

Fra det nordøstlige

af

Jotunfjeldene.

Af

J. Rekstad.

(With a Summary in English).

Med 1 Kart.

Norges geologiske undersøgelses aarvog for 1904 No. 6.

Christiania.

I kommission hos H. Aschehoug & co.

A. W. Brøgers bogtrykkeri.

1904.

Fra det nordøstlige af Jotunfjeldene.

Af

J. Rekstad.

Det vedføjede geologiske kart¹⁾ omfatter det samme omraade som det topografiske kartblad Galdhøpiggen, der strækker sig fra $61^{\circ} 28'$ til $61^{\circ} 46'$ n. br. og fra $1^{\circ} 42'$ til $2^{\circ} 32'$ vest for Kristiania. Inden dets omraade ligger de høieste dele af vort land med toppene Galdhøpiggen og Glittertind. Mod syd naar kartet til Sikkilsdalen, Gjende og Raudalen, mod nord til Tessevand, Kvitingskjølen og Glømsdal i Bøverdalen, mod øst til Sikkilsdalen og Tessevand og mod vest til Leirdalen. Det meste af kartbladets omraade tilhører bygderne Vaage og Lom i nordre Gudbrandsdalen. I dets sydøstlige hjørne kommer lidt af nordre Fron ind og i dets sydvestlige lidt af Lyster prestegjeld.

Berggrunden inden dette omraade kan i det væsentlige henføres til tre afdelinger. De høieste dele af egnen bestaar af gabbro med talrige kupper af olivinsten. Derunder kommer gneis og kvartsitiske bergarter, Kjerulfs høifjeldskvarts. I de dybere nedskaarne dale har man under gneis-kvartsitafdelingen fyllit med enkelte lag af krystallinsk kalksten. I kart-

¹⁾ Kartet er udarbejdet efter Th. Münsters dagbog og kart fra reise i Jotunfjeldene sommeren 1882, efter Bjørlykkes dagbog og kart fra sommeren 1891 samt efter forfatterens iagttagelser sommeren 1903. For det løse dækkes vedkommende er ogsaa Øyens iagttagelser fra kartbladet Galdhøpiggen benyttede.

bladets nordvestlige hjørne ved Runningsbræen gaar grundfjeldet frem i dagen. Det har her sydøstligt fald ind under fylliten. Mellem grundfjeldet oppe ved Runningsbræen og fylliten i sydøst er terrænet overdækket¹⁾ af løse masser, saa man ikke kan paavise, om der her mellem dem optræder sparagmit.

1. Gabbroen indtager den største del af omraadet. Alle de høiere fjelde her bestaar af denne bergart. Talrige smaa partier af mere eller mindre ren olivinsten optræder i gabbroen. Undertiden er grænsen mellem dem skarp, men ofte er der overgange uden nogen fremtrædende grænse, den ene bergart gaar umerkeligt over i den anden. Dette forhold taler for, at olivinstenen maa opfattes som et differentiationsprodukt af gabbromagmaen. I midten af kupperne er der gjerne ren olivinsten; ud mod randen derimod bestaar bergarten ofte af olivin, diallag og hypersten og gaar lidt efter lidt over til olivingabbro. De større og mere fremtrædende af olivinstens-kupperne er afsatte paa vedføjede kart. For at faa alle med vilde der kræves et kart i større maalestok og et detaljeret kartlægningsarbejde i marken. Gabbroen inden omraadet viser vekslende habitus. Tildels viser den saagodtsom ingen presningsstruktur, men ofte er den mere eller mindre stærkt skifrig; særlig er dette tilfældet ved den undre grænse, hvor skifigheden kan være saa udpræget, at bergarten faar karakter af gneis. Meget af det, som paa kartet er afsat som gneis, vil sandsynligvis ved en mere detaljeret undersøgelse ogsaa vise sig at være stærkt omvandlet og presset gabbro.

Den skifrige gabbro indeholder i stor udstrækning kvarts anordnet parallelt med skifigheden. Den maa være tilført bergarten, medens eller efterat presningsstrukturen opkom. Paa brud lodret skifigheden sees kvartsen som traadformige striber parallelt spaltningensretningen. Man maa vel nærmest tænke sig, at kvartsen er bleven afsat her, idet vand, som cirkulerede i bergarten, har tjent som transportmiddel for kiselsyren.

¹⁾ Th. Münster, Dagbog fra reise i Jotunfjeldene juli 1832. (Nyt Mag. f. Naturv., XXVIII, 1834, s. 199).

Denne er da bleven udskilt der, hvor temperaturen har været lavest eller trykket mindst.

Spredte petrografiske undersøgelser af Jotunfjeldenes gabbroergarter foreligger fra flere hold, men en mere omfattende undersøgelse i petrografisk henseende af bergarterne inden dette store eruptivfelt staar endnu tilbage.

A. Sjögren¹⁾, der somrene 1881 og 82 besøgte Jotunfjeldene, har mikroskopisk undersøgt flere bergartsprøver herfra. Kjerulf²⁾ har senere undersøgt nogle gabbrovarieteter fra denne egn mikroskopisk. Törnebohm³⁾ giver en karakteristik af Jotungabbroen. Særlig fremhæver han dens stærkt udprægede kataklasstruktur. Olivinbergarterne her betegnes af ham som lherzoliter.

Plagioklasen hos Jotunfjeldenes gabbro er hvid til hvidgraa eller violet. Den anden hovedbestanddel i den, diallagen, er sort til sortgrøn af farve. Desuden indeholder den ofte hypersten, hornblende, omfacit, biotit, olivin, ortoklas, kvarts, magnetit og apatit samt i enkelte tilfælde ogsaa granat og zirkon. Hvor Jotungabbroen er lidet presset, har den et smukt udseende, særlig den, som fører violet plagioklas. Den er middels- til finkornig, og i almindelighed har dens bestanddele allotriomorf udvikling, det vil sige kornene i bergarten begrænses i regelen ikke af krystallflader, men har en uregelmæssig form.

Foruden de talrige slireformede masser af olivinsten i gabbroen optræder her ogsaa slirer af en forholdvis lys, syenitisk bergart. Feldspaten i denne bestaar i stor udstrækning af mikropertit. Billedet, fig. 1, pl. I, af et præparat fra en saadan slire i Memurudalen viser et eksempel herpaa. Alle større korn i denne bergartsprøve bestaar af mikropertit. Grundmassen, der omgiver de større korn, er rent yrsmaa,

¹⁾ A. Sjögren, Mikroskopiska studier. Et par Gabbroarter från Jotunfjällen i Norge. (Geol. För Förhandl. B. VI, s. 370—375).

²⁾ Th. Kjerulf, En række norske bergarter. (Universitetsprogram for 2det semester 1891).

³⁾ Törnebohm, Det centrale Skandinaviens Bergbyggnad, s. 112. (Kongl. Sv. Vet. Akad. Handl. B 28, No. 5).

kantede korn. I det hele taget viser bergartens struktur, at den er bleven stærkt opknust. Foruden mikropertit indeholder bergarten plagioklos, ortoklas, pyroxen (som i stor udstrækning er omvandlet til grøn hornblende (uralit)), biotit (der ofte er kloritiseret), kvarts (med unduløs udslukning), apatit, magnetit og zirkon. Dette sidste mineral optræder tildels i form af smaa afrundede korn.

Fig. 2 (pl. I) viser en bergartsprøve, som hovedsagelig bestaar af hypersten og diallag. Hertil kommer lidt plagioklas (labrador) og biotit.

Tildels optræder der granitgange i Jotunfjeldenes gabbro. Fra det her omhandlede omraade omtaler Kjerulf saadanne i »Udsigten« side 185 og 186. Münster¹⁾ har iagttaget en pegmatitgang i gabbroen ved Troldesteinskølven ved Glittertind og Bjørlykke²⁾ en i nordsiden af Galdhøpiggen.

Billederne paa plancherne II, III og IV viser karakteren hos gabbrofjeldene her.

2. Gneis-kvartsitafdelingen. Den under gabbroen optrædende gneis er, som ovenfor anført, flesteds nærmest gabbroen tydeligvis kun en skifrig form af denne bergart. Det er derfor meget vanskelig at trække grænsen korrekt mellem, hvad der virkelig er gneis og hvad der virkelig er gabbro. I det hele taget er gneiszoneen rundt gabbroen meget stærkt omvandlet, saa mit indtryk er, den i stor udstrækning kun er en grænsezone til gabbroen. Denne stærke omvandling strækker sig ogsaa til fylliten under gneisafdelingen. Den har flere steder i sine øvre partier form af en fyllitgneis og er ofte stærkt forkislet, saa grænsen mellem den og gneisafdelingen ogsaa bliver noget svævende.

Gneisen har overalt rundt det store gabbromassiv fald ind under dette. Bergarten i de undre partier af gneisafdelingen bestaar hovedsagelig af kvartsitisk bergart, som i almindelighed indeholder noget feldspat.

¹⁾ L. c. s. 203.

²⁾ Bjørlykke, Dagbog fra 1891 for kartbladet Galdhøpiggen. (Manuskript).

3. Fyllitafdelingen. Fylliten her er fuld af kvartsnyrer, og i almindelighed viser den sig stærkt forkislet. Oftest er den krumbladig og graalig af farve. Fleresteds særlig i det øverste af afdelingen har bergarten karakter af en fyllitgneis. Mere undtagelsesvis optræder her sort fyllit, som ved Besstrand-sæter og enkelte steder i Bøverdalen.

Det har ikke lykkedes at paavise fossiler i fyllitafdelingen her; men de geologiske forhold ligner fuldstændig dem, man har i fjeldtrakterne i det sydlige Norge helt fra Jotunfjeldene og sydover til Stavanger amt og Sætersdalen, saa man maa antage, at fyllitafdelingen ogsaa her repræsenterer kambrium og silur.

Paa østsiden af det øverste af Bøverdalen, i den nordvestlige del af kartbladet, er krystallinsk kalksten og kalkholdig skifer indleirede i fyllitafdelingen. Mægtigheden hos det betydeligste kalkdrag her gaar enkelte steder op til omtrent 40 m.

Kvartsskifer findes fleresteds i fyllitafdelingen, og ved Nettosætrene skal der efter opgivende findes klebersten.

Med hensyn til de over fylliten kommende afdelinger havde Kjerulf den anskuelse, at lagfølgen var normal, og at disse følgelig var yngre end fylliten. Gneis-kvartsitafdelingen nævntes af ham høifjeldskvarts for at holde den sondret fra grundfjeldsgneisen som noget yngre. Gabbroen var det yngste led. Den havde brudt frem og omvandlet de tilstødende lagede bergarter.

Brøgger har saavel i »Lagfølgen paa Hardangervidda«, 1893, som i et foredrag i Videnskabselskabet i 1898 sluttet sig til Kjerulfs opfatning.

Törnebohm opfatter derimod forholdene her paa en ganske anden maade. I sit arbejde, *Det centrala Skandinavien Bergbygna*¹⁾ fremsætter han den anskuelse, at en vældig overskyvning af ældre bergarter over yngre har fundet sted over store strækninger af Norge og Sverige. Men med hensyn

¹⁾ Kong. Sv. Vet. Akademiens Handlingar, XXVIII, No. 5. (Stockholm 1896).

til Jotunfjeldene gjør Törnebohm en undtagelse. Han siger nemlig om disse¹⁾: »Jotunfjällens stora gabbrofält torda redan långt före öfverskjutningsperiodens indträdande hafva bildat höga bergmassor, kring och mellan hvilka de algonkiska och siluriska aflagringarne sedan afsattes, och mot hvilka dessa blefvo uppressade och inklämda, när den postsiluriska veckningen, hvilken kulminerade i öfverskjutningen, sedan inträdde«. Törnebohm anser altsaa Jotunfjeldenes gabbro for at tilhøre grundfjeldets periode. De kambrisk-siluriske skifer, som man nu finder under gabbroen, er efter hans opfatning oprindelig afsatte langs kanterne af den.

Senere har Bjørlykke²⁾ hævdet den anskuelse, at ogsaa Jotunfjeldenes gabbromasser hører til det overskjøvne parti. Dette skulde efter hans mening have en længdeudstrækning i Norge af i det mindste 250 km. og en bredde af mindst 100 km. (Efter hans kartskisse paa side 151, l. c. bliver længdeudstrækningen af det overskjøvne parti omkring 500 km. paa norsk side).

Saavidt mine iagttagelser gaar, finder jeg forholdene i Jotunfjeldene og i fjeldtrakterne søndenfor ganske analoge. Nærmest over fylliten ligger der næsten overalt kvartsitisk bergart. Opad gaar denne lidt efter lidt over til en typisk gneisbergart. Over gneisen, i toppene af de høiere fjelde, ligger der ialmindelighed massive bergarter. I trakterne fra Hardangerviddens og sydover er det granit. Nordenfor mellem Hallingdal og Sogn, begynder der ved siden af de granitiske ogsaa at optræde mere basiske bergarter over gneisen i de høieste fjelde, og i Jotunfjeldene bliver gabbroen omtrent eneherkende. Antager man overskyvningshypotesen, synes det mig derfor, man maa tage Jotunfjeldene med. Der er, saavidt jeg kan indse, ingen grund til at lade dem indtage en særstilling.

¹⁾ L. c., s. 151.

²⁾ Overskyvninger i den norske fjeldkjæde, *Naturen* for 1901, side 145—152.

Törnebohms opfatning af Jotunfjeldene som en øragende op af det kambrisk-siluriske hav, tror jeg, vanskelig vil kunne opretholdes. Man finder nemlig fylliten under gneisen og gabbroen i alle de dybere nedskaarne dale, saaledes ogsaa op efter Sjoas dalføre, der er skaaret ned i fylliten og med gabbro paa begge sider i fjeldene. Det rimeligste synes mig at være, at gabbroen her engang som et sammenhængende dække har ligget over fyllitformationen. Ved erosionen er gabbrodækket bleven gjennemskaaret, men endnu er ikke daldannelsen her saalangt fremskredet, at fyllitformationen er gjennemskaaret. Skulde Törnebohms opfatning være rigtig, saa maatte f. eks. Sjoas dal allerede have eksisteret, inden de kambrisk-siluriske afleiringer afsattes. Men den erosion, som har virket i det umaadelige tidsrum siden den tid, skulde ikke have været istand til at komme igjennem den ikke meget modstandsdygtige fyllitafdeling.

Inden de dele af høifjeldsstrøget, hvor jeg har havt anledning til at blive bekendt med forholdene, det vil sige fra Haukeli og Røldal til Jotunfjeldene, er rækkefølgen hos bergarterne i den over fylliten liggende afdeling en saadan, at det ikke bliver nok at antage en ligefrem overskyvning. Anser man afdelingen over fylliten for bestaaende af bergarter ældre end kambrium, saa er ialfald i de trakter, hvor jeg er kjendt, rækkefølgen overalt omvendt, idet kvartsitiske bergarter ligger underst og over disse gneiser og massive bergarter. Man bliver,]følgelig nødt til at anse det overskjævne flak for inverteret.

I Jotunfjeldene er der forhold, som paa mig gjør indtryk af ikke at kunne bringes i overensstemmelse med overskyvningshypotesen. Faldet hos de lagede bergarter gaar overalt rundt det store gabbromassiv ind under dette (konfr. profilerne paa side 11). Man har ikke her, som man skulde vente, noget egentligt overskyvningsplan, men en skaalformig indsænkning. Og det synes ikke udelukket, at gabbroen i denne kan fortsætte mod dybet. Forkjæmperne for overskyvningen har heller ikke kunnet paavise, hvorfra disse kolossale masser af gabbro er komne. De

maa dog etsteds have brudt frem, og der maatte man da i tilfælde kunne paavise deres rødder. Kjerulf ansaa de til gabbroen stødende gneisbergarter for at være blevne omvandlede ved kontakten med den. Han siger¹⁾ saaledes: »Omkring Jotunfjeldene er etagerne, navnlig høifjeldsskiferne, som hyppigst kommer i berørelse med gabbroen, stærkt forvandlet til krystalinsk skifer, saavel hvor gabbro stiger op, som hvor den forholder sig som dække«.

Overskyvningshypotesens tilhængere erkjender nok den stærke omvandling hos bergarterne, men de antager den fremstaaet paa en anden maade end Kjerulf. Aarsagerne til omvandlingen er for dem overskyvningen og foldningen, da den skandinaviske bjergkjæde dannedes. Med andre ord, de anser omvandlingen her for at være en regionalmetamorfose, medens Kjerulf ansaa den for at være væsentlig en kontaktmetamorfose. At bergarterne her som ellers almindelig i vort land har været underkastede virkningen af en betydelig regional- eller dynamometamorfose, lader sig ikke benægte. Paa den anden side kan man ikke komme bort fra, at omvandlingen hos de skifrige bergarter er stærkest paa grænsen mod de over dem liggende massive bergarter, gabbro i Jotunfjeldene og granit fra Hallingdalsfjeldene og sydover. Dette taler bestemt, synes det mig, for at ogsaa en kontaktomvandling har fundet sted. Med overskyvningshypotesen for øie skulde man vente at omvandlingen var stærkest fremtrædende ved det antagne overskyvningsplan, det vil sige mellem fylliten og den over den liggende gneis-kvartsitformation. Men dette er ikke tilfældet. Omvandlingen tiltager i intensitet opad fra det underste af fyllitformationen til berøringsfladen med de overliggende massive bergarter. Her naar den sit maksimum.

Var grænsen mellem fylliten og den overliggende gneis-kvartsitformation den kolossale overskyvningsflade, som man

¹⁾ Udsigten s. 210.

Profil fra Stornubben over Sjoas dal til
Stutgaangkampen.



Profil fra Runningsbræ over Böver-og
Leirdalen til Galdhöpiggen.



Profil fra Sulheims Storhö over Ørnekampen
til Gokkerakslen.

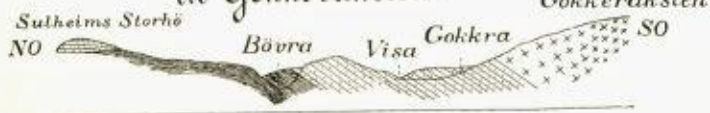


Fig. 1. Profiler fra Sjodalen og fra det øverste af Bøverdalen.
(Profilerne fra Bøverdalen er efter Münster, l. c. s. 210 og 211.)

antager, saa maatte man vente, at omvandlingens intensitet skulde fra denne flade aftage saavel opad som nedad.

Overskyvningshypotesen kan heller ikke, saavidt jeg skjønner, forklare, hvorfor den undre grænse af de overliggende massive bergarter altid skal være konform med lagningen i de under dem liggende bergarter, gneis, kvartsskifre og fyllit. Anser man dem derimod for lakkolitiske masser, bliver dette forhold forklarligt. De talrige partier af skifrig gabbrobergart, man finder i gneisafdelingen, er da at opfatte som mindre injektioner i den til hoved-lakkoliten stødende undre zone.

Det løse dække.

Under istiden har bevægelsen gaaet ud fra det vestlige af dette omraade; men den har allerede her, i det høieste af landet, været stærkt paavirket af overfladeformerne. Saavel skuringsstriber som moræner viser, at bevægelsen under sidste afsnit af istiden i hovedsagen har fulgt dalenes indsænkninger.

Efter Gjende har bevægelsen gaaet i østlig retning. Ved østenden af denne sø delte isstrømmen fra dette bassin sig i to grene. Den mægtigste af disse fulgte Sjoas dalføre i nord-nordøstlig retning; den anden gik i østsydøstlig retning over halsen mellem Sikkildalshornene og Gaapaapiggene mod Sikkildalen.

Sjodalsbræen fik betydelig forøgelse af sine ismasser fra vest efter Russas dal og efter Veodalen. Den sendte derfor grene af sin overflod mod sydøst gennem Griningsdalen og indsænkningen ved Ingussjøen.

Ved Tessevand ligesom ved den østenfor liggende Lemundsjø har isen bevæget sig i nordlig retning mod Vaagevandets dybe indsænkning. Efter Bøverdalen har den ogsaa fulgt dalføret i nordlig retning.

Dalene her har ofte den typiske U-form. Omstaaende billede, fig. 1 (pl. V), fra Smaadalen, seet sydover fra Fossæter, viser et eksempel paa en saadan traugformet dal.

Bunden af disse traugformede dale er dækket med ofte ret betydelige morænemasser. Dalenes sider er hyppig ogsaa dækkede et godt stykke opover af morænegræs. Undertiden er gruset, som paa ovenstaaende billede, anordnet i rygge nedefter dalsiderne i det stærkeste falds retning og lodret paa dalenes længderetning. Det fremstikkende fjeld ovenfor morænedækket i det øverste af dalsiderne har ogsaa groper og rygge svarende som fortsættelser til morænegruset. Det er det rindende vand, som har frembragt disse former i dalsiderne. Som vort billede viser samles vinterens snemasser hovedsagelig i groperne. De fyker her sammen, til groperne bliver ganske fulde. Saavel smeltevandet som den nedbør, der kommer i form af regn, samles i disse groper og graver dem i de øvre dele af dalsiderne dybere. I de lavere dele, hvor faldet er mindre, begynder derimod de grusfyldte bække at afsætte noget af sin last; men grænsen mellem det belte af dalsiden, hvor bækkene eroderer sine leier dybere, og det belte, hvor de fylder dem op, er svævende; thi vandføringen hos bækkene veksler meget. Naar deres vandmængde er stor ligger denne grænse længere ned mod dalbunden; men eftersom bækkenes vandmængde aftager rykker den opad. Heller ikke den gennemsnitlige aarlige grænse ligger paa samme sted; thi som bekjendt veksler nedbørmængden stærkt fra aar til aar. Dette bidrager til, at det grus, som ved forvitringen og erosionen skaffes tilveie fra de øvre dele af dalsiderne, spredes ud over det nedre af dem og over dalens bund. Her finder en akkumulation sted, og U-formen bibeholdes.

Denne forvitring og erosion i den postglaciale tid fra de øvre dele af dalsiderne har virket til at gjøre de traugformede dale her noget videre, end de var, da isdækket smeltede bort.

Morænedækket har en betydelig mægtighed og udstrækning inden den østlige del af vort omraade. Paa strækningen fra Tessevand til Sjødalsvand er det væsentlig kun i de høiere fjelde, at berggrunden staar frem i dagen. I de lavere strøg kan man ofte gaa over store strækninger uden at faa fast fjeld at se.

Veelven har sydvest for Veoknappen gjennemskåret morændækket og her kan man se, at det paa sine steder har en mægtighed af over 100 meter. Morændækket her bestaar ikke af kaotiske masser, men det har en vis regelmæssig anordning. Det optræder, naar vi bortser fra de smaa endemoræner, som ligger spredte her og der i dalbundene, væsentlig anordnet under to former. Det optræder enten sribeformigt terrassert i bræbevægelsens retning, eller ogsaa har det bølgeform, og morænebølgerne ligger da med sin længderetning lodret paa bræbevægelsen.

Den sribeformig terrasserte anordning hos morænegruset i bræbevægelsens retning er den almindeligst udbredte; man træffer den, saa at sige, overalt paa fjeldvidderne i vort land, hvor morændækket har nogen større udbredelse.

Tidligere har jeg fra Hardangerviddens beskrevet¹⁾ saadanne dannelser hos morændækket.

Den russiske geolog Popoff²⁾ omtaler terrasseformige trin i morændækket fra russisk Lapland. Her har de tilnærmelsesvis horizontalt forløb og ligner de engelske *parallel roads* eller de af dr. Andr. Hansen beskrevne seter.

Dalsiderne inden vort omraade viser ofte der, hvor morændækket har nogen større mægtighed og hældningen ikke er for stor, fremtrædende terassedannelser i grusmasserne helt nede fra dalbunden og temmelig høit op i fjeldsiderne. Fra Gjendesheim kan man saaledes se, hvorledes der opefter dalsiden mod sydøst ligger terrasse ved terrasse helt op til fjeldene, hvor morændækket ophører. Særligt fremtrædende er denne terrassering nedefter fra Brurskaret mod Sjoa. Her kan man tælle henimod 30 trin. Linierne i dalsiden her er omtalt af

¹⁾ Fra høifjeldsstrøget mellem Haukeli og Hemsedalsfjeldene, s. 40 (N. g. U. Aarbo g for 1903).

²⁾ Boris Popoff, Zur Frage von der Entstehung terrassenähnlicher Abstufungen an moränebedeckten Gebirgsabhängen (Verh. der Russ.-Kais. Mineralog. Gesellschaft zu St. Petersburg, XLI, S. 55—64).

Reusch¹⁾, som anser dem for fremstaaede ved iskanten under afsmeltningen.

Endnu mere storartet er terrasseringen fra Veoknappen og henover til store Hinden. Billederne 2 (pl. V) og 1 (pl. VI), der er tagne under ugunstig belysning, viser partier af disse moræneterrasser.

Som fig. 2 (pl. V) viser, danner morænegruset her terrasser, der lig trin i en trappe fører op til Veoknappens top, hvor det blottede fjeld stikker frem af de løse masser.

Paa sydsiden af Veelven er gruset for det meste anordnet i form af rygge. Saadanne optræder ogsaa, men mere underordnet paa nordsiden af denne elv; dog er der ikke nogen skarp grænse mellem disse dannelser; rygge og terrasser gaar over i hinanden. I almindelighed vil man finde, naar man gaar henover de terræn, hvor disse dannelser optræder og ser dem paa nært hold, at rygformen er den forherskende.

Hvor dalbundens fald er svagt, har disse moræneterrasser saa noget nær horizontalt forløb; bliver dalenes fald stærkere, saa faar ogsaa ryggene og terrasserne større hældning i retning med dalførernes sænkning. Under Brurskaret og nedover til Sjoa er saaledes terrasserne temmelig nær horizontale, men ved Veoknappen har de adskilligt fald nedefter dalen.

Den bølgeformede anordning hos morænedækket optræder blandt andre steder i indsænkningen fra Rusvand og østover samt paa østsiden af Sjoa op for sætrene Borkhus og Nysalien.

Et tværsnit gennem de bølgeformede morænemasser faar nedenstaaende form.



Fig. 2. Snit igjennem bølgeformede morænemasser i bræbevægelsens retning (pilen angiver denne).

Det bølgeformede terræn dannes egentlig af talrige morænehauge, som ligger med sin længderetning lodret paa bræbevæ-

¹⁾ Reusch, Har der eksisteret isdæmmede iridsjøer paa østsiden af Langfjeldene (Norges g. U. Aarvog for 1892 og 93, s. 58.

gelsens retning. Alle disse hauger har sin steilside, som ovenstaaende profil ogsaa viser, vendt til den kant, hvori bevægelsen har gaaet, og den mere svagt skraanende side mod bevægelsen. Naar man fra en høide overskuer, under god belysning, et landskab, med denne anordning hos morænegruset, saa frembyder det et udseende som et hav med vældige, men stivnede bølger.

Saa vel hvor det løse dække er bølgeformet, som hvor det er terrasseret, bestaar det af typisk morænemateriale. Inden det stribeformig terrasserte omraade synes det at være noget mere udvasket; men lagning har jeg, saavidt mine iagttagelser gaar, heller ikke her kunnet finde.

Hvorledes skal nu disse dannelser tænkes fremstaaede? Efter den hele habitus hos dem maa de være fremstaaede under allersidste fase af glacialtiden, da isdækket holdt paa at smelte væk; thi dette er saa lidet modstandsdygtige dannelser, at de ikke kan have beholdt sin form, naar mægtige ismasser bevægede sig hen over dem.

Saa vel de terrasserte morænemasser som de bølgeformede er af den beskaffenhed, at de ikke kan tilhøre bundmorænen. De maa stamme fra overflademoræner eller fra indre moræner. Under glacialtidens sidste fase maatte bræernes overflade være dækket af kolossale grusmasser, thi ved afsmeltningen kom alt det i isen i form af indre moræner indesluttede grus frem i dagen og forenede sig med de betydelige overflademoræner, som bræerne her dengang havde. Ligesom vi finder det at være tilfældet hos nutidens bræer, vilde heller ikke dengang gruset være jævnt fordelt paa isdækkets overflade, men anordnet stribeformigt i morænerygge i bræbevægelsens retning. Antallet af saadanne overflademoræner paa bræerne under sidste fase af istiden maatte være stort sammenlignet med nutidens bræers, baade fordi hver bergknaus, der ragede op over eller stak noget op i det forholdsvist tynde isdække, gav anledning til dannelsen af en overflademoræne, og fordi grusmasser var tilstede i saa betydelig mængde. Eftersom afsmeltningen skred frem og isdækkets tykkelse formindskedes, aftog ogsaa bevæ-

gelsen, og tilsidst fik man paa fjeldvidden et ganske tyndt brædække med liden eller ingen bevægelse. Naar nu isdækket helt smeltede væk, maatte grusmasserne i hovedsagen bibeholde den form af rygge, som de oprindeligt havde, i bræbevægelsens retning. Den terrasseform, som morænegruset tildels har i dalsiderne, kan tænkes fremkommen, ved at grus fra isen under afsmeltningen ganske eller delvis har fyldt indsænkningerne mellem moræneryggene og dalsiderne, idet det er bleven udvasket af smeltevandets langs bræranden. Mine undersøgelser i Dovre¹⁾ og Lesje sommeren 1895 og i Foldalen²⁾ 1897 førte mig til en lignende opfatning med hensyn til oprindelsen af en flæthed af seterne i disse trakter.

Boris Popoff udtaler i den foran citerede afhandling, at de terrasselignende dannelser i russisk Lapland, der af ham sammenstilles med seterne i Norge, er af rent moræneartet natur og maa være af glacial oprindelse. Med hensyn til deres dannelse opstiller han den hypotese, at de er afsatte mellem bræranden og de svagt skraanende fjeldsider under isdækkets afsmeltning.

Enkelte steder ligger inden vort omraade ogsaa grusrygge i bunden af dalene i bræbevægelsens retning. Disse frembyder i sit ydre ialfald stor lighed med de svenske åsar.

Billedet, fig. 2 (pl. VI), viser en saadan grusryg, som ligger ved Besstrandsæter ved nedre (nordre) ende af øvre Sjødalsvand, støttende sig med sin nedre ende til en bergknaus, der stikker ud i vandet.

En anden grusryg af lignende beskaffenhed som den ved Besstrandsæter ligger ved Bessæter. Dens nedre parti er delt i to grene.

Gruset i disse rygge er i regelen uden større stene og udvasket. Lagning har ikke kunnet paavises i dem. Det synes mig rimeligt at antage, at ogsaa disse er fremstaaede

¹⁾ Rekstad, Merker efter istiden i Gudbrandsdalen (Arch. for Math. og Naturv. B XVIII).

²⁾ Rekstad, Løse affeiringer i øvre Foldalen (Norges geol. Und. Aarboeg for 1896—99).

paa samme vis som de grusrygge, der i saa stort antal ligger oppe i dalsiderne, nemlig af overflademoræner eller indre moræner ved isdækkets afsmeltning. Det at gruset i dem er udvasket, strider ikke imod en saadan oprindelse; thi som be- kjendt er gruset i overflademorænerne i almindelighed udvasket. Ved smeltevandet fra overfladen af bræen gjennemrisles og udvaskes det, og da det under transporten paa bræen saa at sige stadig er i bevægelse paa isens overflade, idet denne ved afsmeltningen skifter form, bliver udvaskningen saameget mere fuldstændig.

Man skulde imidlertid have ventet at finde disse dannelser i større antal, end man gjør, nede i dalbunden, naar man ser, hvor talrige de paa sine steder er oppe i dalsiderne. Jeg tror dog, at det rindende vands erosion i de løse masser saavel under sidste afsnit af istiden som siden i den postglaciale tid forklarer dette forhold. De grusrygge, som ligger i dalsiderne, er betydelig mindre udsatte for at ødelægges ved det rindende vands erosion, da vandløbene overskjærer dem under en paa det nærmeste ret vinkel. Nede i dalbundene derimod løber elvene langsmed grusryggene og har derved saameget lettere for fuldstændig at grave dem ud. Hvor betydelig det rindende vands erosion siden istiden har været i de løse masser, kan man faa et begreb om, naar man ser de dybe dalformede furer, som er skaaret ud nedefter dalsiderne i morænemasserne paa flere steder, hvor, ialfald nu til dags, kun rinder lidt vand vaar og høst.

Dernæst vil vi betragte lidt nærmere de morænehaug, som ligger med sin længderetning lodret paa bræbevægelsen. Man maa vel nærmest anse dem fremstaaede ved, at gruset fra bræens overflade afsattes ved israndens forreste kant under en nogenlunde jevn tilbagegang hos denne. Materialets beskaffenhed i dem taler imod, at de skulde stamme fra bundmorænen. Det synes ikke urimeligt, at disse morænebølger kan markere den aarlige tilbagegang af brækanten under isdækkets afsmeltning. Thi under en saadan periode vil isranden i løbet

af vinteren holde sig paa det nærmeste stationær, medens den i sommertiden trækker sig noget tilbage.

Elvenes grusafleiringer. I Bøverdalen, i Sjudalen og ved sydenden af Tessevand er der ikke ubetydelige masser af elvegrus (konfr. kartet).

Af forholdene ved sydenden af Tessevand fik jeg det indtryk, at Smaadøla og afløbet fra Tessevand efter istiden en Stund har forenet sig med Rinda og gaaet til Sjoa; men jeg fik ikke anledning til at undersøge forholdene ved nordenden, ved vandets nuværende afløb. Her maa man i tilfælde kunne paavise om Tessa, elven fra vandet, gaar i et geologisk talt nyt leie eller ikke.

Partiet mellem sydenden af Tessevand og Rindas leie ved Fuglsæter er ganske fladt og dækket af myr og elvesand, saa vandspeilet ikke behøvede at stige mere end 4—5 meter, forat Tessevand skulde under de nuværende forhold faa afløb til Rinda.

De grumsede elve fra Jotunfjeldenes bræer afsætter fremdeles betydelige grusmasser. Billedet (pl. VII) af det delta, Memuruvelven, der danner afløbet for Memurubæerne, har afsat i Gjende, afgiver et godt eksempel paa bræelvenes virksomhed i saa henseende.

Snelinien.

Den klimatiske snelinie ligger for tiden, saavidt det kan sees af det topografiske kart, gjennemsnitlig lidt over 1900 m. o. h. inden dette omraade. Til samme resultat kom ogsaa den bekjendte østerrigske geograf professor Richter¹⁾, som besøgte denne egn sommeren 1895. Han siger om snelinien her (l. c. s. 318): »Doch glaube ich mit aller Vorsicht annehmen zu können, dass die klimatische Schneegrenze in Jotunheim etwa bei 1900 m. liegt, eher höher«.

¹⁾ Richter, Die Gletscher Norwegens (Geographische Zeitschrift, II, 1896).

Flere ret udstrakte fjelde som Lauvhørne paa østsiden af Bøverdalen og Hestlæghørne paa vestsiden af Nautgarstind naar op til over 2000 m. og er dog ifølge rektangelkartet uden bræer. I Russe Rundhø, som naar op til 1900 m., er der to smaa bræer.

Ved bestemmelsen af den klimatiske snelinies høide i den nordøstlige del af Jotunfjeldene har jeg benyttet baade Partsch's og Kurowskis metoder, hvilke her giver temmelig nær overensstemmende værdier. Det gjennemsnitlige resultat efter begge metoder giver en høide af lidt over 1900 m. (1920) for snegrænsen.

Inden omraadet af rektangelkartet Bygdin ligger snelinien adskilligt lavere end paa kartbladet Galdhøpiggen. Ogsaa her som i Alperne ligger den altsaa høiere i de høiere dele af landet. Isotermerne hæver sig noget, naar landets overflade hæver sig.

Man finder ofte i vore fjeldtrakter furestammer i myrerne høit over den nuværende furegrænse. Sidste sommer fandt jeg saaledes paa sydsiden af Russa ca. 2 km. østenfor Rusvandets østende i en myr en meget stor fure omvæltet, med rod og grene, i 1200¹⁾ m. o. h. Stedet ligger betydelig høiere, end bjerkenes høidegrænse i denne trakt nu gaar. Tidligere har jeg paavist²⁾, at dengang furen voksede saa meget høiere i vort land, end den nu gjør, laa snegrænsen omtrent 400 m. over nutidens. Inden den nordøstlige del af Jotunfjeldene maatte følgelig snelinien dengang have ligget i en høide af omkring 2300 m. o. h. Kun de høieste toppe her naaede da lidt op over snegrænsen, den høieste af dem Galdhøpiggen saaledes 250 m. Vi maa derfor antage, at bræerne her under denne milde periode var paa det nærmeste bortsmeltede, saa landet praktisk talt var isfrit.

¹⁾ Ved øvre Sjødalsvand gaar furen for tiden op til lidt over 1000 m. o. h.

²⁾ Skoggrænsens og snelinien's større høide tidligere i det sydlige Norge (Norges geol. Und. Aarboeg for 1903).

Øyen¹⁾ mener at have fundet beviser for, at bræerne efter denne milde tid igjen har rykket betydelig længere frem, end de for tiden naar. Han siger herom (l. c. s. 81):

»I en senere periode har Jotunheimens bræer igjen rykket langt frem, ødelagt Tapes-tidens elveterrasser, eroderet et 2—3 dm. tykt muldrag med underliggende grusafsætninger og lagt morænevolde op foran sig af en helt anden orden end de senere recessionsmoræner og moræner af sekulær-periodisk art. Denne skarpt udprægede fremrykning af bræerne maa naturligvis staa i sammenhæng med et fremtrædende omslag i de klimatiske forhold«.

Hertil vil jeg bemærke, at jeg paa min reise sidste sommer intet fandt, der kan tages til støtte for en saadan opfatning. Den tid (ca. 4 uger), jeg havde til min raadighed, var imidlertid knap, og hertil kom særdeles ugunstige veirforholde, saa jeg kun fik se en del af omraadet. Øyen, der har reist her flere somre, kjender antagelig feltet meget bedre. Jeg tror dog, det er rettest af afvente Øyens nærmere fremstilling af dette forhold, som han i den ovenfor nævnte afhandling (s. 80) bebuder at ville give i et specielt arbeide.

Et muldjorddække kan jo ogsaa tænkes bortroderet af andre faktorer end bræer, og man maa vide noget nærmere om de nævnte morænevolde, forinden man kan slutte noget bestemt fra dem.

Der er imidlertid enkelte kjendte fakta, som ikke lettelig kan bringes i overensstemmelse med Øyens opfatning.

I fjeldmyrerne findes foruden furerester ogsaa rester af bjerke høit over dens nuværende vekstgrænse. Da dette sidste træ kun holder sig daarlig og raadner forholdsvis raskt, maa man være berettiget til heraf at slutte, at det, geologisk talt, ikke er længe, siden bjerken og furen voksede meget høiere op i vore fjelde, end de nu gjør. Mange tegn tyder ogsaa

¹⁾ Øyen, Tapes-Niveaueet paa Jæderen (Vidensk.-Selsk. Skr., I, Math.-nat. Kl., 1903, Nr. 7).

paa, at skoggrænsen fremdeles er i synkende. Der bliver derfor ikke plads til nogen kold periode mellem den høie trægrænses tid og nutiden. Ved undersøgelserne af faunaen og floraen har der heller ikke kunnet paavises spor af nogen saadan kold eller fugtig periode som den, Øyen her vil have indskudt umiddelbart foran nutiden.

Summary in English.

The North-eastern parts of the Jotun-Mountains.

This mountain region forms the highest part of Southern Norway between latitudes $61^{\circ} 28'$ and $61^{\circ} 46'$. The two highest mountains in Norway, Galdhøpiggen and Glittertind, lie within this territory.

The rocks belong to three divisions.

1. Gabbro with numerous bosses of peridotites,
2. Gneiss and quartz-schists,
3. Phyllites with some strata of crystalline limestone.

The gabbro (designated with continuous brown colour on the annexed map) embraces the greater part of the territory. The rock is granular-crystalline rock and consists of plagioclase (andesine and labradorite), diallage and frequently also of hypersthene and hornblende. As accessory minerals occur biotite, olivine, orthoclase, quartz, magnetite, apatite, garnet and zircon. Sheets of rocks in which the felspar mostly consists of microperthite (confer fig. 1 pl. I) are found in some localities within the gabbro region.

Many bosses of peridotites which have been differentiated out from the magma of the gabbro are also met with.

The massive rocks in this region have frequently been compressed, so that foliation has often been superinduced upon them.

Below the gabbro-rocks is everywhere found Gneiss-quartzite schists. The upper part of these consists of gneiss with intruded sheets of foliated gabbro, the lower part of quartz-schists. Below the division of gneiss-quartzite rocks one finds phyllites which have been much altered and silicified.

No fossils have been found in the phyllite series within this region; but farther on to the South-east in Gausdal and to the South-west on the Hardangervidde Silurian and Cambrian fossils are detected, and the geological structure in the last

mentioned locality is wholly conformable to that in the Jotun-Mountains. We may infer hence, that also in the Jotun-Mountains the phyllite series represent the Cambrian and Silurian.

It is a point of controversy, whether the rock which are lying on the phyllite formation are younger than it, or if they are older rocks which have been pushed over the Cambro-Silurian phyllite by overthrust.

Most facts, it appears to me, favour the opinion of *Kjerulf* that the gabbro is the youngest member of the here occurring rocks. It has probably been injected as a great laccolite above the quartz-rock which here cover the Cambro-Silurian system.

The gneiss-quartz-schists are on the map designated by brown and white hachures, the phyllite series by green colour.

The ice has during the Glacial Period moved out from the highest mountains in all directions. Great masses of morainic material have been accumulated in the valleys especially in the eastern parts of the region. To a great extent the morainic gravel is arranged in ridges and terraces on the sides of the valleys. The fig. 2, pl. V, 1 and 2, pl. VI, from photographs, give instances hereof. The ridges and terraces which consist of unstratified gravel extend longitudinally in the direction of the movement of the ice. That these forms have been built up partly from lateral moraines and partly from superficial moraines, when the ice was on the verge of disappearing, seems to me to be the most acceptable view.

The valleys in this region have often the characteristic U-form (confr. fig. 1, pl. V).

The climatic snow line is about 1900 m. above the level of the sea. In the Southern part of the Jotun-Mountains it lies somewhat lower. It probably attains its greatest height in the highest parts of Norway.



Fig. 1. Fra en lys slireformet, syenitisk bergart i gabbroen i Memurudalen.
33 gange forstørrelse med krydsede nikoller.



Fig. 2. Fra grænsezonen omkring en olivinstenskup i Memurudalen.
26 gange forstørret, med polariseret lys.



Fig. 1. Fjeldene paa sydsiden af Gjende seet fra det øvre af Memurdalen over Memurutungen. Tilvenstre paa billedet sees Knutshulsbræen.

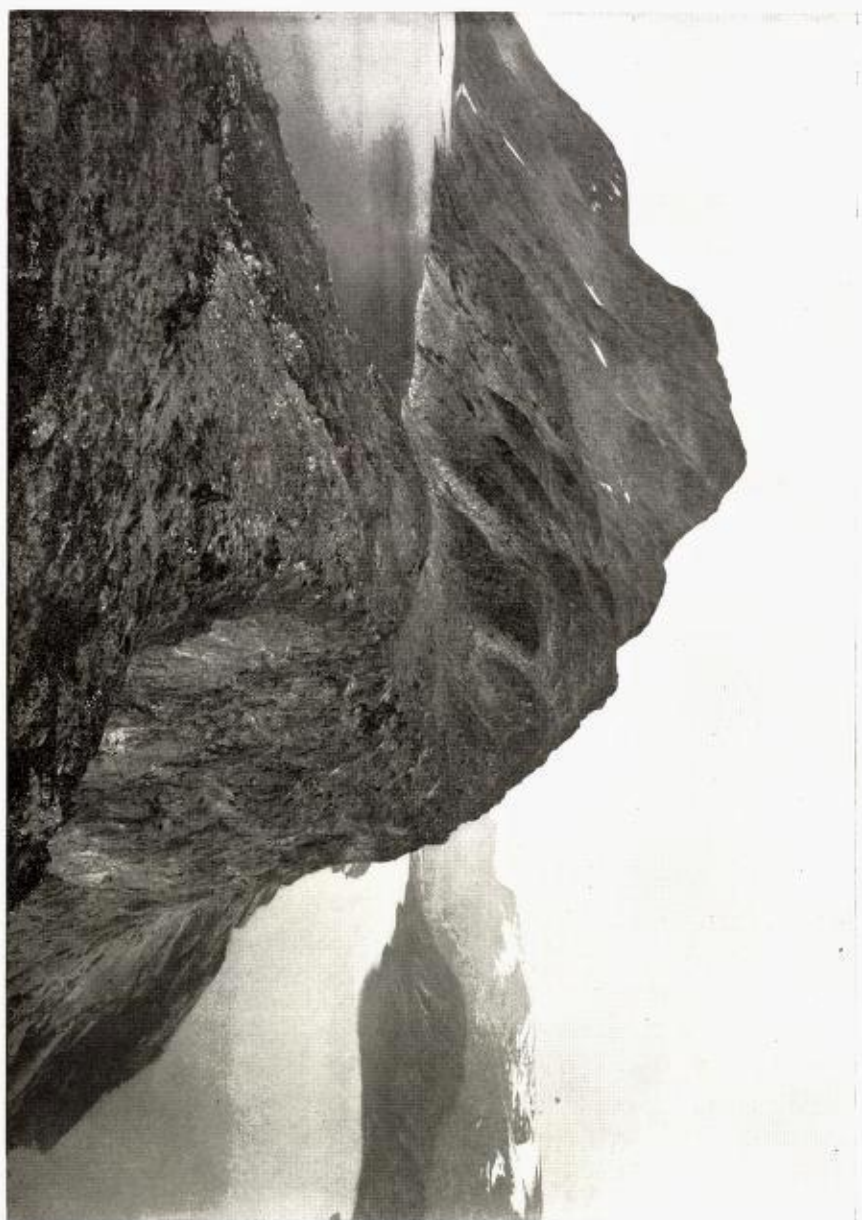


Fig. 2. Lauvhø seet fra Fossæter. Tilhoire er passet over Elsløfte, der danner en hængende dal i forhold til dalen ved Fossæter. Tilvenstre er passet paa sydsiden af Lauvhøerne over til Gokkerdalen.



Fjeldpartiet set fra toppen af Bessemer mod nordvest.

(Efter fotografi af Lindahl.)



Bassvand, Bassegen og Gjende seet mod øst.



Fig. 1. Smaadalen seet mod syd fra Fossæter.



Fig. 2. Terrassedannelser i morænemasserne paa sydsiden af Veoknappen, seet mod nord fra sydsiden af Veovelven. Tilhøre for Veoknappen stikker paa billedet lidt af Fuglhø frem.



Fig. 1. Terrassedannelser i morænemasserne paa sydsiden af Veelven seet mod sydvest. I forgrunden sees lidt af Veelven med dens steile over 100 m. høie side af morænegrus.

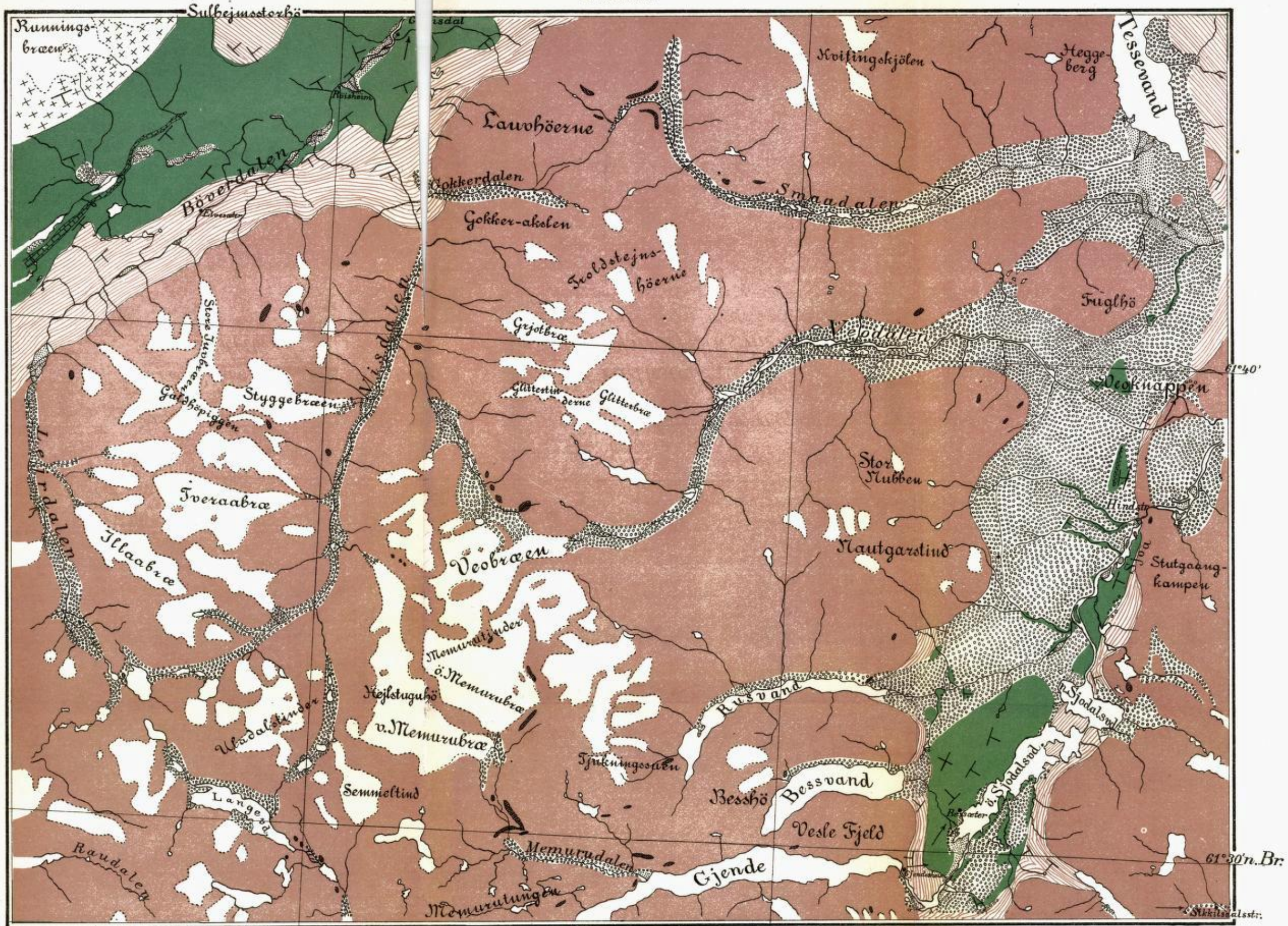


Fig. 2. Grusryg ved Besstrandsæter seet i sydvestlig retning.



Memuruelvens delta i Gjende.

Geologisk Kart
 over det NORDÖSTLIGE af JOTUNFJELDENE
 af
 J. Rekstad



2° 20'

	Elvegrus		Gabbro
	Morænedække		Olivinsten
	Skuringsstriber		

2° v.f. Kristiania

	Gneis og Kvartsitisk bergart
	Fyllit Kalksten
	Grundfjeldsgneis

0 5 10 km.

Maalestok