske nake. Nokre fjellryggar (holmar) kan følgjast gjennom vatnet i strøkretninga NØ-SV (Fig. 50).

Holmevatnet manglar breslam sjølv om det ligg så nær Spørteggbreen. Årsaka er eit par små vatn nærare breen som fangar opp slammet. Dei er grågrøne av breslam medan det store Holmevatnet like nedafor er nærast blått.

Nedafor dei små vatna ligg det tydelege randmorener, truleg frå Den vesle istida, og oppover mot breen breelvmateriale langs forgreina elvar, og eit fint delta blir utbygd i øvste vatnet.



**Fig. 50** Holmevatnet med Spørteggbreen i bakgrunnen.

På 1400 m-plataet SV for Holmevassnosi er gneisen karakterisert med ein horisontal benking. Dette er ei form for forvitring. Pga. trykkavlastering skalar overflata av i horisontale flak, eller fjellflak som er parallelle med overflata.

Oppover mot toppen av Holmevassnosi (1653) er gneislaga meir skråttstilte og står opp i skarpe ryggar i overflata. Mellom ryggane er det søkk som til dels har samla opp forvittringsgrus.

Frå toppen av Holmevassnosi er det fritt utsyn mot mange av breane i Breheimen, mot Hurrungane i SØ og Jostedalsbreen med Lodalskåpa i NV.



*Fig. 51 Endemorener mellom Spørteggbreen og Holmevatnet.*

### ***7.1.5 Sprongdalen og Sprongdalseggi***

Sprongdalen er den sidegreina av Jostedalen som ligg lengst mot NØ. Dalen kan følgjast over vasskiljet mot Surtbyttaldalen. Heile dalføret har glasialt preg med bratte dalsider og slak botn. Lausmassar er det heller lite av, men ved oppstigninga til Viva 900 moh. ligg ein markert sidemorene, 2-3 m høg på innsida. Elles er det ein del botnmorene innover mot Sprongdalshytta. Morenen er svært blokkrik med store blokker i overflata.

Dalbotnen er prega av mange haugar og ryggar. Det kan sjå ut som morenehaugar, men oftast er det fast fjell i dei, og eit tynt lag morene oppå. Skarpe fjellryggar ligg på skrå av dalen mot NØ. Dette er som i Fagredalen lenger SV.

På Sprongdalseggi er det lys gneis, med ein del forvittra blokk. Mest forvittringsmateriale finst rundt høgste varden (1121 moh.). Men elles er dette eit nake fjellparti, der snøen ligg langt utover sommaren. Difor er det også lett å finne isskuring på framsmelta fjellflater. Retninga

278° (VSV) er målt fleire stader på Sprongdalseggi. I vestskråninga finn ein større snøfelt, med nærast overgangar mot brear. Eit eksempel er ei lang fonn mot SSV frå varden. Der smeltar det fram firn\*, 11. august.

### 7.1.6 Mørkrisdalen

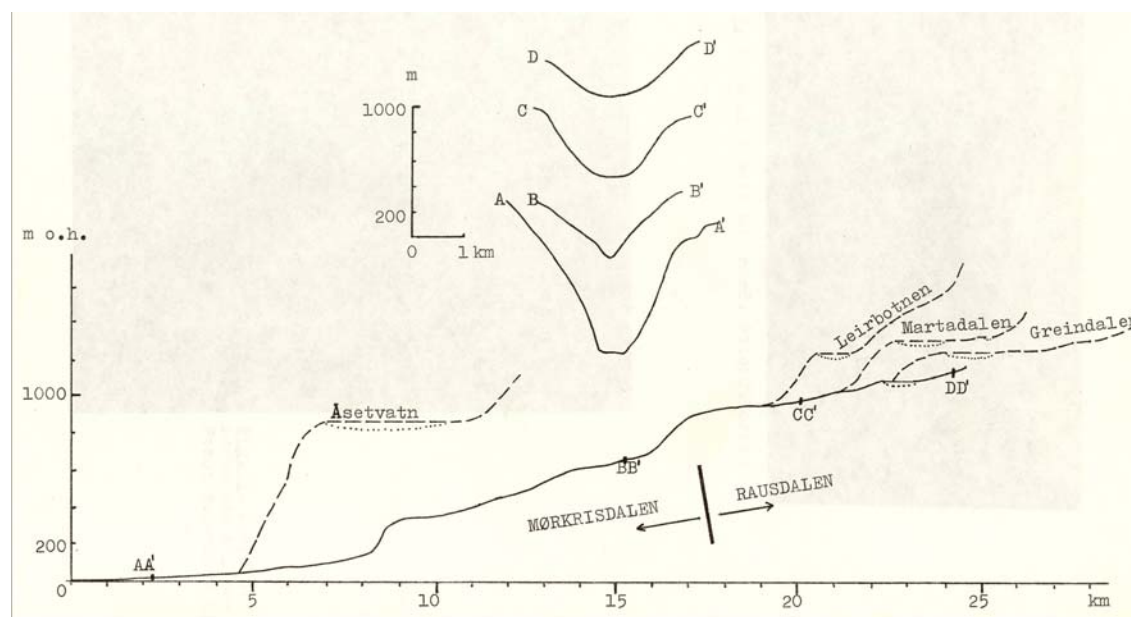
Berggrunnen i Mørkrisdalen og Åsete er omtalt under hovudkapitlet om berggrunn.

Mørkrisdalen er eitt av hovuddalføra i Breheimen. Frå munningen inst i Lustrafjorden strekkjer dalen og vassdraget seg nordover til hovudvasskiljet mot Ottavassdraget. Det grensar mot Fortunvassdraget i aust, Jostedalsvassdraget i vest og Dalsdalsvassdraget i sørvest. Sjølv om hovuddalen er djupt nedskåren, ligg størsteparten av vassdraget i høgfjell.

Over 80 % av nedslagsfeltet ligg over 800 moh. Fleire brear drenerer til vassdraget. Rekna frå vest mot aust er dette Spørteggbreen, Greinbreen, Tverrbotnbreen, Harbardsbreen og Sveidalsbreen.

Geomorfologien\* er tidlegare omtalt av Vorren (1970). Han skildrar Mørkrisdalen som ein yngre nedskjæring i det paleiske landskapet. Det paleiske landskapet som ein finn restar over store delar av landet, antar ein er danna i eit varmt og tørt klima i tertiær (Gjessing 1978).

Mørkrisdalen er den største nedskjæringa i det paleiske landskapet. Den trange og djupe dalen vart frå først av erodert av elvar i den paleiske dalbotnen, frå slutten av tertiær. Årsaker var den tertiære landhevinga og kaldare og våtare klima. Særleg den nedre og midtre delen av Mørkrisdalen er seinare utforma ved breerosjon. Det U-forma tverrprofil og trinnvise lengdeprofil syner dette.



**Fig. 52** Lengdeprofil av Mørkrisdalen og nokre av sidedalane (Anda og Olsen 1982, Fig. 3). Tverrprofil A – D er frå hoveddalføret (jfr. Fig. 56).



*Fig. 53 Nedover Mørkrisdalen.*



*Fig. 54 Øvre del av Mørkrisdalen, sett mot nord.*



*Fig. 55 Mørkrisdalen. Åsetvatnet i bakgrunnen, sett mot NNW.*

Dei nedre delane av dalbotnen er dekte av sediment. Fjell i dagen i vestre delen av dalmunningen tyder på ein terskel der, med sedimentfylt basseng innafor (Anda og Olsen 1982). Den øvre delen av Mørkrisdalen har elveerodert utforming (Fig.56, profil BB´). 4 km nord for Mørkri er eit restfjell i dalbotnen. Vorren (1970) meiner at dette kan vere danna av elveerosjon ved at elva tidlegare hadde sitt løp på austsida.

Også enkelte av sidedalane dannar nedskjæringar i det paleiske landskapet: Martadalen, Leirbotnen og Hauge-Sveiadalen har ei markert breerodert utforming. Ein finn også spor etter ein viss breerosjon i dei paleisk utforma dalføra, td. som terskel- og traufomer.

Store dal- og bassengformer er tidlegare omtalte. Av mindre former finn ein parallelle erosjonsformer eller ryggar i fast fjell NNW for Ofsarvarn. Dei er opptil 250 m lange, 10-15 m høge og danna ved breerosjon.



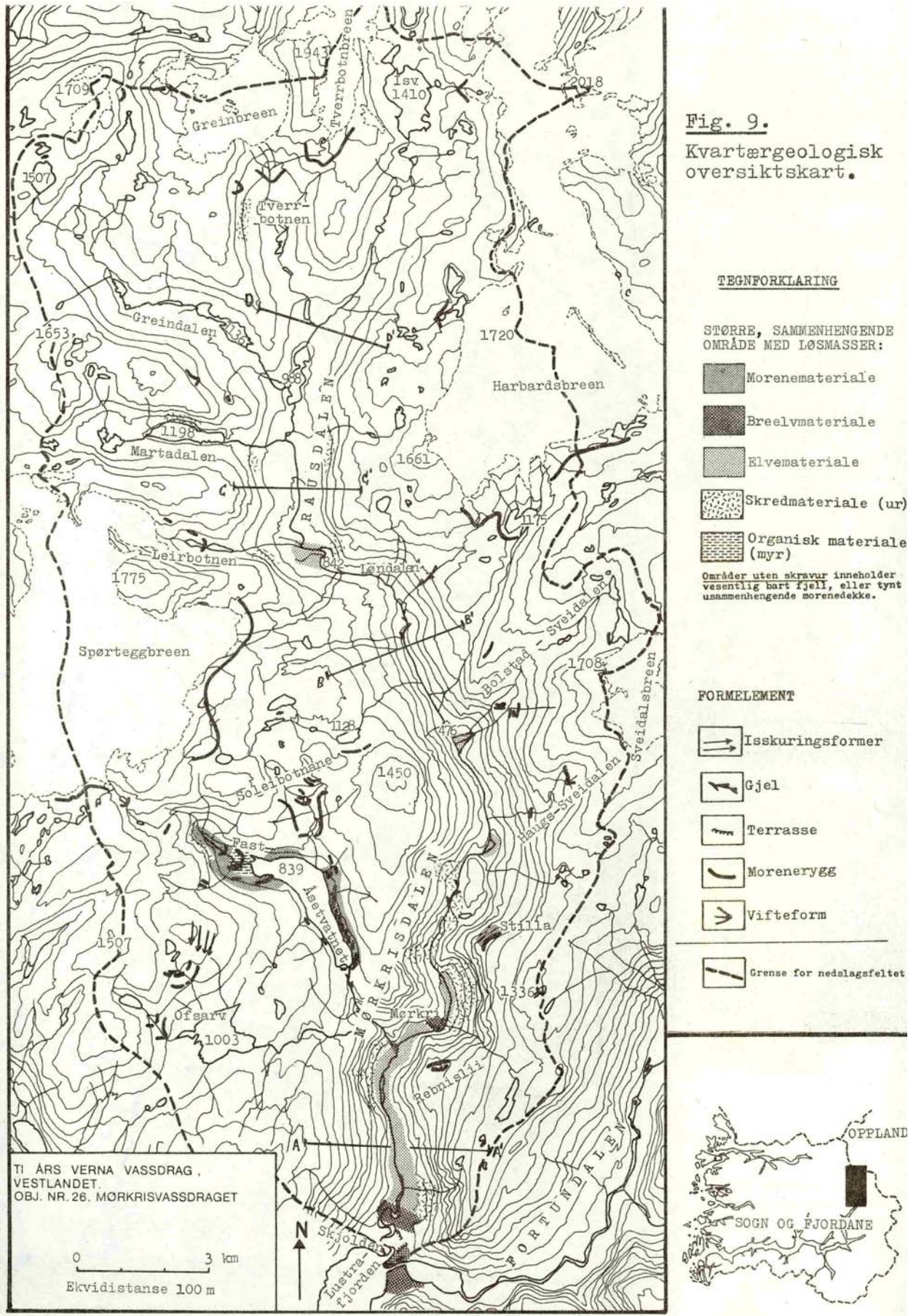


Fig. 56 Kvartærgeologisk oversiktskart over Mørkrivassdraget (Anda & Olsen 1982)

Større samanhengande botn- og ablasjonsmoreneavsetningar finn ein i første rekkje omkring Åsetvatnet. I Greindalen og Rausdalen er det haugforma, usamanhengande moreneavsetningar, dette er truleg ablasjonsmorene. I Greindalen finst dette meir ilagmed breelvmateriale. Vorren (1970) antar at desse formene er avsette i ein stagnerande bre under isavsmeltinga. Tilsvarande avsetningar førekjem også NV for Ofsarvatn. Elles finn ein mindre felt med botn- og ablasjonsmorene i fleire sidedalar og forsenkingar.

Moreneryggane i området kan delast i to grupper; dei eldste som er avsette under isavsmeltinga for knapt 10 000 år sidan, og yngre moreneryggar avsette dei siste hudreåra i ”Den vesle istida”.

Dei eldste moreneryggane er avsette av dalbrear frå innlandsisen, og ein botnbre i Haugs-Sveidalen. Ein sidemorene ved Rebnisli er tidlegare omtalt.



*Fig. 57 Moreneryggar ved Åsetvatnet.*

I området Åsetvatnet - Soleiebotnane finst mange ende- og sidemorener, td. ved Fast. Breutløparane i dette området hadde fleire framrykk. Vorren (1973) antar at desse moreneryggane vart avsette i Preboreal, mellom 10 000 og 9 500 <sup>14</sup>C-år sidan. Likevektslina låg då ca. 300 m lågare enn i dag. Dei yngste moreneryggane frå Den vesle istida finst like utafør breane i dag. Breane hadde då markerte framrykk.

Det er få breelveeroderte former innan vassdraget. Ein finn markerte gjel ved utløpet av Åsetvatnet, og i hovuddalen ca. 4 km nord for Mørkri og i dalsida aust for Lønsdalen. Desse er truleg danna subglasialt (under breen).

Dei største breelvavsetningane finn ein som breranddelta ved Bolstad og Mørkri. Elles finst mindre breelvavsetningar i nokre dalbotnar.

Det eldste breranddeltaet ved Bolstad vart bygd opp til havnivået på den tida, 105 m høgare enn i dag. Denne høgda representerer marin grense (MG)\* i dette området. Ettersom landet steig etter siste istid vart deltaet heva over havnivå, og utsett for elveerosjon. Under landhevinga vart det utvikla lågare terrassar, særleg tydelege i nivåa 26 og 11 moh. Materialinnhaldet i deltaet er lite undersøkt. Eit snitt i den vestre erosjonsresten syner runda stein og nokre blokker.

Ved Mørkri ligg ein erosjonsrest av eit noko yngre breelvdelta, ei 500 m lang og 50-100 m brei terrasseflate. Toppflata stig frå 95 moh. ytst til 102 moh. ved iskontaktsida. Vorren (1970 og 1973) omtalar dette som eit sandurdelta: eit breranddelta avsett opp til havnivået på den tida, med eit overliggande sandurlag som vart oppbygd noko over havnivå. Små snitt syner nedst lagdelt sand og grus med noko stein og blokk. Sandurlaget er bygd opp av stein og blokk. Vorren (op.cit.) antar at denne avsetninga vart danna for vel 9000 <sup>14</sup>C-år sidan.

Vidare innover Mørkrisdalen finst det små erosjonsrestar av breelvavsetningar, truleg danna som sandurar.

I Greindalen og Rausdalen ligg det spreidd breelvmateriale i lag med ablasjonsmorene. Truleg er det avsett under nedsmelting av stagnerande brerestar.

I tillegg til dalutforminga har det særleg vore elveerosjon i brerandavsetningane ved Bolstad og Mørkri. Dalbotnen i den nedre delen av Mørkrisdalen er dekt av elvemateriale, og elva har eit meandrerande\* løp lengst nede. Elles finn vi elvedelta i innløpet til dei fleste vatna, og flaumskredvifter ved foten av bratte elvar og bekkar.

(Avsnittet om Mørkrisvassdraget er i hovudsak frå Anda og Nordahl Olsen 1982).

### ***7.1.7 Åsete-området med Soleiebotnane***

Det 3 km lange Åsetvatnet ligg i eit dalføre søraust for Spørteggbreen. Dalen er hengande mot Mørkrisdalen, med ein høgdedifferanse på om lag 800 m. Frå Osen i sørenden av Åsetvatnet går elva i fossar, stryk og djupe gjel. Ein del av smeltevatnet frå Spørteggbreen renn ut i vatnet ved Fast.

Rundt heile vatnet ligg ei rekkje ende- og sidemorener. Dei er avsette frå breassar i NV. Dei eldste endemorenene ligg på fjellterskelen som demmer Åsetvatnet ved Osen. Vest for elveløpet er det her ei 150-200 m brei sone med ihopklemde store og små moreneryggar. Aust for elva er det to markerte endemorene-ryggar, ca. 2 m høge og nokre ti-meter lange. Herifrå

og langs vatnet er det rundt rekna 15 sidemorener. Dei fleste er heller små men har tydeleg form.

I fjellskråninga SØ for Fast er det og markerte sidemorener.

Randmorenene på Fast skiljer seg ut både i form og storleik (Fig. 59 og 60). Ein spiss rygg, opptil 10-12 m høg, kan følgjast i ein stor tungeforma boge tvers over heile dalbotnen. To stader har elva i postglasial tid skore seg gjennom moreneryggen. Men ein finn og turlagde løp som er like gamle som morenen.

Endemorenen demmer opp eit mindre vatn som for ein stor del er fylt opp med glasifluviale og fluviale sediment, grus og stein. På elveavsetninga er det spor etter eldre elveløp. Like innafor den store endemorenen, og konformt med denne, er det ein mykje mindre, 0,5-2 m høg, endemorene. Denne er og skarp og fin i forma, men ikkje heilt samanhengande.

Rett nord for det vesle vatnet renn elva i eit 3-4 m djupt gjel.

Framfor endemorenen er det avsett eit stort delta, ca. 250x500 m<sup>2</sup>, som er dekt med torv.



*Fig. 58* Åsetvatnet, med Åsetestølen på elvevifta midt langs vatnet, og Fast i vestenden.



*Fig. 59 Fast. Endemorener og ur.*



*Fig. 60 Endemorene på Fast.*

Frå Åsete går turiststien nordover mot Arentzbu. Der terrenget flatar ut i munningen av Soleiebotnane 1000 moh. ligg to store, 6-8 m høge, parallelle moreneryggar (Fig. 61 og 62). Frå nedste fronten kan dei følgjast ca 1 km innover den slake botnen. Moreneryggane er heilt overgrodde av lyng og annan vegetasjon, så alderen er frå isavsmeltingstida (Gaupne-stadiet

iflg. Vorren 1973). Etter Vorren sin rekonstruksjon er disse eldre enn dei store moreneryggane på Fast.

Vidare innover Soleiebotnane er der langt fleire randmorener, minst 8 i alt, frå 1000 m innover mot ca. 1200 moh. Truleg er alle desse frå isavsmeltingstida. Vesle istids-morenene ligg nærare Spørteggbreen.



*Fig. 61* Preboreale moreneryggar i Soleiebotnane, sett mot SV.



*Fig. 62* Preboreale moreneryggar i Soleiebotnane, mot NV.

### 7.1.8 Fortunsdalen

Fortunsdalen og Mørkrisdalen er på mange måtar like, med djup nedskjæring til fjordnivået mot Lustrafjorden. Fortunsdalen har eit dalprofil som syner at elvar i hovudsak står for utforminga av nedre delen. Ved Nørdstedalseter 1000 moh. greinar dalføret seg ut i tre: Nørstedalen mot nord, Middalen mot NØ og Vetledalen mot ØNØ. Dei tre greinene når opp til hovudvasskiljet. I Middalen ligg dette vel 1400 moh. Desse øvre sidedalene har tydeleg uforma tverrprofil og brear har stått for storparten av utforminga.



**Fig. 63** Fortunsdalen, sett sørover. Den gamle (paleiske) overflata er stipla.

Utviklingshistoria for Fortunsdalen har mange parallellar med Mørkrisdalen; Elvenedskjæring i det paleiske landskapet med vidder og opne slake dalar mot slutten av tertiær. Det gamle viddelandskapet finn ein særleg tydeleg i dette vassdraget ved hovudvasskiljet. Øvre Middalen og Breiddalen er gode eksempel.

#### 7.1.8.1 Skred

Den nedre delen av Fortunsdalen har opptil 1200 m høge, og til dels stupbratte dalsider. Berggrunnen er samansett av relativt svake skiferbergartar frå kambro-silur. Dette medfører ustabile fjellsider med stor aktivitet av steinsprang i Fortun. Det gjeld heile dalføret oppover frå fjorden. Men den bratte austlege dalsida 5 km NØ-over frå Holmastadnosi svært særprega med ei rekkje bratte gjel med store skredvifter under (Fig. 64).

Fjellskreda i austsida av Tussen er tidlegare omtalte. Fleire fjellskred finst i Fortun. Om lag frå vegkrysset der vegen tar opp mot Sognefjell, går denne vegen inn mellom store blokker

som dannar fronten på ei fjellskredtunge. Oppover Fortunsdalen frå Øyrane finn ein særleg store skredvifter i den vestlege dalsida.



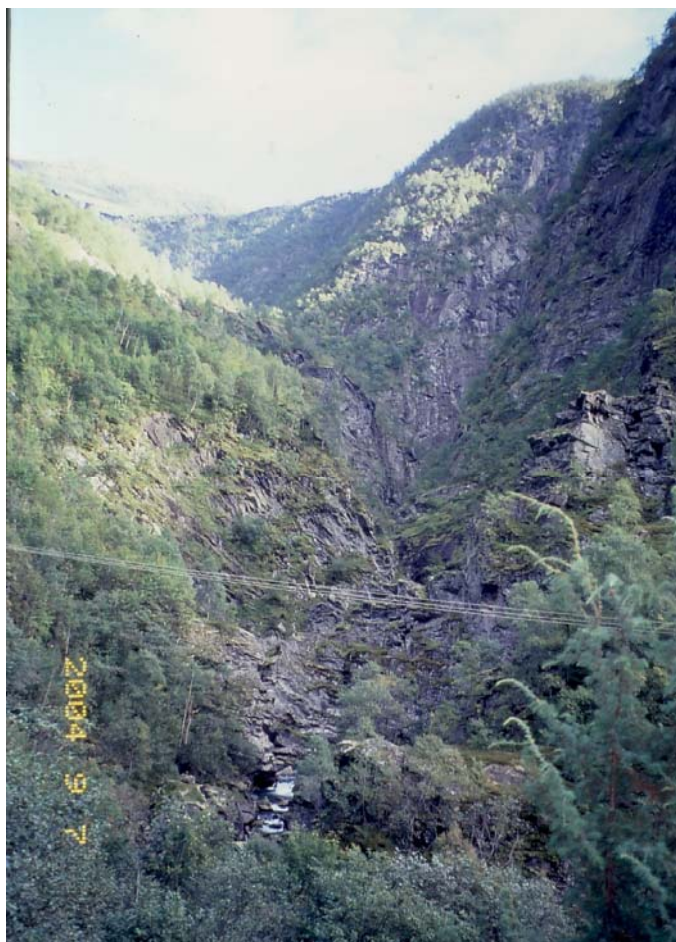
*Fig. 64 Stupbratte gjel i den austlege dalsida til Fortunsdalen.*



*Fig. 65 Fortunsdalen, skredvifte til høgre.*



### 7.1.8.2 Gjel



Djup nedskjæring av elvar er karakteristisk i område med mjuke skiferbergartar. Bakligjelet i Fortunsdalen er eit av dei aller beste eksempla. Om ein reknar frå det 880 m høge fjellplatået i sør, er gjelet om lag 400 m djupt og svært trangt mot botnen. Vegen opp mot Nørdestedalsæter heng nærast i fjellveggen på nordsida. Dette er kanskje det mest dramatiske av naturen i Breheimen, ved sida av Mørkrisdalen.

*Fig. 66 Bakligjelet, Fortunsdalen.*

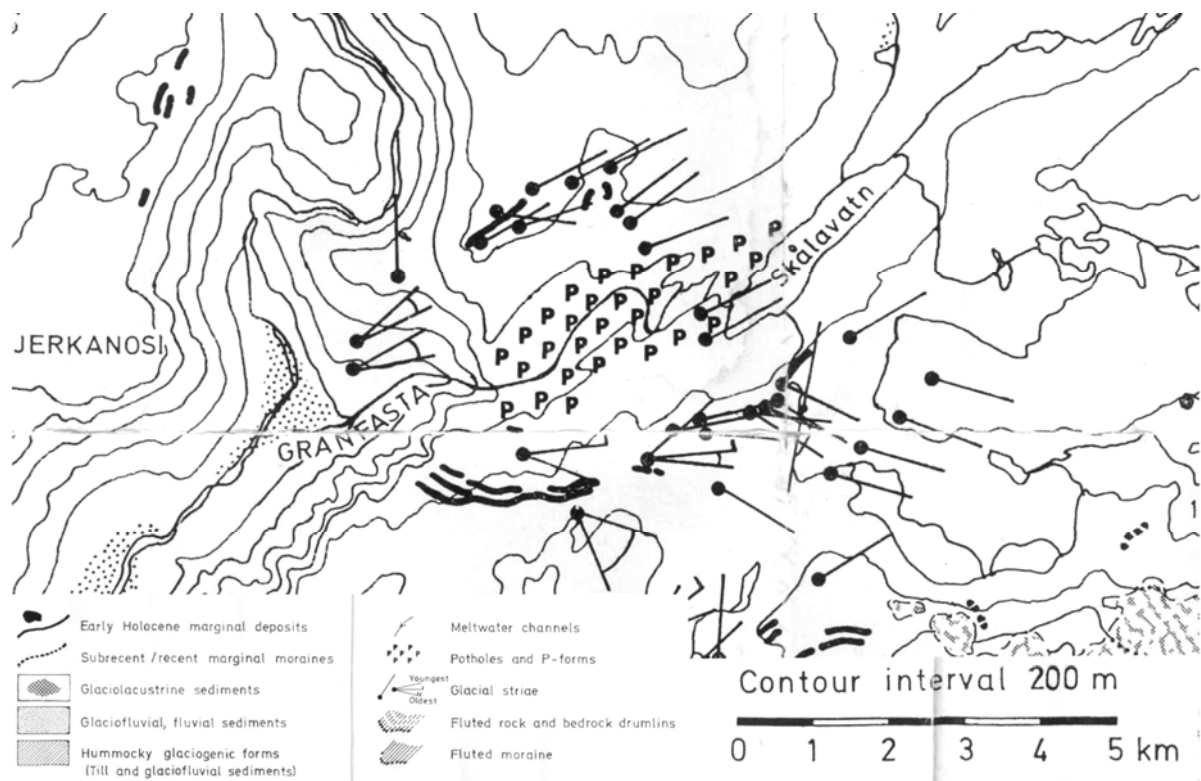
### 7.1.9 Randmorener og plastiske former\* i Granfasta-dalen

Vestover frå Skålavatnet renn Granfasta i ein liten sidedal som munnar ut hengande over 800 m oppe i sida av Fortunsdalen. I dalføret er det spor etter to randstadium som Vorren (1973) korrelerar med Gaupne- og Høgemo-stadia. Av desse er det eldste stadiet markert av 5-6 parallelle moreneryggar (Fig. 26 og 67) som kan følgjast ned mot kanten av den stupbratte sida i Fortunsdalen. Der må det på den tida ha vore eit brefall. Morenebeltet er her ca. 300 m breidt og ligg 1130-1140 moh. Det kan følgjast austover som 2-10 m høge og opptil 2 km lange sidemorener opp mot 1340 moh. i den sørlege dalsida. Det er ein påfallande skilnad på jorddekket utafor og innafor randlina. Utafor moreneryggane er berggrunnen omtrent naken, medan det innafor er eit heller tjukt morenedekke.

Dei tilhøyrande sidemorenene i den nordlege dalsida er 2-6 m høge og kan følgjast frå 1220 til 1300 moh.

Sidemorenene frå det yngste brerandstadiet er frå 1,5 til 7 m høge. Mellom dei stadia, eller gruppene av randmorener, er det ein 2-5 m høg slukås\* med ablasjonsmorene oppå.

I dalbotnen er det store avspylte felt med godt utvikla jettegryter og andre plastiske former.



**Fig. 67** Randmorener, plastiske former og skuring i Stølsdalen (Granfastadalen). Etter Vorren 1973.

### 7.1.10 Nørstedalen

Nørstedalen er ein nordvestleg sidedal til Fortunsdalen-Middalen. Berggrunnen i området er migmatittisk gneis. Dalen drenerer fleire lokalbrear i Breheimen.

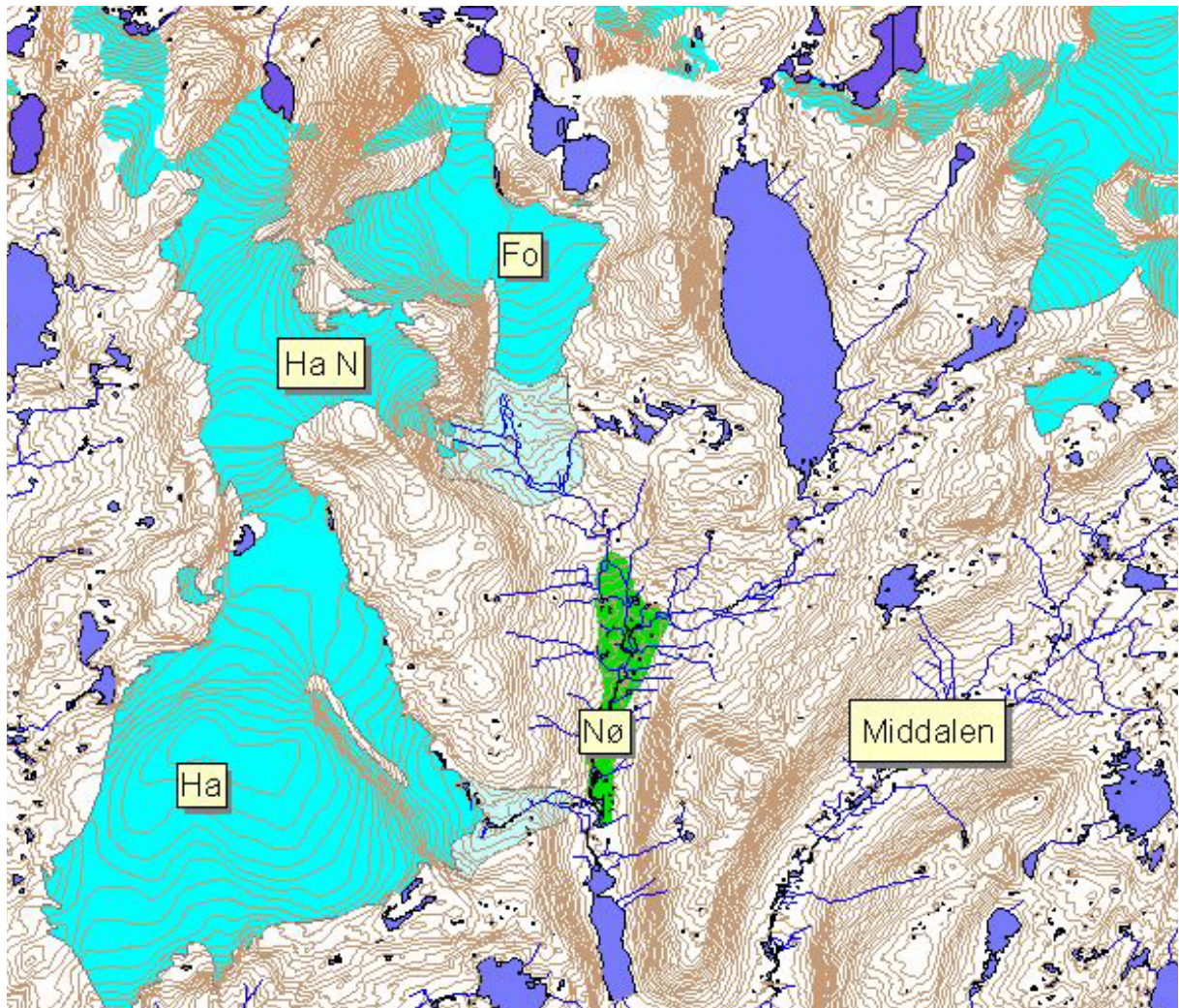
Frå nordenden av Fivlemyrane og fleire km nordover er det godt utvikla daudislandskap med moreneryggar og haugar, smeltevassterrassar og avstengde tjern (grytehol\*). I overflata ligg mange og til dels store blokker (ablasjonsmateriale). Formene er opptil 10-15 m høge.

På begge sider av Steindalselvi er det små randmorener som er danna framfor ein kort breutløpar frå Harbardsbreen. Den markerte vegetasjonsgrensa syner at desse randmorenene er unge, truleg frå Den vesle istida rundt 1750 og seinare.

Nærare Harbardabrearmen i nord ligg ein 250 brei og 30-40 m høg, samansett morenerygg (UTM ED50 321428) som er danna seinare, og etter at dei to brearmane skilde lag. Midt oppå denne ligg eit 70 m breidt, sirkelforma tjern.

I Nørstedalen er det og eksempel på tersklar og traug som er typiske for iseroderte dalar. Traua, eller dalbassenga, er fylte med glasilakustrine sediment - sand og grus - frå breelva.

Fivlesmyrane er no neddemde. Det går bilveg fram til demningen. Turstien til Sota går gjennom dalføret.



**Fig. 68** Nørdstedal-området. Utbreiinga til dei 2 austlege breutløparane frå Harbardsbreen og Fortundalsbreen under Den vesle istida er vist med lys grøn farge. Ablasjonsmoreneområdet er vist med mørk grøn farge. Ha = Harbardsbreen, Ha N = Harbardsbren N, Fo = Fortundalsbreen, Nø = Nørdstedalen.



**Fig. 69** Nørdstedalen. Brearm frå Harbardsbreen, og utbreiinga under Den vesle istida. (Jfr. Fig 66).



*Fig. 70 '1750-morene' øvst i Fortunsdalen. Harbardsbreen N i bakgrunnen.*



*Fig. 71 Fersk endemorene framfor Fortundalsbreen.*



*Fig. 72 Steinsirkklar\* nedafor Fortundalsbreen. Disse må ha vorte danna etter 1750.*



*Fig. 73 Haug- og ryggforma ablasjonsmorene i Nørdstedalen. Sett mot S.*



*Fig. 74 Frostsprengt fjell, Middalen.*

Nørdstedalen har eit kvartærgeologisk og geomorfologisk mangfald, med vanlege og meir sjeldne former og avsetningar frå isavsmeltingstida og dei siste hundreåra.

Haugforma ablasjonsmorenelandskap (daudisterreng) er meir vanleg i indre delar av Austlandet. På Vestlandet finn ein det sjeldan over så store samanhengande område som i Nørdstedalen og Middalen.

Hardbardsbreen, Fortundalsbreen og dei unge morenelandskapa framfor desse gjer Nørdstedalen meir mangfaldig enn t.d. Middalen, sjølv om den siste er lettare tilgjengeleg.

### **7.1.11 Rauddalen**

Rauddalen er djupt nedskoren frå det nordlegaste Jostedalsbreområdet i austleg retning mot øvre Otta. Dalsidene er opptil 1000 m høge, td. frå Sandåtinden (1931 moh.) ned mot Skridulaupsbre (925 moh.) ved vestenden av Rauddalsvatnet. Dette regulerte vatnet er eit markert trekk i Breheimen. Det fyller heile dalbotnen i 10 km lengde. Vidare vestover er det også to glasiale trau med vatn: nedre og ytste Leirvatnet. Dei vil om nokre tiår vere fylte av breslam. Prosessen er godt i gang, særleg i det ytste der eit svært fint og velforma sandurdelta har bygt seg 1 km ut i vatnet (Fig. 75). Årsaka er slamførande elvar frå fleire brear som drenerar ned i vatnet.



*Fig. 75 Breevdelta i vestenden av ytste Leirvatnet med forgreina (fletta) elvar i overflata.*

### **7.1.12 Middalen**

Den 10 km lange Middalen er den nordlegaste delen av Fortunsdalen. Dalen er U-forma i nedre delen. Men vidar seg ut lenger oppe og går gradvis over i fjellviddene på rundt 1300 moh.

Vi finn mange av same formene som i Nørdstedalen, med moreneryggar og haugar, og mindre smeltevassavsetningar langs dalbotnen. Dei er til dels terrasserte. Langstrakte ryggformer langs dalbotnen kan vere eskerryggar\*. Langs anleggsvegen opptil 1300 moh. er det snitt gjennom nokre av avsetningane, oftast med grovkorna og til dels utvaska morenemateriale.

Nokre av ryggane er tydelege endemorener. Ved UTM 362367 er det to markerte randmorener som kan følgjast ca. 200 m frå den austlege dalsida nedover mot elva.

Liknande randmorener finn vi ved UTM 370382. Desse er avsette av ein dalbre sørvestover dalføret. Oppe ved Middalsvatnet 1300 moh. er det isskuring og sigdbrudd som syner sørvestlege retningar;  $256^{\circ}$  og  $238^{\circ}$  med den siste som dominerande.

Mange skarpe ryggar som liknar randmorener, syner seg ved nærare ettersyn å innehalde fjellkjerne, ofte med frostsprengt fjell.

Skarpkanta store og mindre blokker finn vi mange av i dette dalføret. Det vitnar om aktiv frostforvitring.

Ur eller talus\* danna ved steinsprang er gjerne teikn på frostforvitring. I Middalen er der ei særleg fint oppbygd ur i den vestlege dalsida (aust for Middalsnosi). Ura kan følgjast over om lag 2 km.

### **7.1.13 Mårådalen**



**Fig. 76** Mårådalen sett i nordleg retning mot Grotli.

Følgjer ein den gamle Strynefjellsvegen 7-8 km mot VSV, kjem ein til munningen av Mårådalen som svingar inn i Breheimen i meir sørvestleg retning. Dalen er omkransa av brear på begge sider, og endar i sør med ei grein i kvar av dei to Mårådalsbreane. Det er karakteristisk med ei rekkje botnbreiar høgst oppe i den nordvestvende dalsida. Elva og vatna, Mårådalstjørnin, er også prega av breslam. I dalføret er det relativt mykje morene, bortsett frå i den øvre delen av dalsidene der blir det blir for bratt. I den øvste av Mårådalstjørnin er eit stort og fint utvikla delta med forgreina breelvløp.



### 7.1.14 Breiddalen

Breiddalen er eit vidt og ope dalføre i vetleg retning frå Grotli. Vest for vatnet ligg ei rekkje moreneryggar, de Geer-morener, som er omtalte av Sørbel mfl. (1988). Dei er avsette ved fronten av ein bre som her låg ut i ein bredemt sjø. Tydelege fluting-former syner at breen bevega seg frå aust mot vest. Moreneområdet er lett tilgjengeleg og er ein god ekskursjonslokalitet.



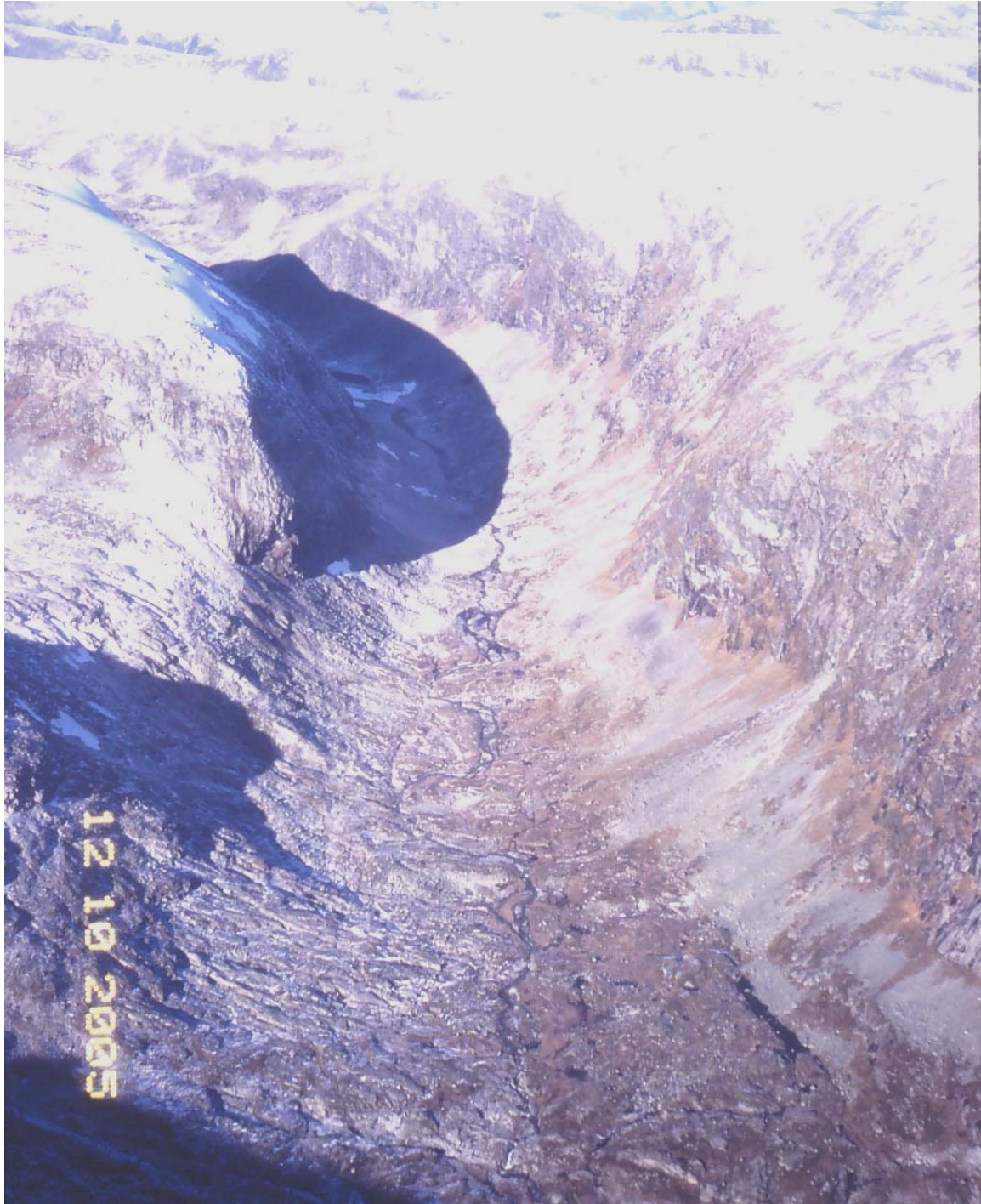
**Fig. 77** De Geer morener ved Breiddalsvatnet (Sørbel et al. 1988).

### 7.1.15 Mysubyttaldalen

Mysubyttaldalen har retning mot VNV og skjær seg inn i den nordvestlege delen av Breheimen mot Jostedalsbreen. Dalen føyer seg inn i Ottavassdraget sitt dendrittiske\* mønster. Dette tyder på at elveerosjon har stått for den første utviklinga, som for dei fleste dalane i Breheimen. Her har likevel breerosjon teke overhand og forma dalføret med slak botn og bratte sider. Dalsidene er opptil 700 m høge og prega av ur og skred. I dalbotnen finn vi gradvis tynnare morenedekke frå Sota og vestover til Mysubyttvatnet 1048 moh. Elveavsetningar på rolegare parti, som ved Mysubytta, og vifter der sideelvar munnar ut, er det fleire av.

Dalføret drenerer størstedelen av den store Sekkebreen i nord, og mindre brear på Tverreggi i sør. Dette ber hovudelva preg av, med breslam og stor vassføring på varme dagar.

Randmorener syner at Tverreggibreen har lege heilt ned i dalbotnen i nyare tid (Fig. 87). Det er ein heil serie parallelle morener over ein 1 km lang strekning austover frå Mysubyttvatnet. Moreneryggane er 1-2 m høge, og ofte skarpe. Dei er undersøkte av Winkler et. al. (2003).



*Fig. 78 Den øvre nordvestre delen av Mysubyttalen. Ur dominerer langs den bratte nordlege dalsida. Sikilbreen i bakgrunnen.*



*Fig. 79 Erosjonsløp rett ned dalsida i Tundradalen.*

### **7.1.16 Tundradalen**

Dette er ein av dei lange sidedalane frå Ottadalen mot sørvest i den slake viddeprega delen av Breheimen. Det store mønsteret tyder på at dalen først har vore fluvial eller forma av elv. Det var før istidene. Seinare har breane strøymt i nordaustleg retning og gitt dalen eit glasialt preg med bratte sider. Morene dannar eit samanhengande dekke i dalbotnen og eit stykke opp i dalsidene. Men øvst på dalskuldrane er det store felt av bart fjell. I dei bratte sidene har skråningsprosessane vore aktive. Elvar og bekkar har erodert og bygt ut vifter i dalbotnen (Fig. 79 og 81).

Den øvre og sørlege delen av dalen har mindre relieff. Her er slake moreneskråningar frå dalbotnen opp til viddenivået.



*Fig. 80 Tundradalen, nedover mot Ottadalen.*

### **7.1.17 Lundadalen**

Dette er ein meir breprega og alpin dal enn Tundradalen. Dalen har det vide breeroderte tverrprofilet med bratte dalsider. Den øvre delen av dalføret er omkransa av brear som for ein stor del drenerer ned i Lundadalen og vidare mot Skjåk. Det gjeld både Holåbreen på nordsida og halvparten av brearealet i Hestbrepiggane på sørsida.

Over dei største areala er det botnmorene, men den nedre delen av dalføret, nedafor heimste Lundadalsætri, er fylt av breelvsediment som er djupt nedskorne av elva Skjøli. (Sollid & Trollvik 1991). Dette kan ha samanheng med ein oppdemd bresjø i Ottadalen.

2 km SV for heimste Lundadalsætri har ei sideelv frå vest, Grjotåi, skore seg djupt (100 m iflg. kartblad Skjåk 1:50 000) ned i fast fjell. I dalbotnen nedafor er det bygt ut ei stor vifte av breelvmateriale. Vidare SV-over den slake dalbotnen er det bygt ut ei rekkje mindre elve- og breelvvifter frå begge dalsidene. Viftene pressar hovudelva ut mot dalsida slik at elva får ein sving for kvar vifte. Sjølv om hovudelva har stor vassføring av smeltevatn, er også materialtransporten stor, så det breie løpet er oppdelt av mange elvebankar og øyar.

Særleg velforma vifter finn ein i dalbotnen nedafor Heimste Hestbreen og Ytste Breen på sørsida. Opp frå rotpunkta av viftene på begge sider av sideelvane har vi svært markerte, store

og fine sidemorener. Både Ytste Breen og Holåbreen har rykt ned mot dalbotnen i Den vesle istida, og med store mengder lausmassar som pregar dalføret, har også sidemorenene vorte uvanleg store. Det kan sjå ut til at vifta frå Ytste Breen demmer Lundadalsvatnet som fyller dalbotnen 5 km innover. Mellom dei viftene deler elva Skjøli seg i eit flettverk av løp, og dannar ein 1.5 km lang dalsandur eller breelvslette. Sandur er kjenneteikn på stor materialtransport.

I den nedre NØ-lege delen av Lundadalsvatnet har Holåi først bygt ut delta i vatnet, og oppå dette den velforma vifta som vi ser no. Prosessen er framleis så aktiv med sedimenttilførsel at vegetasjon ikkje har fått etablere seg.



*Fig. 81* Lundadalsvatnet, sett mot SV. Den store breelvdeltavifta i framgrunnen er bygd ut av Holåi. Sørøver langs vatnet ser vi samanhengande rekkjer av skredvifter i begge dalsidene.

### **7.1.18 Bøverdalen**

Dalen følgjer den kaledonske fjellkjederetninga NNØ-SSV, og elva Bøvra kan følgjast frå Bøverdalen vest for Smørstabtindane ned til Lom. Nedafor samløpet med Leira er dette den mest slamførande elva i landet.

Berggrunnen er for ein stor del kambrosilurisk skifer som er lett eroderbar. Ved Flåklypa går grensa mot grunnfjell som dannar den nedre vestlege dalsida mot Lomseggi. Elva har erodert i den mjuke bergarten og gitt eit djupt trangt dalføre der elva stadvis fyller heile dalbotnen.

I tillegg er dalen prega av iseroderte former som fjelltersklar og traue. Dei siste er fylte av grovkorna elve- og breelvsediment, og gjennom tersklane har elva skore djupe, trange løp, canyonar.

Bøverdalen har høgt relieff med 1000-1500 m høge dalsider. Årsaka er både den nemnde erosjonen, og at det er harde jotunbergartar i den austlege dalsida. Den nedre delen av dalen er prega av botnmorene. Ved Flåklypa er dalbotnen fylt av store steinblokker etter fjellskred. Her er er både ein terskel og innsnevring i dalprofilen. Vidare oppover finn vi Galdesanden, eit traue eller dalbasseng fylt av elvedesiment både frå Bøvra og bratte sideelvar frå aust. Dei siste 6 km før samløpet med Leira har Bøvra eit svinget forløp. Dette har truleg samanheng med kryssing av den kaledonske strøkretninga.

### ***7.1.19 Breidsæterdalen mellom Krossbu og Bøvertun***

Geologisk sett er dette eit dalføre med interessant berggrunn i ei grensesone frå Jotunbergarter til kambro-silur, erosjonsformer frå elv og bre, morene- og skredavsetningar, og oppløysingsformer. Bergarten ved Krossbu er mørk gabbro som er den mest utbreidde i Jotunheimen. Men der vegen svingar mot nord ved turisthytta, skifter det til granittisk og mylonittisk gneis. Der Dumdalen munnar ut kjem ein over i kalkstein og skifer frå kambro-silur. I kontrast til det småkuperte viddeprega landskapet over Sognefjellet, dannar



**Fig. 82** Rasutsett dalside ved Bøvertun. Sett mot nord.

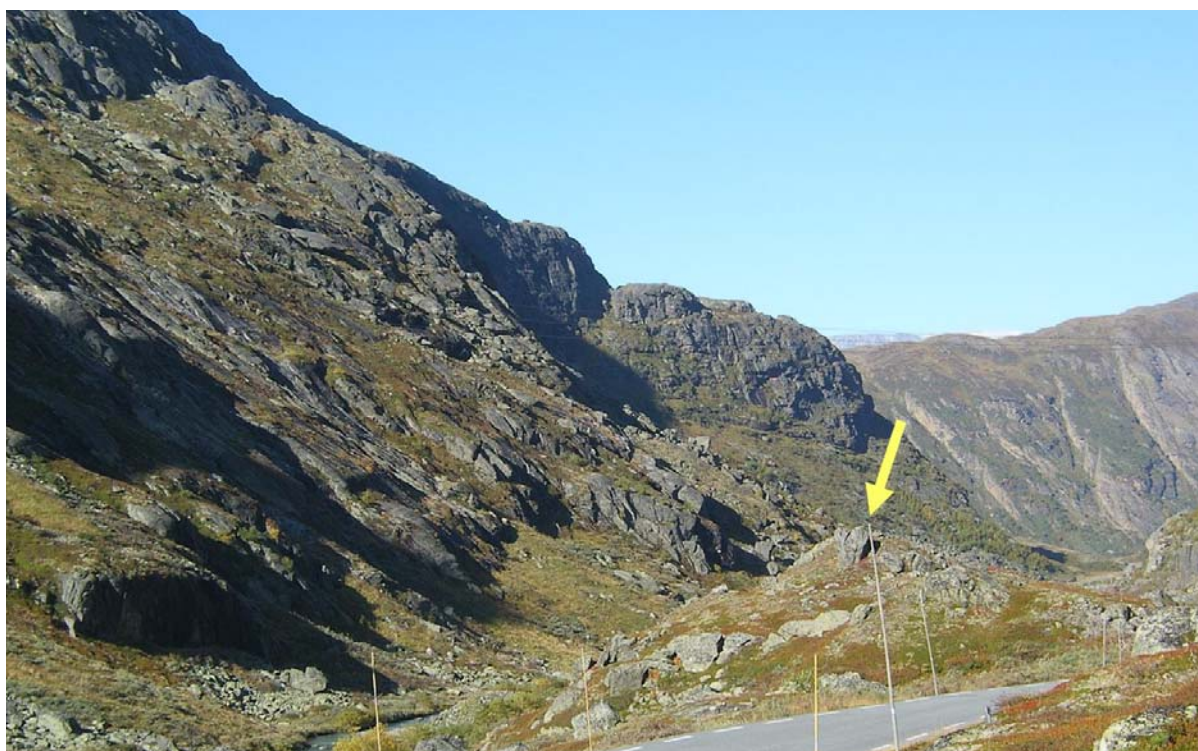
Breidsæterdalen ei markert nedskjæring. Ved Krossbu er dalen endå ganske open og prega av breerosjon, i grensesona mellom gneis og Jotungabbro i aust. Vidare nedover mot Bøvertun er dalsidene bratte, og prega av skredaktivitet.

Botnbre og morener ved Krossbu er omtala tidlegare. Karstgrotter i Dumdalen vert nærare omtala i kap. 7.3.

#### 7.1.19.1 Skred

Langs foten av dei bratte dalsidene er fine eksempel på urar som er oppbygde av steinsprang. Det er då enkeltblokker som fell ut, dei største lengst, og dannar avsetningar med fallsortering. Dei mylonittiske gneisane er gjennomsette av sprekker, noko som er ei viktig årsak til skredaktiviteten. Eit interessant trekk er ur med særleg store blokker, gjerne over 100 m<sup>3</sup> Dette kan ha med sprekkemønster å gjere. Ei anna årsak er bratte men ikkje særleg høge dalsider. Låg fallhøgd gir lite oppknusing. Oppknusinga er trass alt større i Breidsæterdalen med mylonittar enn i Dumdalen med seigare kambrosilur-skifer.

Store skredvollar finn vi langs vegen mellom Krossbu og Dumdalen (Fig. 83). Skred frå den vestlege dalsida har gått over elva og bygt opp vollar i vegkanten. Særleg ein med opptil 10 m høgde (vestskråningen) merkar seg ut.



**Fig. 83** Skredvoll i Breidsæterdalen. Sett mot nord.

Nord for Bøvertunvatnet er ei bratt og svært skredutsett dalside (Fig. 82), endåtil med stoppforbod-skilt for biltrafikken. Bergarten er skifrig kalkstein med lag som fell mot ØNØ i same retning som vegen nedover dalen. Det er i tillegg markerte sprekker rett opp dalsida. Langs desse er oppløysingsprosessane aktive, så større og mindre stykke av kalksteinen blir løyste ut.

### ***7.1.20 Høydalen***

Høydalen er ein vestleg, relativt trang, sidedal til Bøverdalen. Berggrunnen i Høydalen er svært variert og interessant. Nærare omtale står under pkt. 3.4. Det meir enn 6 km lange Høydalsvatnet fyller det meste av dalbotnen. 2 km vest for vatnet er eit daltrinn opp til Tverrbyttvatnet (1179 moh.), og vest for dette finn vi ein 200 m høg og bratt dalende.

Iseroderte former og morener i Høydalen er omtalte i kap. 5.3.3.



*Fig. 84. Frå vasskiljet lengst søraust i Breheimen. Storevatnet og Hestbrepiggane i bakgrunnen.*



## 7.2 Brear og alpine område

25 % av arealet i Breheimen er dekt av brear av ulike typar. Alle er langt mindre enn Jostedalsbreen. Men både Spørteggbreen, Sekkebreen og Harbardsbreen er relativt store platåbrear på rundt 20 km<sup>2</sup>. Både desse, Holåbreen og Fortundalsbreen har små utløparar som har rykt fram og avsett fleire randmorener i Den vesle istida (Winkler mfl. 2003).

### 7.2.1 Hestbreområdet

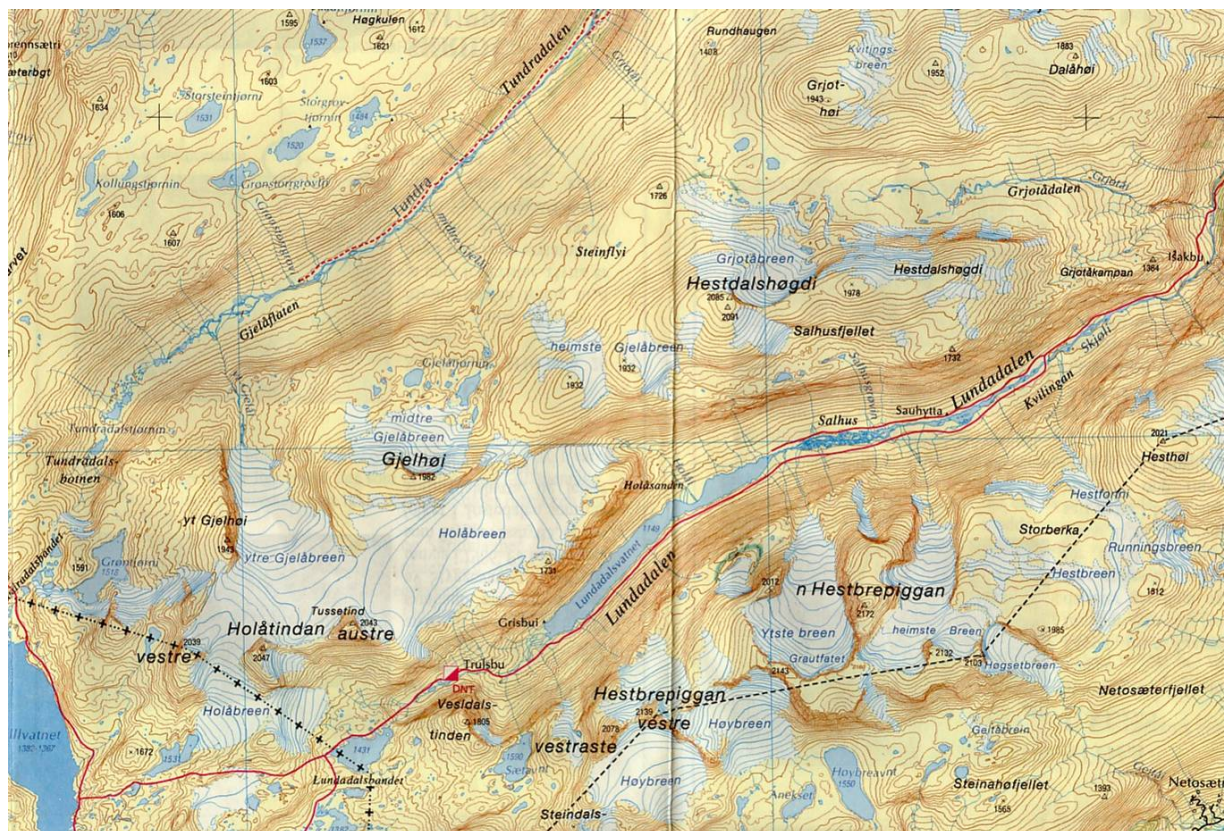
#### 7.2.1.1 Topografi.

Hestbreområdet dannar ein rygg i retning aust til ØNØ, med toppar opptil over 2100 moh. Austenden av ryggen går ned og over i eit høgt platå (Storberka) 1950 moh. Hovudryggen har brear på begge sider. Dei høgtliggande platåa kan vere nakne, men og dekte av blokkhav og morener med aktive permafrostformer (steinpolygon og steinstriper).

Nord og sør for Hestbreryggen er lågare platå med mange vatn og smeltevasselvar som renn ned til Høydalen, Lundadalen og Nørdstedalen. Området grensar i nord til den ØNØ-lege ryggen Holåtindan, med fleire toppar på over 2000 m, og til Lundadalen. I sør utgjer Høydalen avgrensinga.



*Fig. 85 Hestbremassivet med sørvende botnar, og restar av brear etter ein sesong med stor avsmelting (16.9.2006).*



**Fig. 86** Topografisk oversiktskart over Holåtindan og Hestbrepiggan. (Kartblad Breheimen).

### 7.2.1.2 Berggrunn

Banham & Elliot (1965) og Banham (1968) har gjort detaljerte undersøkingar av berggrunnen i Hestbrepiggområdet, så vi har meir detaljkunnskap frå dette enn mange andre område i Breheimen.

Dei finn basalgneis med granittisk samansetning, men varierende mineralinnhald: Biotittgneis, augegneis, amfibolitt, pegmatitt, foliert granitt, skifrig muskovitt- og klorittgneis og kvartsitt. Biotittgneis utgjer fundamentet, andre har trengt inn i den.

Hestbrepigg-granitt dannar dei høgastliggande områda.

### 7.2.1.3 Brear

Breane i Hestbremassivet er varierte og kan delast i

1. Store botnbrear (som Høybreen)
2. Små dalbrear
3. Små platabrear (som Hestbreen). Sider og bakveggar for desse breane kan vere nærast loddrette og mange hundre meter høge.

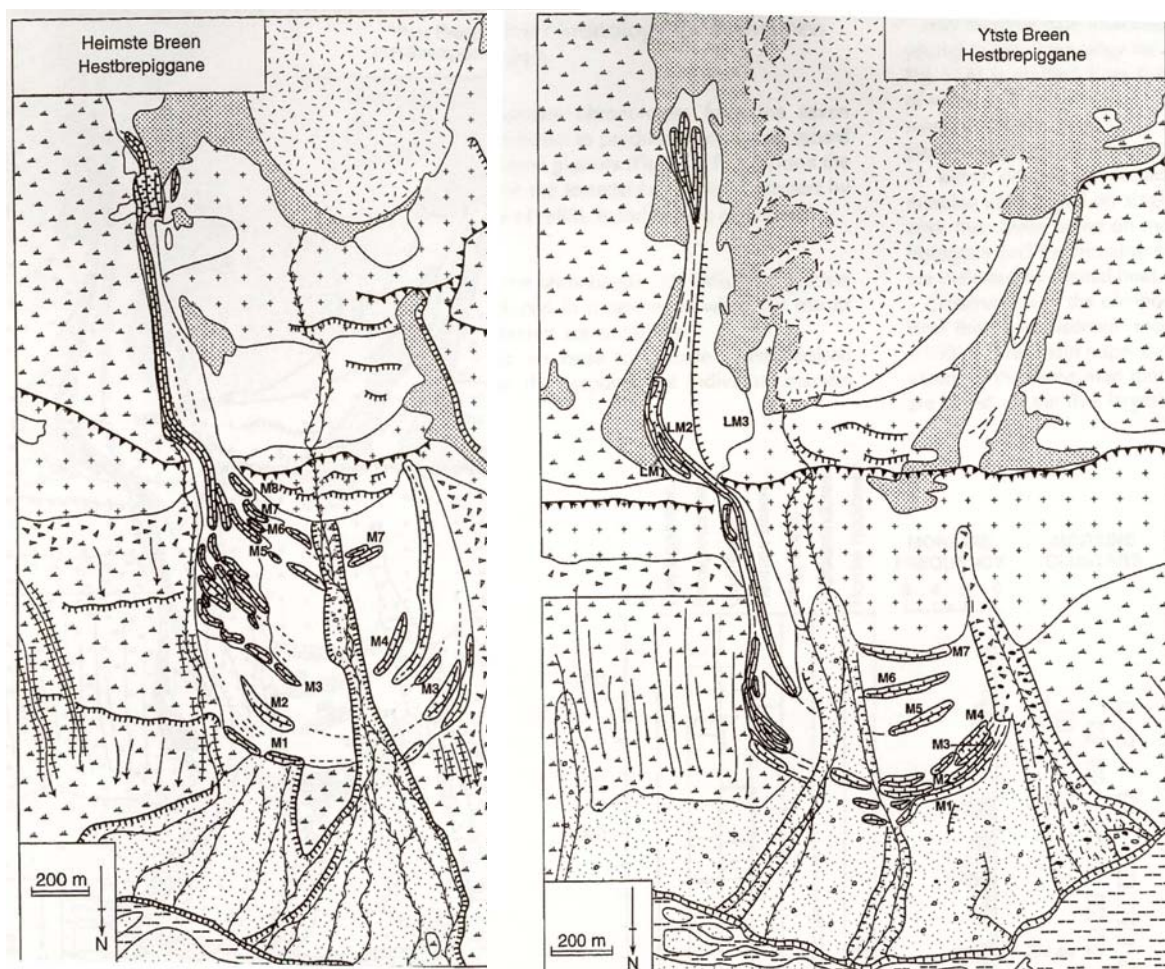
Winkler mfl. (2003) har undersøkt morener ved Heimste Breen og Ytste Breen. Desse drenerer nordover og dannar samansette botnar som er eroderte inn i Hestbremassivet. I dag

endar Bretungene på plataet 15-1700 moh. Men i Den vesle istida strakte dei seg ned til omlag 1200 m i Lundadalen. Ein del av moreneryggane har vorte fjerna av glasifluvial erosjon, men sidemorenene er betre oppbevarte.

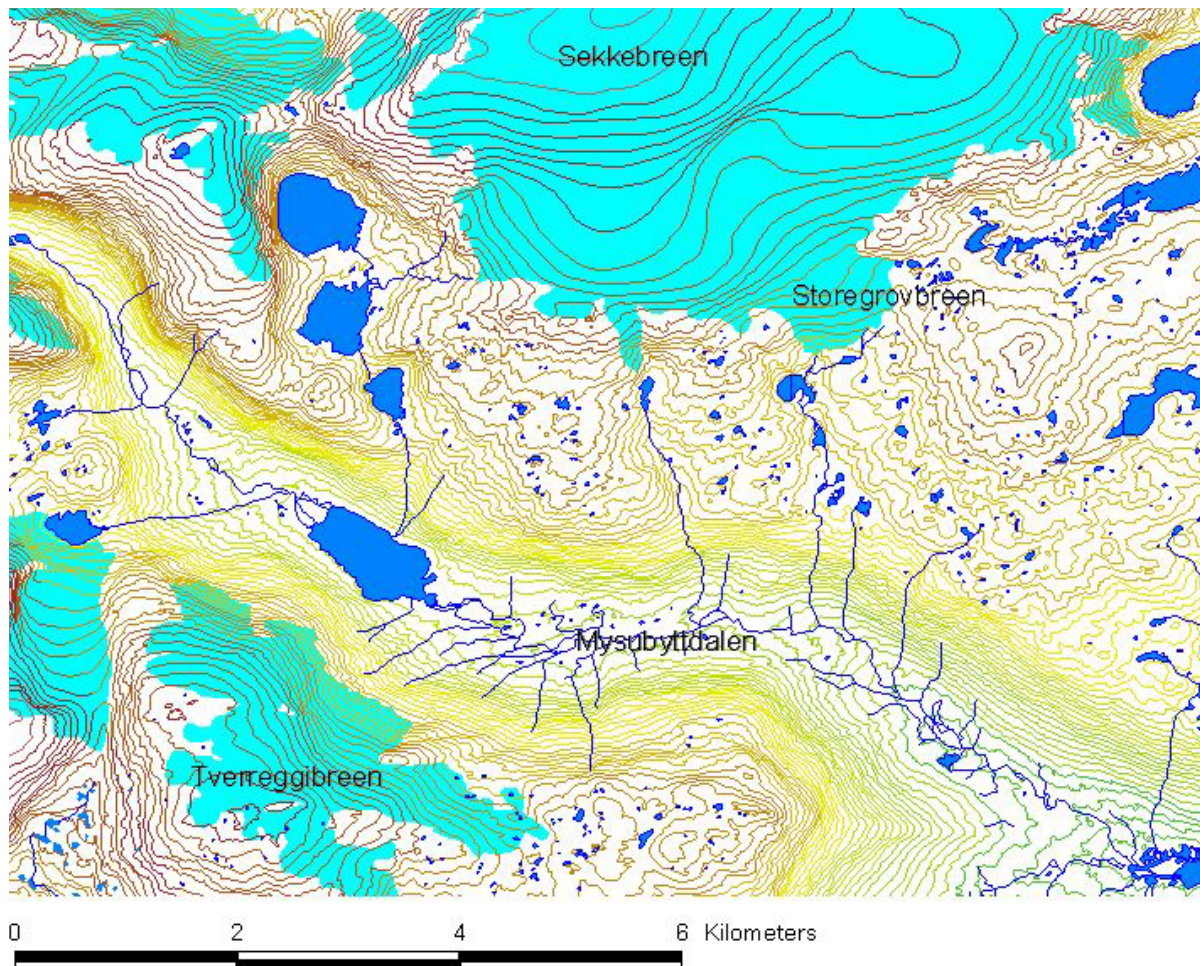
Trass i om lag lik lokalisering, tyder kartlavlmaalingar på at morenene for Heimste Breen er yngre enn for Ytste Breen.

## 7.2.2 Holåbreområdet

Dei tre Holåtindane er alle høgare enn 2000 moh. Dei største breane, Holåbreen og Ytre Gjelåbreen ligg nord for desse toppane. Men ein sørleg del på om lag 3 km<sup>2</sup> som også har namnet Holåbreen, drenerer sørover til Fortunsdalen. Winkler m. fl. (2003) har undersøkt to morener ved ein liten botnbre i dette området, i SØ-sida av Vesledalstinden. Dei meiner at morenene er frå rundt 1800 og 1860. Rundt Nordre Holåbreen er det i tillegg funne morener frå ca. 1760.



**Fig. 87** Områda framfor Heimste og Ytste Breen i Hestbrepiggan.  
Teiknforklaring: sjå Fig. 90 (Etter Winkler mfl. 2003).

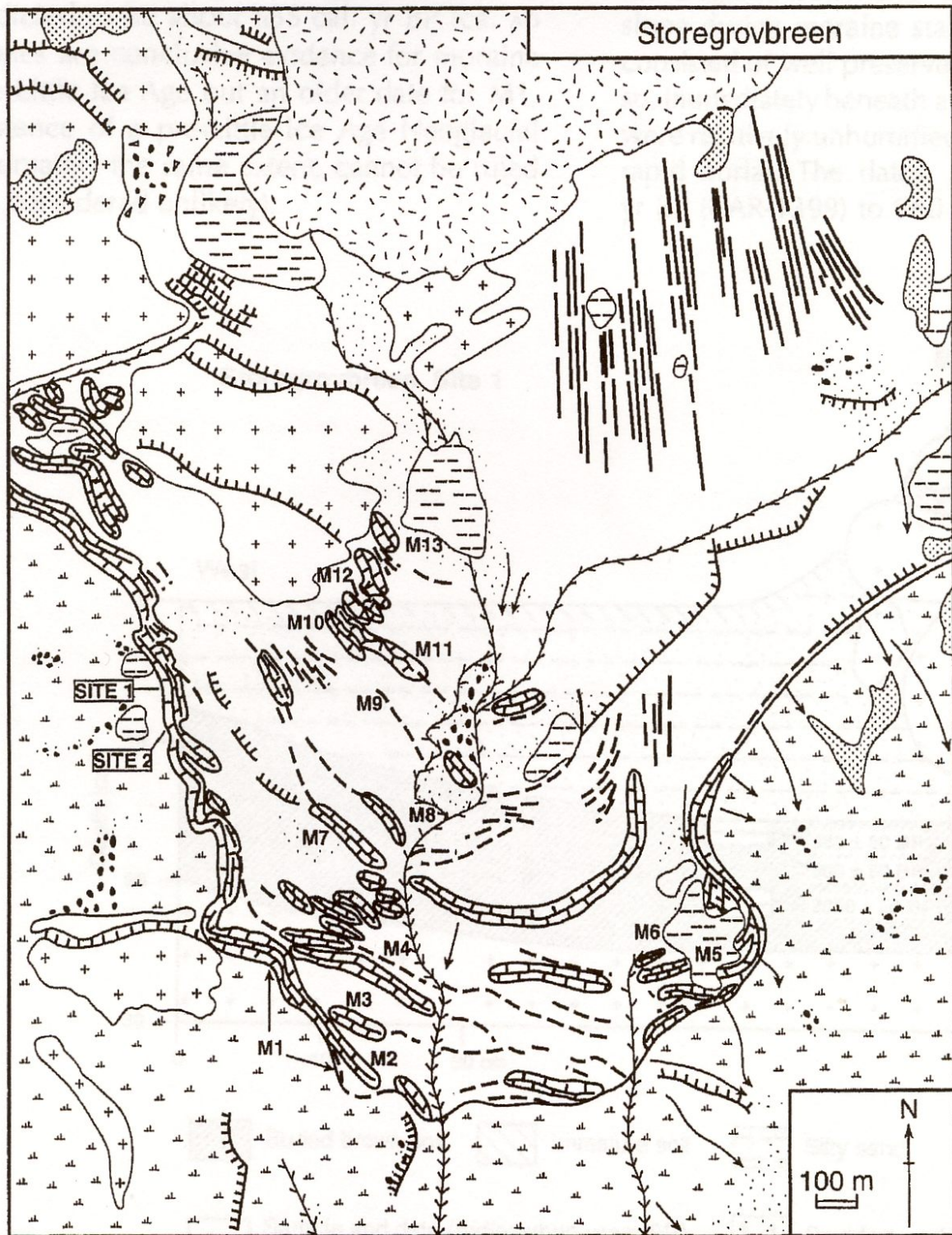


**Fig. 88** Topografisk kart, med Storegrovbreen og Tverreggibreen. (ekvidistanse 20 moh.).

### 7.2.3 Sekkebreen og Storegrovbreen

Sekkebreen er ein relativt stor platåbre på 24 km<sup>2</sup> i den nordvestlege delen av Breheimen (Fig. 88). Han er på det næraste samanhengande med Jostedalsbreen. Ei rekkje store markerte randmorener er registrerte (foto) i den nordvestlege skråninga mot Raudalen. Breen har her rykt fram i fleire tungar (lober), truleg i Den vesle istida. Framrykk til alle sider var kanskje ei årsak til at breen ikkje nådde ned i Mysubyttalen i Den vesle istida. Korte framrykk med relaiivt stasjonær iskant har danna til dels store randmorener, særleg på NV-sida.

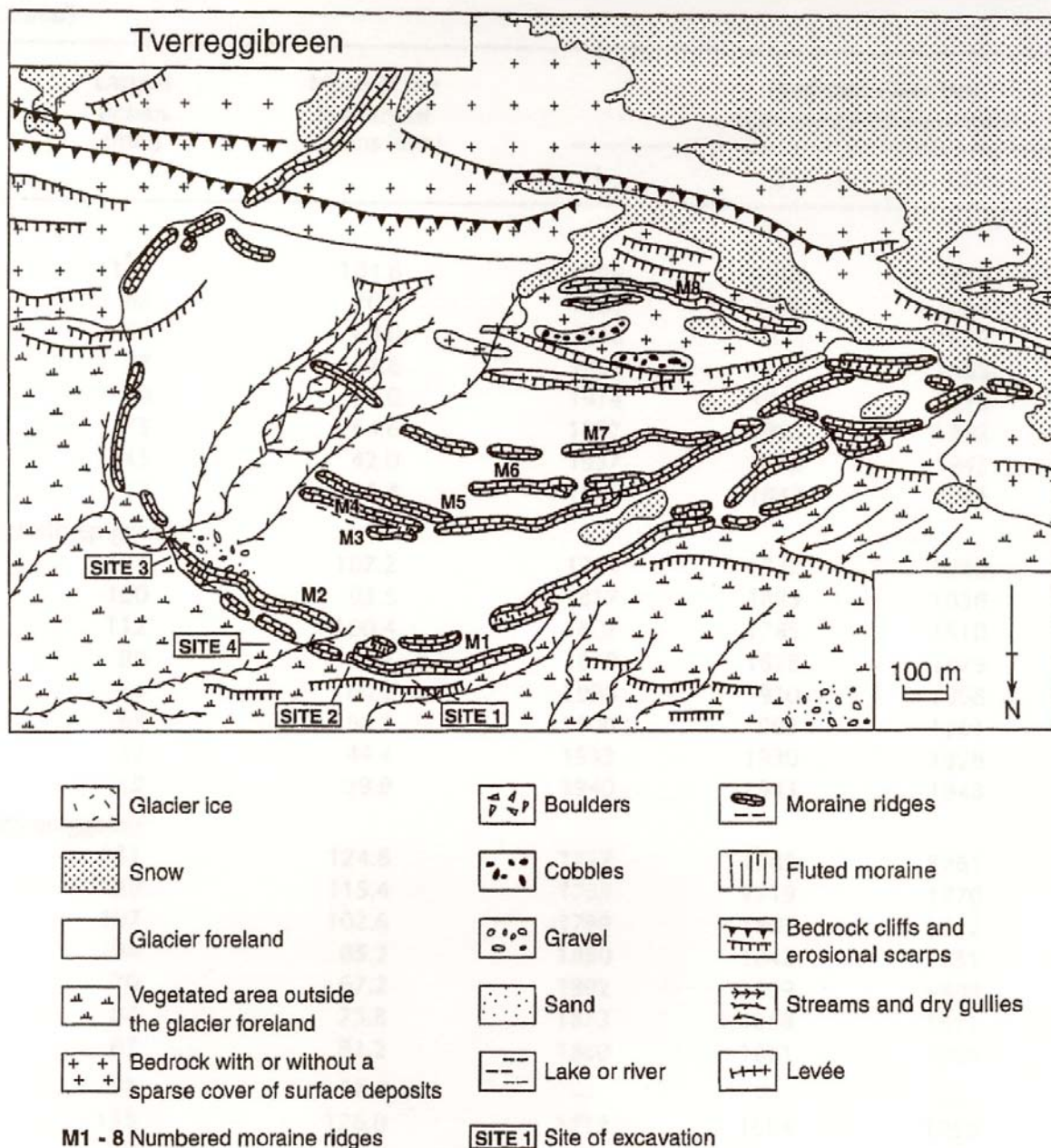
Storegrovbreen er ein søraustleg utløpar på ca. 1 km<sup>2</sup> (Fig. 88 og 89). Morener nedafor denne breen er undersøkte av Winkler mfl. (2003). Dei har i alt kartlagt og datert 13 ulike randmorener (Fig.89, M1-M13). Dei ytre, M1 og M2, er dei største, nokre få m høge, medan tilbakerykkings-morenene er små, under 1 m høge. Kartlava syner 1813 og 1815 som alder for dei to eldste morenene. Av ulike årsaker antar forfattarane at dette er for ungt, og at M1 heller er frå 1760.



*Fig. 89 Storegrovbreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 90. (Etter Winkler m. fl. 2003).*

### **7.2.4 Tverreggibreen**

Dette er ei lita og tynn brekappe i nordskråninga av Tverreggi (1768 moh.). Bretunga når i dag ned til ca 1400 m. Men den nedste moreneryggen når heilt ned i botnen av Mysubyttalen ved omtrent 1050 m. Ein serie på 8 bogeforma moreneryggar ligg oppover frå den nedste. Nokre er delvis dekkja av breelvmateriale, eller øydelagde av ulike skråningsprosessar.



**Fig. 90** Vesle istid-morener framfor Tverreggibreen. Merk at N er ned på kartet. (Etter Winkler mfl. 2003).

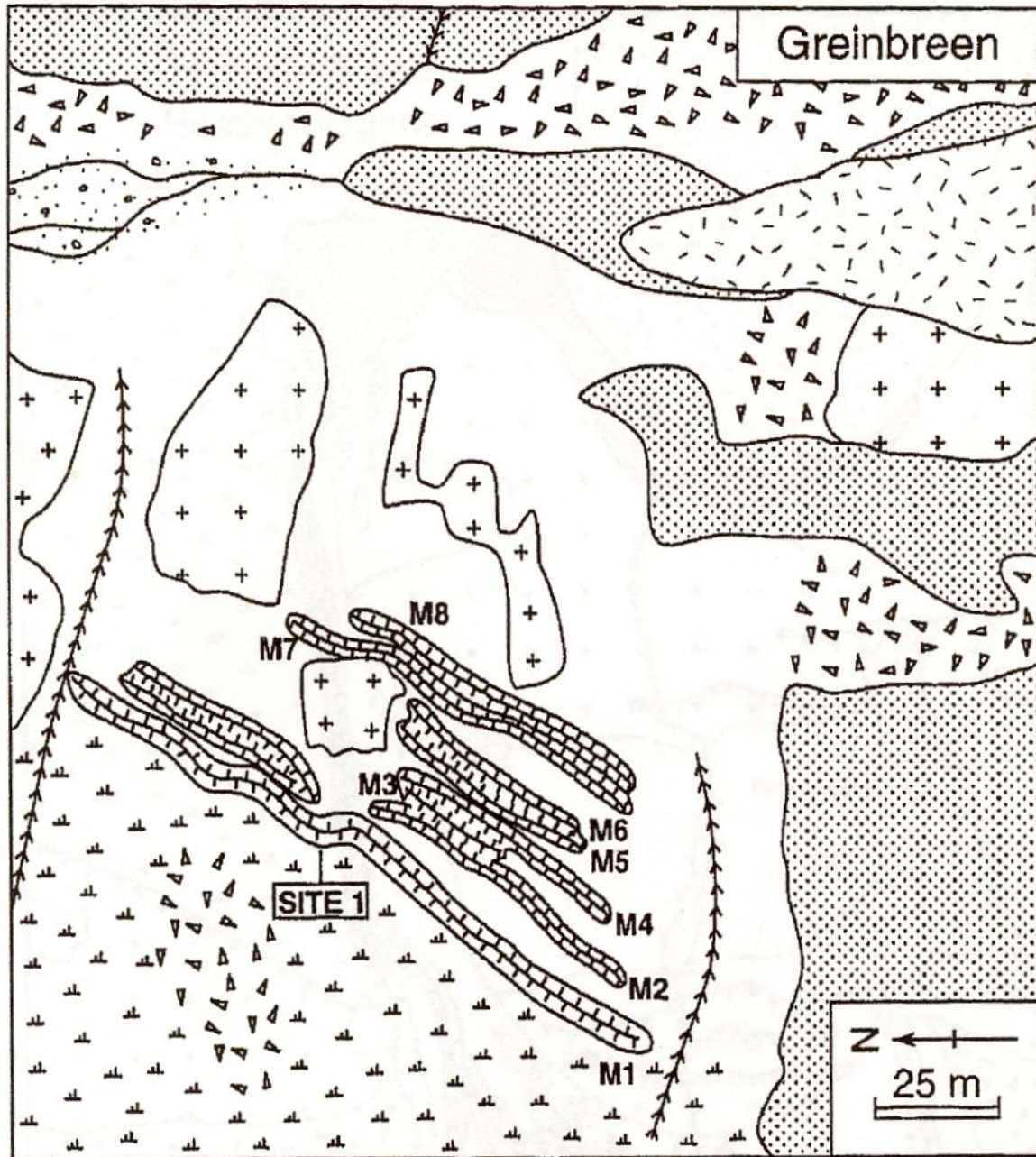
Kartlavanalysar på ytste moreneryggen tyder på ein alder frå år 1734. Men morene nr. 2 får høgare alder etter same metoden. Kartlava der er 10 mm større. Forfattarane forklarar dette med ulikt mikroklima og andre faktorar som påverkar lavveksten. Morenene vidare oppover får gradvis mindre kartlav.

Målingar med Schmidt-hammer gir Vesle istids alder på alle moreneryggane her, frå år 1734 til 1908.

Ved denne breen er det i tillegg gjort  $^{14}\text{C}$ -dateringar som tyder på små breframrykk rundt åra 655-963 og 1277-1396.

## 7.2.5 Greinbreen

Dette er ein platåbre sør for Sprongdalen. Breen har ein nordleg, bratt og smal utløpar ned til ca. 1180 m i Sprongdalen. Pga. bratt terreng og skråningsprosessar ligg berre restar av sidemorener att. Det er 8 moreneryggar oppe i den vestlege dalsida 1250-1300 moh. (Fig. 91).



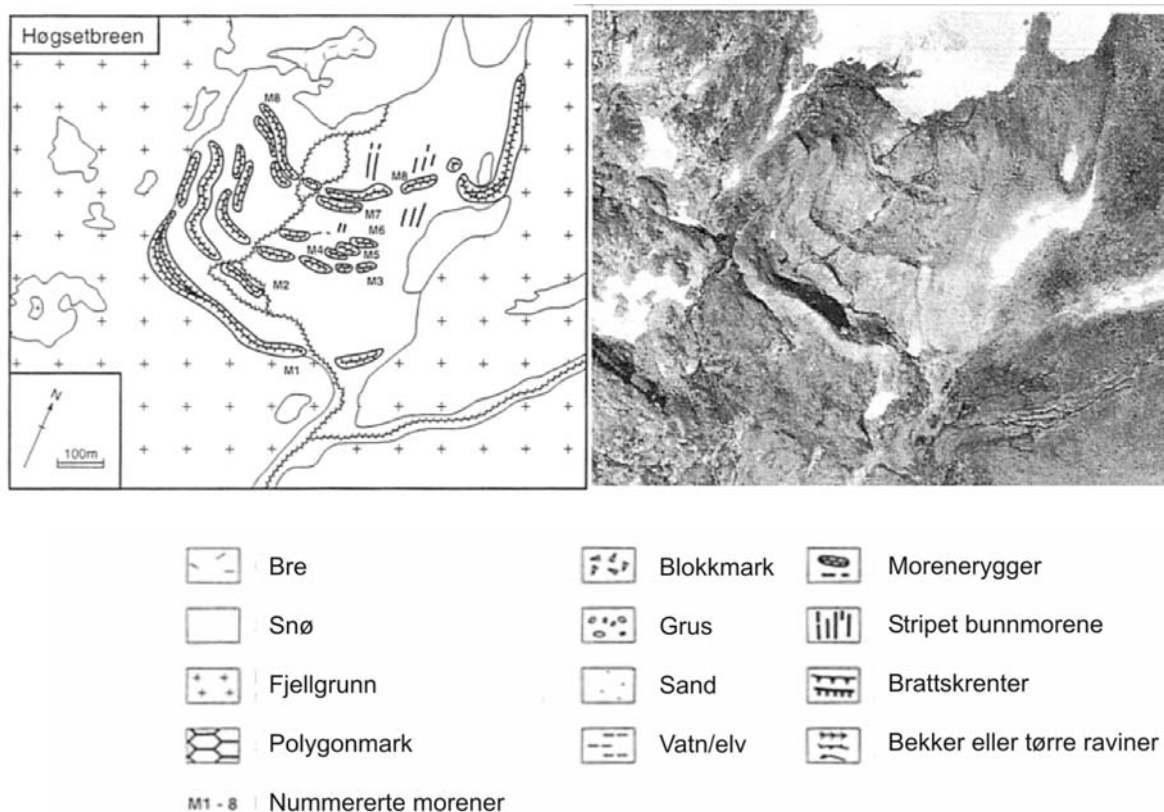
**Fig. 91** Vesle istid-morener framfor Greinbreen. (Etter Winkler & el. 2003).  
Teiknforklaring: sjå Fig. 90.

Kartlav tyder på at den eldste av desse er frå seint på det 18. hundreåret. Dei to yngste er frå 1937 og 1945. Faktorar som kort lengde på ryggane (dei største kartlava fjerna), skredaktivitet og kort vekstsesong medfører gjerne for unge målingar. Schmidt-hammer målingar gir Vesle istids alder på alle desse sidemorenene.

Lokalbrear over 1500 m kan vere "kalde", med temperaturar lågare enn trykksmeltepunktet gjennom heile breen. Permafrostgrensa er 1460 moh., og den kan ligge inntil 100 m lågare lokalt.

### 7.2.6 Høgsetbreen

Høgsetbreen er ein sørvendt botnbre på sørflanken av Hestbrepiggane-massivet (Fig. 92). I alt er det registrert 8 sidemorener med grove blokker, og meir finkorna endemorener. Dei to yngste, M7 og M8, morenene er opptil 2 m høge, og dei ligg i slakt terreng. Dei eldre morenene M3-M6 ligg i ein brattare skråning. Morene M1 og M2, 4 m høge, ligg lengst nede på ein fjellrygg. Det er gjort lavmålingar på alle morenene, med følgjande resultat: M1 1792-1816 e. Kr., M2 1799-1837 e. Kr., og 1940-1951 e. Kr. for M8.



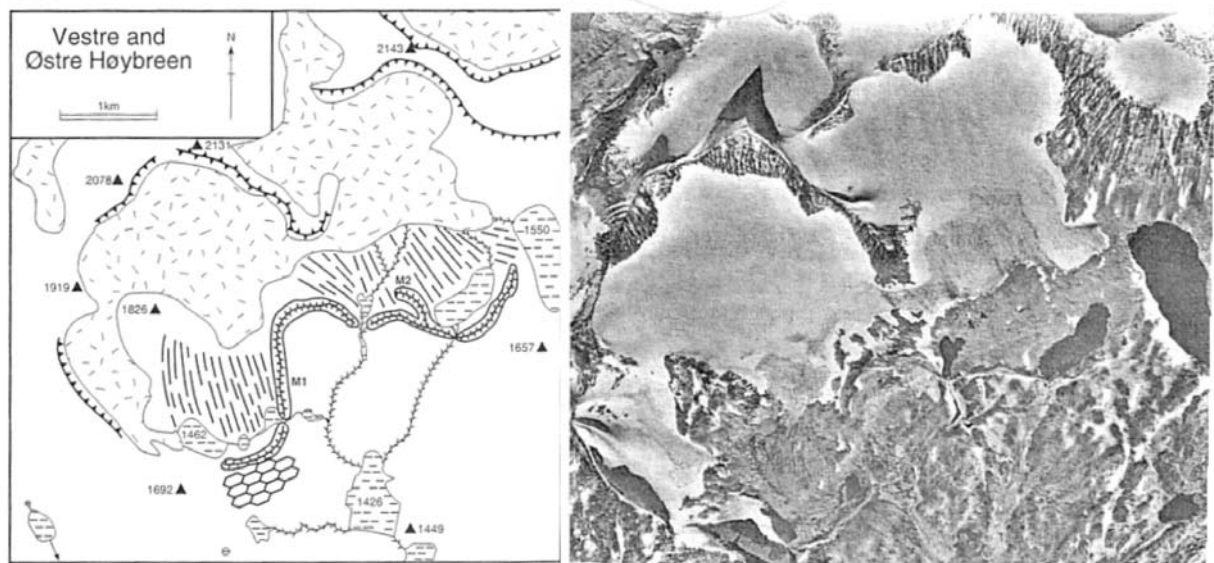
**Fig. 92** Kart og flyfoto over feltet nedafor Høgsetbreen. (Etter Shakesby mfl. 2004).

### 7.2.7 Østre og Vestre Høybre

Desse to botnbreane ligg også på sørflanken av Hestbrepiggane-massivet (Fig. 93). Moreneområdet til Østre Høybre når ned til 1560 moh. og ned til 1450 moh. for Vestre Høybre. Terrengtet er slakt og dei nemnde felt er prega av stripet (fluted) botnmorene.



Breane er i dag samanhengande i nedre delen, og tidlegare har dei danna ein ytste samanhengande 4 m høg og 4 km lang morenerygg



**Fig. 93** Østre og Vestre Høybreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 92. (Etter Shakesby mfl. 2004).

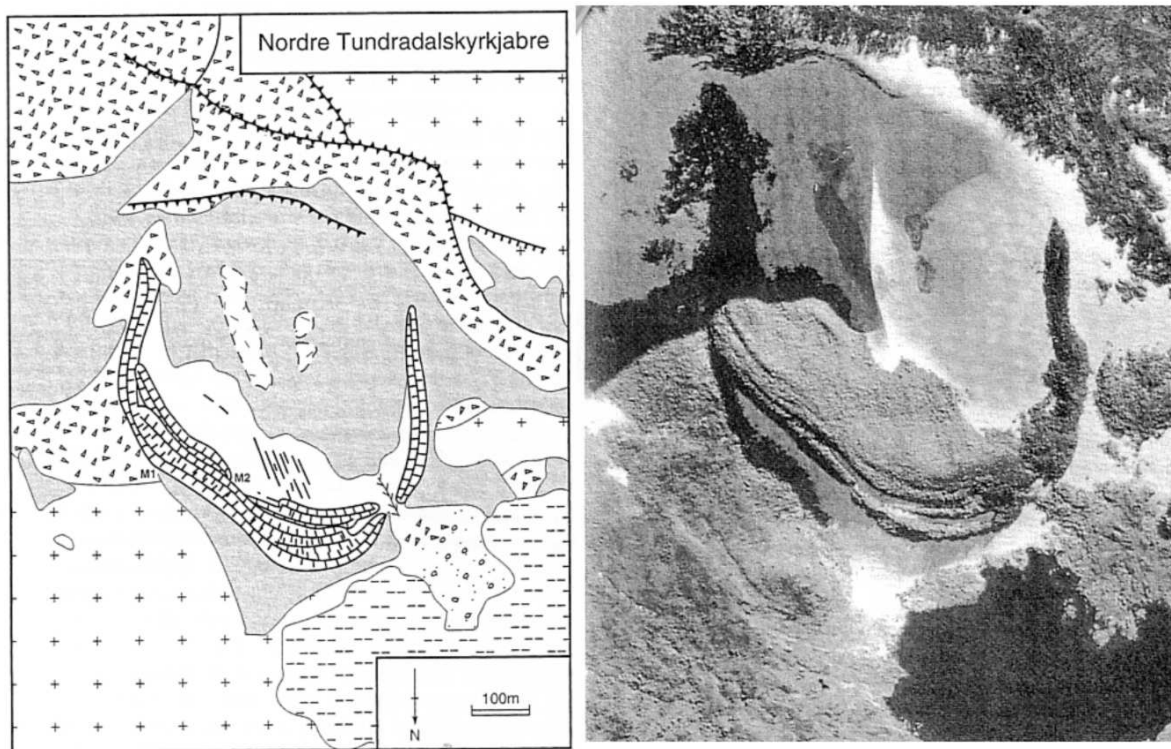
Nedafor den ytre Vestre Høybre-morenen er det eit flatt parti med både fossile og til dels aktive polygon med sortert steinmateriale. Av yngre morener er kun ein, M2, identifisert innafor Østre Høybre M1- morenen (Fig. 93).

Målingar av kartlav syner ein alder på 1806-1862 e. Kr. for Vestre Høybre. For Østre Høybre er den tilsvarande morenen yngre, 1868-1910 e. Kr. For M2 viste målingane 1902-1913 e. Kr. Utafor desse moreneryggane var det funne langt eldre kartlav, men berre på steinar høgare enn 1-1,5 m. Dette kan tyde på eit tjukt, nesten permanent snødekke.

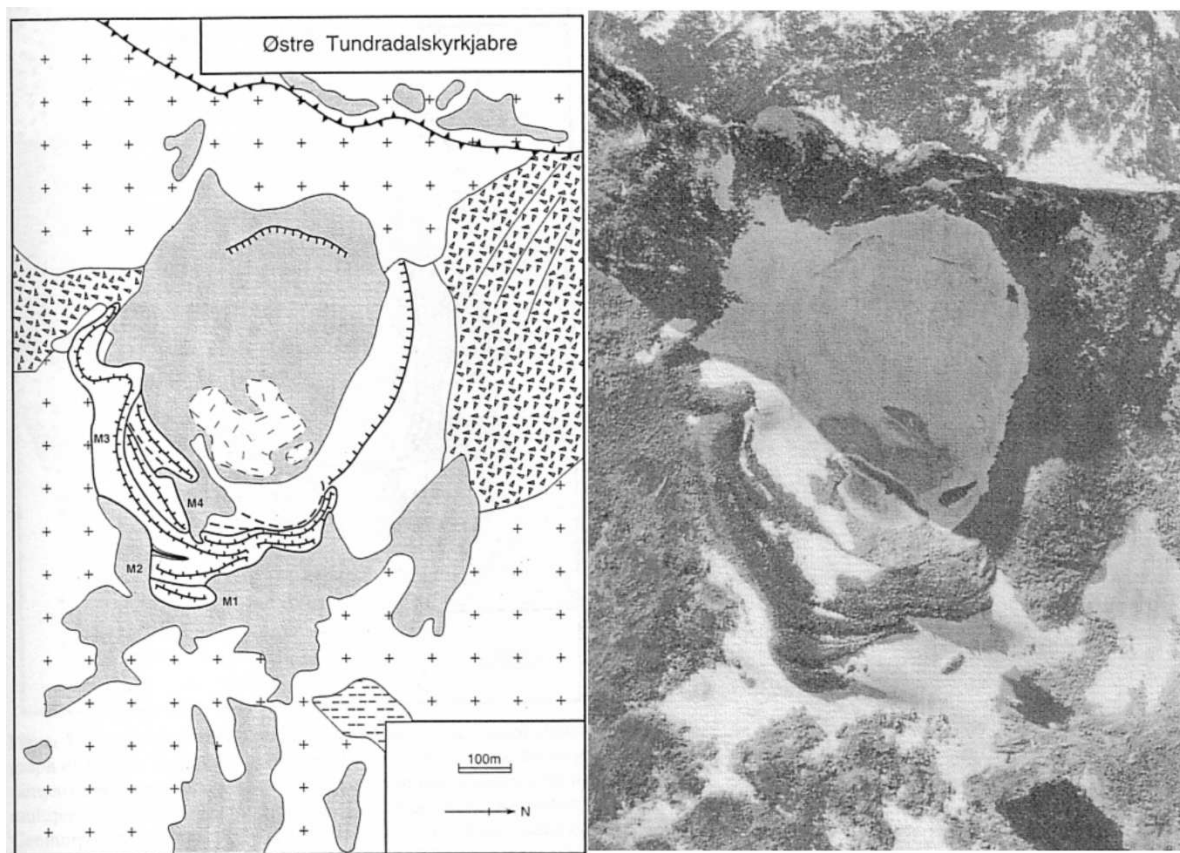
### **7.2.8 Nordre og Østre Tundradalskyrkjebreen**

Desse to svært små botnbreane ligg på nord- og austplatåa ved foten av Tundradalskyrkja. Som regel er Bretungene og felta omkring dekte av snø. Ved begge breane er det store urprega morenekompleks, 1550 moh. ved Nordre Tundradalskyrkjebreen og 1600 moh. ved Østre Tundradalskyrkjebreen (15 m høg ved Nordre Tundradalskyrkjebreen og 30 m ved Østre Tundradalskyrkjebreen). I morenekomplekset ved Østre Tundradalskyrkjebreen kan det skiljast ut fem enkeltryggar.

Kartlava viste ein alder på 1732-1772 år e. Kr. M1-M3 viste seg vanskelege å datere vha. kartlav.



**Fig. 94** Nordre Tundradalskyrkjebreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 92.  
(Etter Shakesby mfl. 2004).



**Fig. 95** Østre Tundradalskyrkjebreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 92.  
(Etter Shakesby mfl. 2004).

### **7.2.9 Hestedalshøgdebreen**

Dette er ein svært liten og fin bre (mindre enn 0,1 km<sup>2</sup>) på den nordlege flanken av Hestedalshøgdi. Dette er ein av fleire småbrear med eit samla areal på 0,45 km<sup>2</sup>.

På eit 15 m høgt morenekompleks nedafor er det i alt 4 markerte ryggar. Kartlav på desse viser 1822-1887 år e. Kr. for M2 og 1906-1939 år e. Kr. for M3. Kartlav utafor moreneryggane har diameter 36-44 mm, noko som tyder på gamle flater.

### **7.2.10 Raudeggbreen og Mårådalsbreen**

Raudeggbreen er ein platåbre mellom Mårådalen og gamle Strynefjellsvegen. Størstedelen av platået har NNØ-leg orientering. Breen har 4 -5 mindre utløparar mot Mårådalen i aust, og to mot NNØ.

Rundt Kvitlenova (1898 moh.) lenger SV ligg eit kompleks av brear, med Tystigbreen og to austlege utløparar som begge er kalte Mårådalsbreen. Dei drenerar mot Mårådalen, og forsyner deltaet i øvre Mårådalstjørnin med breslam.



**Fig. 96** Mårådalen og nedre del av Mårådalsbreen, sett mot Ø.

### ***7.2.11 Skridulaupen***

På fjellplatået mellom Mårådalen og Raudalen finn vi Sandåbreen som er ein av dei store platåbreane i Breheimen. Størstedelen av breen har fall mot aust og drenering mot Raudalsvatnet. I nordsida av dette fjellmassivet, Skridulaupen, ligg ei rekkje brear (Fig. 97). Dei to austlegaste ligg i fine botnar. Nedafor breane ligg store markerte morenehaugar og ryggar. Til saman utgjer desse eit mest samanhengande kompleks som ligg i sikk-sakk bortover langs fjellfoten, og det er mange mindre ryggar i kvart kompleks. Dei små og parallelle ryggane syner at breane har veksla litt i storleik. Men det er heller små brear, som ikkje har vokse utover dei nemnde store morenekompleksa sidan "Den vesle istida".



***Fig. 97*** Skridulaupen, botnbreiar og morener.

### 7.3 Grotter og karst i Dumdalen

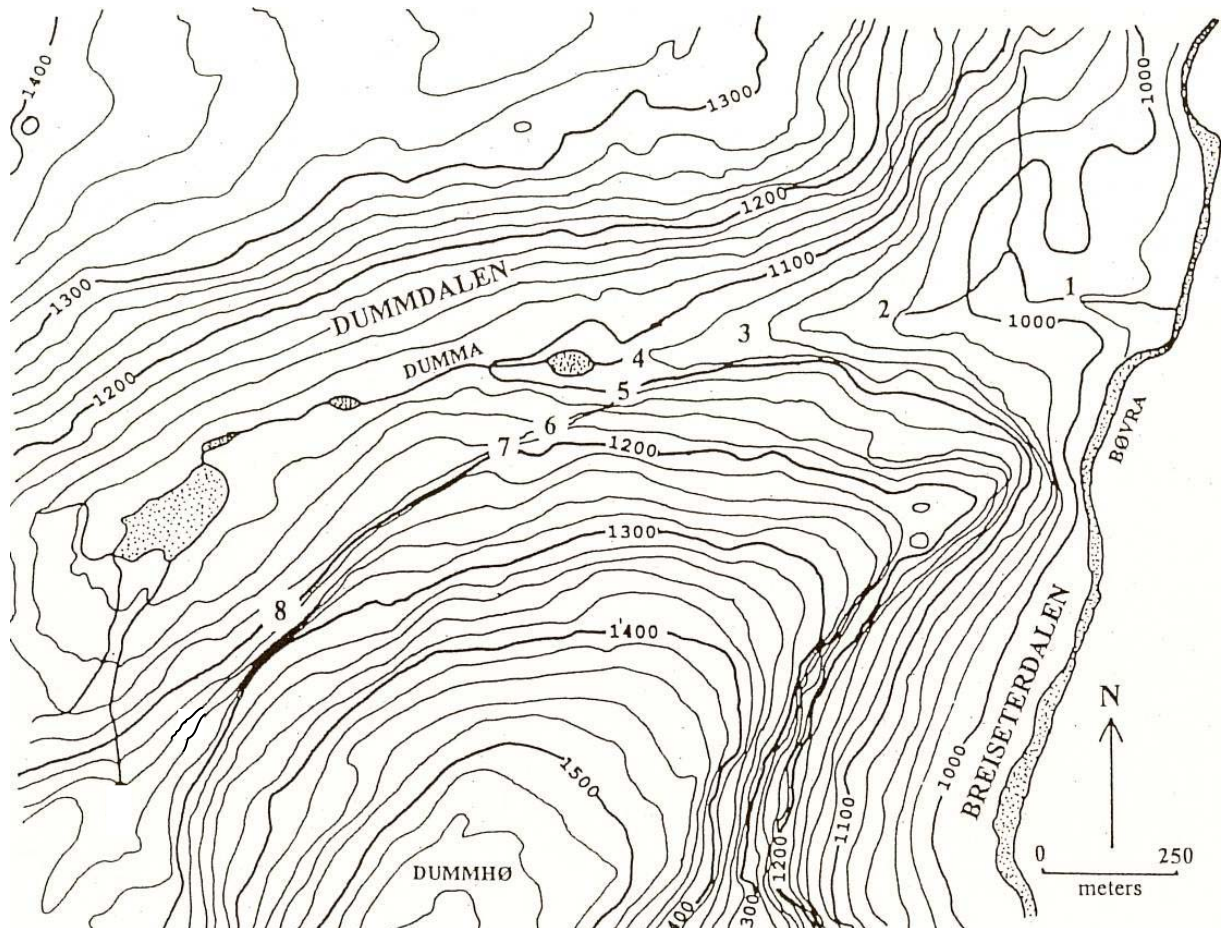
Grottene og karstformene i Dumdalen er utvikla i eit tynt lag av marmor frå kambrium og ordovisium. Marmoren ligg i overflata 960 moh. frå samløpet mellom Dumdalen og Breidsæterdalen, opp til Svarttjørn 1350 moh. I dette området ligg ein serie grotter langs elva Dumma og i den sørlege fjellveggen i øvre delen av dalføret. Grottene i Dumdalen ligg alle i den alpine sona, og er mellom dei høgastliggande karstformene i landet. I Breheimen finst også grotter N for Dumdalen, t.d. Geitåggrottene, Kjerringhøgrotta og Hestbregrotta 1599 moh. som er den høgaste i Norden. Svakt surt vatn har trengt ned gjennom sprekker i fjellet, løyst opp marmoren og danna holer og tunnelar. Når vatn dryp frå taket i grottene, kan kalk bli felt ut og ein får dryppsteinformasjonar. Der dropane slepper i taket, kan det bli tappar som liknar hengande istappar. Slike formasjonar er det ikkje mange av i Dumdalen. Hovudårsaka er den låge middeltemperaturen i området. Nokre av grottene finst oppe i dalsidene. Ein del grotter har glatte veggar, tak og golv. Andre kan vere fulle av nedrast stein.



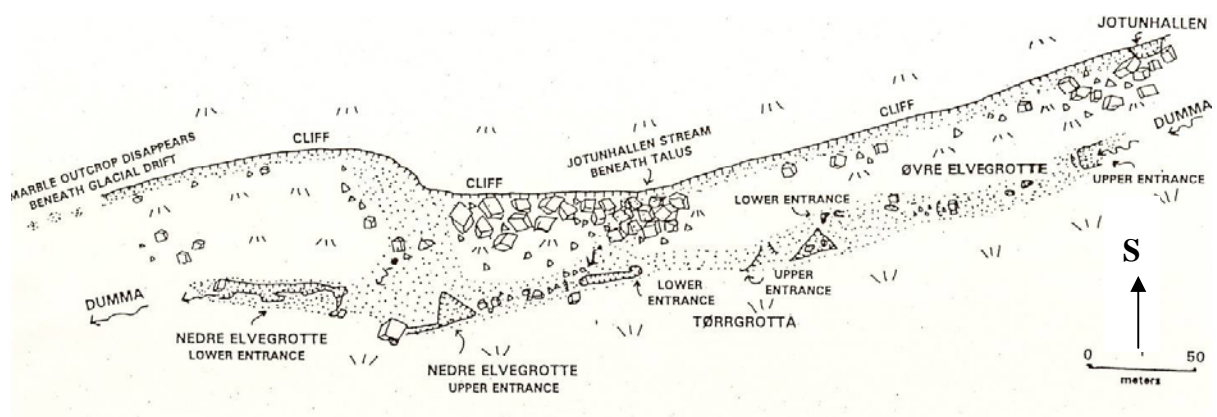
*Fig. 98 Nedre Dumdalen, sett mot SV*

Marmoren er usamanhengande i overflata pga. folding og andre tektoniske prosessar, og inneheld mange tynne skiferband blanda med glasiale sediment. Difor finst formene i avgrensa utstrekning.

I alt er det ni hovudgrotter, fire som elva renn gjennom, og fem eldre oppe i den bratte sørlege dalsida eller fjellveggen (Mylroie & Lauritzen 1996). I tillegg finst fleire mindre. Holer er utvikla i tynne lag eller band av marmor. Både i Dumdalen og i Nord-Norge er dette kalt stripekarst. Dreneringa i dalføret er i dag mot NØ, men breeroderte former viser at den dominerande isbevegelsen har vore oppover Dumdalen mot vest og SV.



**Fig. 99** Kart over Dumdalen



**Fig. 100** Kart over nedre Dumdalen, med marmorfelta (stipla) som omtala i teksten. Etter Mylroie & Lauritzen 1996. (Andre navn kan vere brukte av guidane i Dumdalen.)

### 7.3.1 Elvegrottene

Desse finst i den nedre delen av Dumdalen mellom 960 og 1080 moh. Den første (G1), Dumbrua (Fig. 101), er 100 m vest for samløpet mellom Dumma og Bøvra. Elva renn gjennom ei kort hole, og taket på den dannar ei naturleg bru over gamlevegen. Elva renn 20 m



under overflata gjennom den tynne marmorsona. Over ein strekning på 400 m oppover dalen ligg marmoren djupare nede, elva renn i overflata. Så stig dalbotnen og i det bratte partiet, der renn elva gjennom tre grotter; Nedre Elvegrotte (G2), Tørrgrotta (G3) og Øvre Elvegrotte (G4/G5).. I desse grottene er det fleire nivå eller etasjar. Dei øvre nivåa er normalt tørre, men fulle av vatn i flaumperiodar. Grottene har fleire opningar der elva er synleg ved stor vassføring.

Vidare sørover ligg marmoren i den sørlege dalsida sør for Dumma som renn i overflata i 2,1 km heilt frå Svarttjern.

*Fig. 101 Den nedste elvegrotta, G1, Dumbrua*

### 7.3.2 Dalsidegrottene

Marmorbergarten er dekt av morene 300 m vestover frå Dumbrua (G1). Så kjem han til syne igjen som eit tynt, nesten vertikalt band i den sørlege bergveggen. Nokre små bekkeutløp og holer finst i dette området, men ingen store karstformer. Idet marmorbandet igjen kryssar nordover og møter Dumma for å danne Nedre Elvegrotte (G2), blir det tjukkare eller skifter retning slik at dei relativt breie elvegrottene kan dannast. Så svingar marmorbandet mot sør.

I fjellveggen sør for Øvre Elvegrotte (G5) er opningen til Jotunhallen (G6) ved ei stor ur. Her er eit større rom i fjellsida, og i vestveggen på dette er eit øvre rom. Veggane i grotta har merke etter eit øvre grunnvassnivå. Vatn kjem ut frå ein opning vest i grotta, og renn langs golvet mot aust. Så kjem vatnet ut igjen som ei kjelde like sør for den sokalla Trollgrotta og renn ned i Dumma. Vatnet i Jotunhallen kan ein også sjå under massiv talus (ur) i ein trang canyon mellom fjellveggen og ura.



*Fig. 102* Vatn frå regn og snøsmelting har løyst opp kalksteinen og danna renner i overflata.

200 m SV for Jotunhallen (G6) ligg den sokalla Spiralgrotta, ei gammal grotte som samlar lokalt grunnvatn, og det renn austover mot Jotunhallen. Spiralgrotta har tre etasjar, og ca. 200 m med rørforma gangar med små elveløp (canyonar). Storparten av vatnet finst i den nedre enden av lågaste etasjen.

Nokre få timeter vest for Spiralgrotta er tre holer, kalt Sveitserosten. Desse holene er forma som rør, men er ganske høge og korte innover.

500 m SV for Sveitserosten finn vi Dummhølet, med opning oppe i fjellveggen som dei to andre. 20 m inne i hola renn vatn ned i ei sjakt, ut i ura lågare nede og vidare mot nord til Dumma.

### **7.3.3 Geitågrottene**

Geitågrottene ligg nord for Dumdalen, og vart kartlagde i 2004 (Ording Dahl & Finnesand 2005). Det er registrert 6 grotter i området. Elva Geitåa renn innom alle grottene, bortsett frå G2. Det er mange små strøymingsskåler i nokre av grottene, også i taket, mellom anna i G2. Dette syner at grottene opphavleg har vore i kanalar med vasstrykk i siste istid, sjølv om Geitåa no står for ein del utvasking med rennande vatn. Grottene ligg svært høgt, over 1500



moh., og er frå 8 til 50 meter lange (tabell 1). Bortsett frå G1 er dei truleg eldre enn 10 000 år.

Den øvste grotta, G6, er litt spesiell. Der er det ei djup revne vinkelrett på grotta, og vinkelrett på denne igjen ein underjordisk sidebekk til Geitåa. Nokre av gangane er rasfarlege og det er spor etter samanraste grottegangar, kollapsdolinier. G4 (34 m) og G5 (50 m) har opningar i begge endar, og er berre skilde av eit blokkfylt søkk, truleg ein kollapsdoline. Opphavleg var det altså ei større grotte her, med lengde på om lag 55 meter. Store deler av denne grotta har eit relativt stort gangprofil.

**Tab. 1** Geitågrottene, G1-G6.

Grotte nr	M o h	Lengde (m)	Djup (m)
G1	1528	Ca 20	2
G2	1530	8	1
G3	1531	8	1
G4	1534	34	3
G5	1538	50	5
G6	1542	38	3

### 7.3.4 Oppsummering

Grotter har fleire verdiar:

1. Grotter inneheld mange spesielle geologiske førekomstar, som ofte er unike. Det har ofte tatt fleire tusen år å danne desse, og dei er gjerne lette å øydelegge.
2. Grotter er unike arkiv for kunnskap om korleis klima, fauna, flora og isbrear har utvikla seg gjennom dei siste millionar åra. Eksistensen av grotter, deira plassering og retning, kan gi mykje informasjon om tidlegare istider og klima.
3. Mange grotter utan dagslys og ofte med liten energitilgang har utvikla eigne økosystem. Dei norske hole-økosystema er enno lite undersøkte. Grotteforbundet forventar at desse økosystema, små og store, kjende og ukjende, er svært sårbare.
4. Grotter kan innehalde arkeologiske verdiar.

Karstformene i Dumdalen liknar på mange måtar den meir utstrakte karsten i Nord-Norge. Både store og små holer finst, dei er knytte ihop med aktive og passive gangar. Opningar kan vere avkutta av iserosjon, for eksempel Dummhølet og holer like ved. Holene må difor vere utvikla før eller under siste istid. Oppfangning av grunnvatn i dei gamle holene syner at karstprosessen er aktiv framleis. Dei store elvegrottene i dalbotnen kan delvis ha vorte danna

av smeltevatn under brear. Men ingen av holene har spor etter smeltevatn som har rent vestover dalføret, i den retninga som breane strøymde. Vasstraumane i holene har gått i austleg retning mot Breidsæterdalen.

Frå Norsk Grotteforbund er det nemnt at delar av grottene er dykkbare, med opptil 12 m djupt vatn. Nærare lokalisering er ikkje nemnt. Det dykkbare løpet er ca 110 meter langt og er mellom grotte G3 og G4. Det er observert en del ørret i dette underjordiske løpet.

Karstformene er gode ekskursjonslokalitetar i kort avstand frå bilvegen, og dei er eineståande i Sør-Norge. Der er difor stor trafikk og slitasje på dei sårbare formene. Forsøpling, tagging og slitasje på terrenget er tiltakande. Det er gjort funn i grottene som har forskningsmessig/arkeologisk interesse.

Det er naudsynt med ein snarleg forvaltningsplan for grottene.

(Avsnittet om karst og grotter i Dumdalen er i hovudsak frå Aarseth mfl. 1996).

## 8 SAMANDRAG

Breheimen er fjellområdet mellom Jostedalen i vest, Lustrafjorden i sør, Sognefjellsvegen i aust og Ottadalen i nord.

Denne rapporten gir ein omtale av berggrunn, landformer, lausmassar og bre- og avsmeltingshistorie på grunnlag av feltarbeid i 2004, 2005 og 2006, forutan tilgjengeleg litteratur.

Berggrunnen har to hovudeiningar: Grunnfjell med bandgneis, augegneis, amfibolittar og granittiske gneisar mfl. Massive granittar har innverknad på utforminga av fleire alpine toppar. Den andre hovudgruppa er kambro-silur-skiferbergartar, fyllitt og glimmerskifer. Dei forvittrar lettare og gir slakare landformer enn gneisane. Dei svake bergartane gir ustabile dalsider med mange opne sprekker i Mørkris- og Fortunsdalen. I kambro-silurbergartane er det kalksoner med velutvikla grotter, først og fremst i Dumdalen, men og i fjellområda lenger nord.

Grunnfjellsgneisen gir landskapet eit lyst preg, som dominerer i Breheimen. Noko mørkare landoverflate får vi i kambro-silursona. Kontrasten til mørk overflate i Hurrungane og Jotunheimen er stor.

Topografien er fjellplatå i nivået 1400-1800 moh., alpine toppar opp i 2100 moh., dalar med opptil 1200 m høge sider mot SSV, og dalføra mot NØ har relieff på 5-600 m. Alle hovuddalar er fluvialt anlagde. Nedre Mørkris- og Fortunsdalen har framleis fluvialt preg, men i hovudsak har brear stått for den siste utforminga i Breheimen.

Då breane var tjukke og truleg dekkja alle toppar, strøymde dei mot Lustrafjorden frå eit isskilje eller ein breakul omtrent der vasskiljeet er i dag. På nordsida av dette strøymde breane i nordleg retning.

Ettersom isdekket tynna ut vart brestraumane styrde av fleire dalar og terrengformer.

Avsmeltingshistoria for innlandsisen er godt dokumentert og rekonstruert i sør. Særleg har Vorren (1973) stilt saman store randmorener og breelvavsetningar til Gaupne-stadiet i tidleg Preboreal (9700 <sup>14</sup>C-år for notid), og det litt seinare Høgemostadiet (9500 <sup>14</sup>C-år for notid). Dei aller fleste store randavsetningane i Sør-Breheimen tilhøyrer desse.

I sentral- og nord-Breheimen er ikkje den tidlege avsmeltingshistoria like godt kjend, men detaljert kartlegging og datering av morener framfor nokre av breane i dag, syner at alle desse morenene er frå Den vesle istida. Dateringane kan grupperast frå ca. år 1740 fram til i dag.

25 % av arealet i Breheimen er dekkja av ulike lokale brear. Dei fire største på rundt 20 km<sup>2</sup>, Spørteggbreen, Harbardsbreen, Holåbreen og Sekkebreen, er platåbrear med korte utløparar.

Størst lokal variasjon har Hestbrepiggområdet med botnbreiar, små dalbreiar og små platåbreiar.

Botnane med botnbrear har som regel nordleg orientering. Brekapper kan ligge att i nordlege skugge- og leskråningar, men mangle i same nivå i dei sørlege skråningane. Tverreggibreen sør for Mysubyttaldalen er eit godt eksempel.

## 9 SAMLA VURDERING AV DET UNDERSØKTE OMRÅDET

### 9.1 Generell karakteristikk

Det undersøkte området har svært variert geologi med kontrastar i berggrunn, ulike landformer og brear. Avstanden frå Lustrafjorden og Ottadalen til det sentrale vasskiljet i Breheimen er om lag den same. Men høgdeskilnaden er over 2000 m i den sørvestre delen og ca 1400 m i den nordaustre. Dette gir mange kontrastar. Storparten av Breheimen er høgfjell. Men berre ¼ når opp i glasiasjonsgrensa. Difor har ein inga samanhengande brekappe i dag, men til gjengjeld ein serie enkeltbrear med platåbrear og botnbrear som hovudtypane. Dette gir ein sær eigen variasjon. Medan Spørteggbreen som er nær eksistensgrensa, virkar passiv i dag, er dei høgareliggande breane i Hestbre - og Holåområdet meir aktive. Dei har hatt store framrykk i "Den vesle istida", og danna store moreneformer som har samheng med større tilgang på lausmassar i den sentrale og nordlege delen av Breheimen. Tilgang på lausmassar har også gitt breelvvifter og sandurar som særleg er fint utforma i Lundadalen.

### 9.2 Verditypar

- Strukturlandskap (grunnfjell og kambro-silur)
- Gamle viddelandskap frå tertiær med mønster av gamle elvegreiner frå Øvre Otta.
- Breeroderte landskap (botnformer og glasiarale dalar)
- Små erosjonsformer (skuringsstriper og rundsva etter tidlegare brear)
- Canyonar eller bratte og djupe elvegjel i fast fjell
- Avsetningsformer, lausmassar (ende – og sidemorener, breelv – og elvevifter, sandursletter)
- Forvittringsformer (karst med grotter, holer og oppløysingsrenner)
- Skred (raviner, skredvifter og ur)

### 9.3 Viktige kvalitetar og område

Breheimen har eit vidt spekter av fin og verdifull geologi, og det følgjande er ei framheving av viktige førekomstar og område.

- Breheimen er eit viktig referanseområde for gamle bredekke i istidene. Spora som truleg er frå den siste, viser ein høgste breakul om lag der vasskiljet er i dag. Eit unntak er at Jotunheimbreen på slutten har sendt greiner mot sørvest, i Høydalen og Dumdalen, mot elvane si dreneringsretning.
- Spørteggbreen er ein platåbre med dokumentasjon av historia frå slutten av siste istid til i dag. Hardbardbreen og Sekkebreen har og stor landskapsmessig verdi, og potensiale for framtidige studiar.

- Av botnbreiar er det både dei på sørsida, og særleg nordsida av Hestbrepiggane som merkar seg ut med fin utforming og dei loddrette bakveggane. Breane på nordsida har eit komplett system med morener, breelvvifte og sandur i dalbotnen nedafor. Her kjem samanhengane i prosessane særleg godt fram.
- Dei preboreale randmorenene ved Vigdalstølen i Jostedalen, ved Fast, Soleiebotnen og Granfastadalen er store og fint utforma. Dei utgjer viktig dokumentasjon for avsmeltingshistoria i Lusterfjord-området.
- Preboreale morener i Høydalen, Dumdalen og Breidsæterdalen er dokumentasjon for sørvestlege brearmar som bre frå Jotunheimen har sendt inn i Breheimen.
- Preboreal morene etter botnbre ved Krossbu. Denne ligg sentralt og er ilagmed fleire ulike moreneryggar i dette området dokumentasjon for avsmeltingshistoria.
- Oppløysingsformer i Dumdalen. Dette er dei høgastliggande karstformene i Norge. Dei er mykje brukte og av stor verdi for ekskursjonar og grotteforskning. Det finst få kalksteinsgrotter i Sør-Norge.
- Skredformer og raviner i Fortunsdalen merkar seg ut.
- Skredvoll i Breidsæterdalen.

## 10 ORDFORKLARINGAR

**Ablasjonsmorene.** Morenemateriale som låg i eller oppå breen då den smelta. Område med ablasjonsmorene, også kalla avsmeltingsmorene, er ofte haugforma og med blokkrik overflate..

**Blokkhav/blokkmark.** Overflate som i det vesentlege er dekt av blokker, vert danna anten ved frostforvitring eller ved frostsoring av morenemateriale.

**Dendrittisk mønster.** Mønster som liknar eit tre med greiner, f. eks. dendrittisk dreneringsmønster.

**Drumlin.** Straumlineforma, langstrakt rygg av morenemateriale danna ved botnen av innlandsisen. Lengderetninga syner isrørsleretninga då drumlinen vart danna.

**Erosjon.** Nedbryting av landskapet av is, vatn og vind, mm.

**Esker.** Langstrakt, smal og ofte slynget rygg av lagdelt og sortert sand, grus eller rullestein, danna ved avsetjing frå smeltevasseler i ein tunnel under eller inne i ein isbre.

**Firn.** Eitt eller fleire år gammal snø.

**Geologi.** Læra om jordkloden si oppbygging, struktur og historie.

**Geomorfologi.** Læra om landskapsformene og korleis dei er danna.

**Glasifluvial.** Fenomen og prosessar knytte til breelvar.

**Grytehol.** Rund forsinking, ofte fylt med vatn, i lausmassar, danna ved seinare smelting av ein stor isklump som har vore heilt eller delvis overdekt med sand og grus (breelvsediment).

**Interstadial.** Varmare klimaperiode med avsmelting mellom to kaldare faser innafor same istid.

**Israndavsetninger.** Ryggar av morenemateriale eller breelvmateriale avsett langs randa av breen.

**Jettegryte.** Meir eller mindre sylindrisk hol i fast fjell, danna ved rotasjon av materiale i rennande vatn.

**Kald bre.** Temperaturen er under trykksmeltepunktet, og bresålen er frosen fast til underlaget. Ikkje botngliding, og då heller ingen erosjon.

**Karst.** Landskapsform utvikla i område med relativt lettoppløyslege bergartar som kalkstein, dolomitt, marmor og gips.

**Meander.** Sterkt bukta elveløp i ein flat dalbotn.

**Kvartærgeologi.** Læra om kvartærtidas (se Kvartær tid) geologiske prosessar og dannelser.

**tid.** Dei siste ca. 2.5 millionar år av jordhistoria. Ein periode med store klimasvingingar og fleire istider.

**Prekambrium.** Før kambrium, dvs tida fram til 545 millionar år sidan.

**Randmorene.** Morenerygg avsatt langs kanten av ei bretunge som ende- eller sidemorene.

**Marin grense (MG).** Det høgste nivået havet nådde på ein stad etter at staden vart isfri.

**Morenemateriale.** Materiale som er transportert og avsett direkte av brear. Inneheld som regel alle fraksjoner fra leir til store steinar.

**Nunatak.** Fjell som stikk opp av ein isbre og er omkransa av is på alle kantar.

**Permafrost.** 'Evig tele'. Frost i bakken som ikkje tinar i løpet av sommaren.

**Plastiske former.** Mjuke, avrunda oveflateformer i fjell danna ved bre- og breelverosjon.

**Preboreal.** Tidsperioden frå 10 000 til 9 000 radiokarbonår ( $^{14}\text{C}$ -år) før notid. Det tilsvarar 11 500 – 10 200 kalenderår får notid.

**Refugier.** Fjelltoppar og andre område som var isfrie under siste istid, og der plantar kunne overleve.

**Rogenmorene.** I hovudsak parallelle moreneryggar som er avsette ved botnen av (innlands)isen. Ryggane er orienterte på tvers av isrørsleretninga.

**Sandur.** Vifteforma slette bygd opp av sand og grus som er transportert med smeltevatn frå brear.

**Slukås (slukesker).** Ryggforma breelvsavsetning av sand, grus og stein som går bratt ned ei dalside. Danna ved avsetning i ein relativt bratt, vassfylt tunnel inne i ein isbre.

**Steinsirklar/steinpolygon.** Sirklar eller polygon av stein omkring eit felt med meir finkorna materiale. Vert danna i område med tele ved frostsortering i den øvre, oppbløyte delen av bakken. I skrått terreng går desse formene over i striper.

**Talus.** Ur, laus masse av grove og kanta steinstykkjer som har falt ned og hopa seg opp langs foten av ein bratt bergskrent. Skråningen er bestemt ved rasvinkelen til det materialet som fell ned.

**Tertiær tid.** Perioden frå 60 – ca. 2 millionar år sidan.



## 11 FIGURLISTE

<b>Fig. 1</b>	Satelittfoto av Breheimen og delar av Jotunheimen. ( <a href="https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl">https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl</a> ) .....	1
<b>Fig. 2</b>	Oversiktskart. Utgreiingsområdet for vern etter naturvernlova er merka med gult, brear med turkis og vatn med blått.....	2
<b>Fig. 3</b>	Oversikt over breane. Au = Austdalsbreen, Fo = Fortundalsbreen, Gr = Greinbreen, Ha = Harbardsbreen, HG = Heimste Gjelåbreen, Ho = Holåbreen (2 stykker), Sa = Sandåbreen, Se = Sekkebreen, Si = Sikilbreen (2 stk.) , Sk = Skridulaupen, Sp = Spørteggbreen, Sv = Sveindalsbreen, Tb = Tverrbotnbreen, Tv = Tverreggibreen, YG = Ytste Gjelåbreen, YB = Ytste Breen.....	3
<b>Fig. 4</b>	Berggrunnsgeologisk kart over Sogn – Bøverdalen, etter Rekstad 1914.....	4
<b>Fig. 5</b>	Geologisk kart over området med brear (svart) og vatn (kvitt) innlagt. Brun = diverse gneisar, grøn = glimmerskifer og fyllitt, lys grøn = metasandstein, blå = kalkstein, rosa = granitt, lys rosa = kvartsmonzonitt og augegneis. ....	5
<b>Fig. 6</b>	Geologisk kart over Hestbrepiggan-området (Banham 1967). ....	6
<b>Fig. 7</b>	Grense mellom gneis (nærast) og granitt nord for Vongsen.....	8
<b>Fig. 8</b>	Geologisk kart over nedre del av Bøverdalen og Flåklypa (Barkey 1968). For teiknforklaring sjå Fig. 9.....	8
<b>Fig. 9</b>	Geologisk kart over Høydalen – Bøverdalen (Shakesby 1968). Teiknforklaring (noko forenkla): Blå = kalkstein/kalkskifer; grøn = fyllitt og glimmerskifer; gul = sandstein, konglomerat, kvartsitt; rosa = gneis; raud = granitt/granodioritt; gul = amfibolitt.....	9
<b>Fig. 10</b>	Geologisk kart over Mørkrisdalen. (Anda og Olsen 1982, Fig. 2). ....	10
<b>Fig. 11</b>	Frå Holmavassnosi mot NØ med Tverrådalskyrkja i bakgrunnen.....	12
<b>Fig. 12</b>	Avskaling på Holmavassnosi.....	13
<b>Fig. 13</b>	Frå Holmavassnosi mot SØ, horisontalt lagdelt gneis.....	13
<b>Fig. 14</b>	Botnformer. Flyfoto, sett vestover.....	14
<b>Fig. 15</b>	Alpint landskap med toppar, botnar, band, aktive brear og randmorener frå Den vesle istida. Det gamle peneplanet, vidda, kjem og tydeleg fram på dette flyfotoet. Sett mot aust. Hurrungane stikk opp av skoddehavet i aust.....	15
<b>Fig. 16</b>	Vidde på Sognefjellet. Paleisk (gammalt) landskap.....	15
<b>Fig. 17</b>	Viddelandskap, gammalt peneplan, med Tundradalen i framgrunnen.....	16
<b>Fig. 18</b>	Tverrådalskyrkja, sett mot NNØ.....	17
<b>Fig. 19</b>	Dei eldste regionale brestraumane (Vorren 1973). ....	18
<b>Fig. 20</b>	Dei siste regionale brestraumane (Vorren 1973). ....	19
<b>Fig. 21</b>	Isrørsler i nordlege delen av Oppland. (Etter Sørbel mfl. 1988).....	20
<b>Fig. 22</b>	Skuring på Sognefjellet, i retning vest, mot Granfastadalen.....	20

<b>Fig. 23</b>	Rundsva på Sognefjellet. Skurt støtside og plukka leside syner at isen har gått mot høgre. ....	21
<b>Fig. 24</b>	Utsnitt av digitalt jordartskart over Sogn og Fjordane. (NGU). ....	22
<b>Fig. 25</b>	Rekonstruksjon av ein tidleg og ein seinare fase (Storehaug-) av Gaupne-stadiet. (Vorren 1973).....	24
<b>Fig. 26</b>	Sidemorener på sørsida av Granfastadalen. Kanten mot Fortunsdalen i framgrunnen. ....	26
<b>Fig. 27</b>	Moreneryggar og haugar ved Krossbu, Breidsæterdalen (etter Shakesby mfl. 1990).....	28
<b>Fig. 28</b>	Lokal endemorene (merka x) etter botnbre nedafor Krossbu i den vestre dalsida. Sett mot S. ....	29
<b>Fig. 29</b>	Frå Lomsggei som utgjer det nordaustre hjørnet av Breheimen, sett mot Ø. Nedafor Lom er Otta-elva grå av leirslam som kjerm med Bøvra.....	29
<b>Fig. 30</b>	Isskurte svaberg med støt- og lesider ved Høydalsvatnet. ....	30
<b>Fig. 31</b>	Endemorene i vestenden av Høydalsvatnet. ....	31
<b>Fig. 32</b>	Austenden av Høydalsvatnet. Iserodert landskap med fleire dalgenerasjonar.....	31
<b>Fig. 33</b>	Blankskurt terreng øvst i Fortunsdalen ....	33
<b>Fig. 34</b>	Isskurt dalbotn øvst i Nørdstedalen.....	33
<b>Fig. 35</b>	Endemorene i nedre del av Middalen. ....	34
<b>Fig. 36</b>	Tidsskjema for avsmeltingshistoria. (Vorren 1973) ....	34
<b>Fig. 37</b>	Lokalisering av undersøkte relativt lågtliggande brear (etter Winkler mfl. 2003) ....	35
<b>Fig. 38</b>	Lokalisering av undersøkte relativt høgtliggande brear (Shakesby mfl. 2004). ....	36
<b>Fig. 39</b>	Forvitring i kanten av snøfonn nord for Vongsen.....	37
<b>Fig. 40</b>	Lause blokker i fjellsida vest for Fortun. ....	38
<b>Fig. 41</b>	Tussen, sprekker oppå fjellplataet, foto mot Ø. ....	38
<b>Fig. 42</b>	Sidemorene over Storehaug i Vigdalen. ....	41
<b>Fig. 43</b>	Vigdalstølen ligg på ein 9500 år gammal endemorene.....	41
<b>Fig. 44</b>	Randmorene, Vierøy. ....	43
<b>Fig. 45</b>	Oppover Vigdalen, ved Vierøy. ....	43
<b>Fig. 46</b>	Forvitring og jordsig, Hamarsdalen ....	44
<b>Fig. 47</b>	Sidemorener og terrassar som syner at breen i Jostedalen demde opp eit høgare vatn (bresjø) i Vanndalen. (Nesje mfl. 1991).....	46
<b>Fig. 48</b>	Kart over Spørteggbreen og dreneringsområdet til Vanndalsvatnet (Nesje mfl. 1991). ....	46
<b>Fig. 49</b>	Stratigrafien i to borkjerner frå Vanndalen (Nesje mfl. 1991).....	47
<b>Fig. 50</b>	Holmevatnet med Spørteggbreen i bakgrunnen. ....	48
<b>Fig. 51</b>	Endemorener mellom Spørteggbreen og Holmevatnet. ....	49

<b>Fig. 52</b> Lengdeprofil av Mørkrisdalen og nokre av sidedalane (Anda og Olsen 1982, Fig. 3). Tverrprofil A – D er frå hoveddalføret (jfr. Fig. 56). .....	50
<b>Fig. 53</b> Nedover Mørkrisdalen. ....	51
<b>Fig. 54</b> Øvre del av Mørkrisdalen, sett mot nord. ....	51
<b>Fig. 55</b> Mørkrisdalen. Åsetvatnet i bakgrunnen, sett mot NNV.....	52
<b>Fig. 56</b> Kvartærgeologisk oversiktskart over Mørkrisvassdraget (Anda & Olsen 1982).....	53
<b>Fig. 57</b> Moreneryggar ved Åsetvatnet. ....	54
<b>Fig. 58</b> Åsetvatnet, med Åsetestølen på elvevifta midt langs vatnet, og Fast i vestenden. ....	56
<b>Fig. 59</b> Fast. Endemorener og ur. ....	57
<b>Fig. 60</b> Endemorene på Fast. ....	57
<b>Fig. 61</b> Preboreale moreneryggar i Soleiebotnane, sett mot SV.....	58
<b>Fig. 62</b> Preboreale moreneryggar i Soleiebotnane, mot NV. ....	58
<b>Fig. 63</b> Fortunsdalen, sett sørover. Den gamle (paleiske) overflata er stipla. ....	59
<b>Fig. 64</b> Stupbratte gjel i den austlege dalsida til Fortunsdalen.....	60
<b>Fig. 65</b> Fortunsdalen, skredvifte til høgre. ....	60
<b>Fig. 66</b> Bakligjelet, Fortunsdalen. ....	61
<b>Fig. 67</b> Randmorener, plastiske former og skuring i Stølsdalen (Granfastadalen). Etter Vorren 1973. ....	62
<b>Fig. 68</b> Nørdstedal-området. Utbreiinga til dei 2 austlege breutløparane frå Harbardsbreen og Fortundalsbreen under Den vesle istida er vist med lys grøn farge. Ablasjonsmoreneområdet er vist med mørk grøn farge. Ha = Harbardsbreen, Ha N = Harbardsbreen N, Fo = Fortundalsbreen, Nø = Nørdstedalen. ....	63
<b>Fig. 69</b> Nørdstedalen. Brearm frå Harbardsbreen, og utbreiinga under. Den vesle istida. (Jfr. Fig 66). ....	63
<b>Fig. 70</b> '1750-morene' øvst i Fortunsdalen. Harbardsbreen N i bakgrunnen.....	64
<b>Fig. 71</b> Fersk endemorene framfor Fortundalsbreen. ....	64
<b>Fig. 72</b> Steinsirkklar* nedafor Fortundalsbreen. Desse må ha vorte danna etter 1750. ....	65
<b>Fig. 73</b> Haug- og ryggforma ablasjonsmorene i Nørdstedalen. Sett mot S.....	65
<b>Fig. 74</b> Frostsprengt fjell, Middalen. ....	66
<b>Fig. 75</b> Breelvdelta i vestenden av ytste Leirvatnet med forgreina (fletta) elvar i overflata. ....	67
<b>Fig. 76</b> Mårådalen sett i nordleg retning mot Grotli.....	68
<b>Fig. 77</b> De Geer morener ved Breiddalsvatnet (Sørbel et al. 1988). ....	69
<b>Fig. 78</b> Den øvre nordvestre delen av Mysubyttaldalen. Ur dominerer langs den bratte nordlege dalsida. Sikilbreen i bakgrunnen. ....	70
<b>Fig. 79</b> Erosjonsløp rett ned dalsida i Tundradalen. ....	71
<b>Fig. 80</b> Tundradalen, nedover mot Ottadalen. ....	72

<b>Fig. 81</b>	Lundadalsvatnet, sett mot SV. Den store breelvdeltavifta i framgrunnen er bygd ut av Holåi. Sørøver langs vatnet ser vi samanhengande rekkjer av skredvifter i begge dalsidene.....	73
<b>Fig. 82</b>	Rasutsett dalside ved Bøvertun. Sett mot nord. ....	74
<b>Fig. 83</b>	Skredvoll i Breidsæterdalen. Sett mot nord. ....	75
<b>Fig. 84</b>	Frå vasskiljet lengst søraust i Breheimen. Storevatnet og Hestbrepiggane i bakgrunnen.....	76
<b>Fig. 85</b>	Hestbremassivet med sørvende botnar, og restar av brear etter ein sesong med stor avsmelting (16.9.2006). ....	77
<b>Fig. 86</b>	Topografisk oversiktskart over Holåtindan og Hestbrepiggan. (Kartblad Breheimen). ....	78
<b>Fig. 87</b>	Områda framfor Heimste og Ytste Breen i Hestbrepiggan. Teiknforklaring: sjå Fig. 90 (Etter Winkler mfl. 2003).....	79
<b>Fig. 88</b>	Topografisk kart, med Storegrovbreen og Tverreggibreen. (ekvidistanse 20 moh.). ....	80
<b>Fig. 89</b>	Storegrovbreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 90. (Etter Winkler m. fl. 2003).....	81
<b>Fig. 90</b>	Vesle istid-morener framfor Tverreggibreen. Merk at N er ned på kartet. (Etter Winkler mfl. 2003).....	82
<b>Fig. 91</b>	Vesle istid-morener framfor Greinbreen. (Etter Winkler & el. 2003). Teiknforklaring: sjå Fig. 90. ....	83
<b>Fig. 92</b>	Kart og flyfoto over feltet nedafor Høgsetbreen. (Etter Shakesby mfl. 2004).....	84
<b>Fig. 93</b>	Østre og Vestre Høybreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 92. (Etter Shakesby mfl. 2004). ....	85
<b>Fig. 94</b>	Nordre Tundradalskyrkjebreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 92. (Etter Shakesby mfl. 2004). ....	86
<b>Fig. 95</b>	Østre Tundradalskyrkjebreen. Teiknforklaring: sjå Fig. 92. (Etter Shakesby mfl. 2004). ....	86
<b>Fig. 96</b>	Mårådalen og nedre del av Mårådalsbreen, sett mot Ø.....	87
<b>Fig. 97</b>	Skridulaupen, botnbreiar og morener.....	88
<b>Fig. 98</b>	Nedre Dumdalen, sett mot SV .....	89
<b>Fig. 99</b>	Kart over Dumdalen.....	90
<b>Fig. 100</b>	Kart over nedre Dumdalen, med marmorfelta (stipla) som omtala i teksten. Etter Mylroie & Lauritzen 1996. (Andre navn kan vere brukte av guidane i Dumdalen.) .....	90
<b>Fig. 101</b>	Den nedste elvegrotta, G1, Dumbrua.....	91
<b>Fig. 102</b>	Vatn frå regn og snøsmelting har løyst opp kalksteinen og danna renner i overflata.....	92
<b>Tab.1</b>	Geitågrottene, G1-G6 .....	92

## 12 LITTERATUR

- Ahlmann, H.W. 1919: Geomorphological studies in Norway. *Geogr. Ann. 1*, 118-124.  
Svenska sällskapet för antropologi och geografi.
- Anda, E. & Nordahl-Olsen, T. 1982: Mørkrisvassdraget, kvartærgeologisk og geomorfologisk oversikt. Geol inst. Avd. B. Univ. I Bergen. Rapport 7, 22 s.
- Banham, P.H. & Elliot, R. B. 1965: Geology of the Hestbrepiggan area. Preliminary account. *Nor. Geol. Tidsskr. 45*, 189-199.
- Banham, P. H. 1968: The basal gneisses and basement contact of the Hestbrepiggan area, North Jotunheimen, Norway. *Nor. geol. unders. 252*.
- Barkey, H. 1968: Geologiske og ingeniørgeologiske undersøkelser i Vest-Jotunheimen. Sogn og Fjordane og Oppland. Upubl. NGU-rapport 817A.
- Brathole, A. 1951: Kvartærgeologiske undersøkelser i Indre Sogn. Hovedoppgave ved Universitetet i Oslo.
- Faugli, P. E., Lund, C. og Rye, N. 1991: Jostedalen, natur, vannkraft. NVE og Univ. I Bergen.
- Gjessing, J. 1978: *Norges landformer*. Universitetsforlaget. Oslo.
- Hansen, A. M. 1891: Strandlinjestudier. *Arkiv Mat.-naturvit. 15, (1)*, 96 s.
- Helland, A. 1876: Om beliggenheden af moræner og terrasser foran mange indsjøer. *Øfvers Kgl. Vit. Akad. Forhand. 32*, 53-82.
- Holmstrøm, L. 1880: Om moræner och terrasser. *Øfvers Kgl. Vit. Akad. Forhandl. 36*, 5-47.
- Holtedahl, O. 1960 Geology of Norway. *Norger geol unders. 208*, 540 s.
- Kjerulf, T. H. 1871: Om skuringsmærker, glacialformation og terrasser samt om grundfjeldets mektighet i Norge. I Grundfjeldet. 101 s. *Univ. Program første halvår 1870*.  
Kristiania.
- Kjerulf, T.H. 1879: *Udsikt over det sydlige Norges geologi*. 262 s. Kristiania.
- Klakegg, O., Nordahl-Olsen, T, Sønstegaard, E. & Aa, A. R. 1989: Sogn og Fjordane fylke, kvartærgeologisk kart - M 1:250 000. *Nor. Geol. Unders.*
- Landmark, K 1949: Geologiske undersøkelser i Luster-Bøverdalen. *Bergen Univ. Aarbok 1948*.
- Lutro, O. 1979: Lustrafjorden. Berggrunnsgeologisk kart 1417 I, M 1:50 000. *Nor. Geol. Unders.*
- Lutro, O. 1981: Mørkrisdalen. Berggrunnsgeologisk kart 1418 II; M 1: 50 000. *Nor. Geol. Unders.*

- Lutro, O. og Tveten E. 1996: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart ÅRDAL M 1:250000, Norges geologiske undersøkelse.
- Myrloie, J. and Lauritzen, S.E., 1996. An introduction to the Caves and Karst of Dummdalen. In: I. Aarseth, J. Myrloie and S.E. Lauritzen (Editors), Excursion I: Climate Change. The Karst record. Field trip of a Conference held at The Department of Geology, University of Bergen, Norway, August 1 - 4th 1996, pp. 23-33.
- Nesje, A., Kvamme, M., Rye, N. and Løvlie, R. 1991: Holocene glacial and climate history of the Jostedalbreen region, western Norway, evidence from lake sediments and terrestrial deposits. *Quaternary Science Review* 10, 78-114.
- Ording Dahl, T. & Finnesand T. 2005: Geitåggrottene – høyest i Norden? *Norsk Grotteblad* nr 44, 27-32.
- Rekstad, J. 1914: Fjeldstrøket mellom Lyster og Bøverdalen. *Norges geol. unders.* 69.
- Santarelli, N. 1989: Evolution structurale et metamorphique du socle precambrien de la chaine caledonienne S andinave dans le Nord-Oppland (Norvege). These l'universite Paris (VII).
- Shakesby, R.A., McCarroll & Caseldine, C.J. 1990: New evidence for Preboreal deglaciation of south-central Norway. *Norsk geografisk Tidsskrift* 44, 121-130.
- Shakesby, R. A., Matthews, J.A. and Winkler, S. 2004: Glacier variations in Breheimen, southern Norway: relative-age dating of Holocene moraine complexes at six high-altitude glaciers. *The Holocene* 14, 899-910.
- Sigmond, E. M. O., Gustavson, M. og Roberts, D. 1984: Berggrunnskart over Norge-M 1:1 mill. Norges geol. unders.
- Sollid, J.L. & Torp, B. 1984: Glacialgeologisk kart over Norge, 1:1 mill. Nasjonalatlas for Norge. Geogr. Inst. Univ. i Oslo.
- Sollid, J.L. og Trollvik, J.A. 1991: Oppland fylke, kvartærgeologi og geomorfologi 1:250 000. Institutt for naturgeografi, Universitetet i Oslo.
- Sønstegaard, E. & Aa, A. R. 1987: JOSTEDALEN 1418 III, kvartærgeologisk kart – M 1:50 000. *Nor. geol. unders.*
- Tollan, A. 1963: Trekk av isbevegelsen og isavsmeltningen i nordre Gudbrandsdalens fjelltrakter. *Norges geol. Unders.* 223, 328-345.
- Vorren, T. O. 1970: Deglaciasjonsforløpet i strøket mellom Jostedalbreen og Jotunheimen. Hovedoppgave i kvartærgeologi og geomorfologi ved Univ. I Bergen.
- Vorren, T. O. 1973: Glacial Geology of the Area between Jostedalbreen and Jotunheimen, South Norway. *Nor. Geol. unders.*

- Winkler, S., Matthews, J.A., Shakesby, R.A. and Dresser,, P.Q. 2003: Glacier variations in Breheimen, southern Norway; dating Little Ice Age moraine sequences at seven low-altitude glaciers. *J. Quaternary Sci.*, **Vol 18** pp. 395-413.
- Aa, A. R. og Sønstegaard, E. 1994: Kwartærgeologisk verneverdige førekomstar og område i Sogn og Fjordane. Utredning for DN 1994-9. Direktoratet for naturforvaltning.
- Aa, A.R. (red), Dahl, S.O. mfl., Sønstegaard, E.,Anda, E., Sanderson, F. mfl., Russenes, B.F. Lille-Homb, K. og Henriksen H. 2001: Klima, skred og risiko. HSF notat.
- Aarseth I., Mylroie J. and Lauritzen S.E. (Eds.) 1996: Excursion I field guide: geomorphology and quaternary geology of the Inner Part of the Sognefjord Area and an introduction to the caves and karst of Dummdalen 30-31 July, 1996, 33 pp.