

A	Litteraturlista
B	Kongsberg - Bamble Complex (A. Bugge)
CD	Excursionsguide (Frank H. Vokes) Kongsbergfältet
E	Radioaktivundersökning av Fahlbanan
F	Kongsberg Sölverk (Nr 250 C, Arne Bugge)
G	Kongsberg - Bamble formationen (Norges Geologi, Halden) Mineralforekomster
H	Mineral deposits (Lindgren)
IJ	Fahlbanan (J. B. Gammon)
K	History of the mining industry in Norway
L	Kongsberg Flygmåttias
M	" Planering
N	- - - - - Provtagn. av Fahlband
O	Provtagn. av släng
PQ	Norgesrapport Bsg 312 1983
R	Telemarkrapport Steinar Nordrum
S	Geokemi allmänt
T	
U	Ehopenad Kontakt
V	
W	
XY	
Z	
AA	
O	

A

B

CD

E

F

G

H

IJ

K

L

M

N

O

PQ

R

S

T

U

V

W

XY

Z

AA

O

- Geology of Bamble. App. 2: Analytical methods, *Morton, R. D.* 1970 263
 Kromatografisk bestemmelse av CaMg-karbonater, *Hjelle, A.* 1961 213
 Sulphur in limestone — Turbidimetric method of determination,
Graff, P. R. 1971 270
Kjerulf, Th.
 Th. Kjerulfs forhold til B. M. Keilhau, *Hagemann, F.* 1963 223
Klima og vegetasjon
 Vegetasjons-, klima- og jordbrukshistorie, *Hafsten, U.* 1974 313
Knaben gruber 212m
 Knaben molybdenum mine, *Bugge, A.* 1960 217
 Norges molybdenforekomster, *Bugge, A.* 1963
Kolvik, se Porsanger
Komagfjord, se Repparfjord
Konglomerater, se også Tillitt
 Biskopås conglomerate, Fåvang — Source rock, *Ramberg, I. V.*
 1969 258
 Gabbrokonglomeratet i Sjødalen, *Dietrichson, B.* 1957 200
 Gabbrokonglomerater i Sjødalen, *Strand, T.* 1956 195
 Grønsennknipa i Vestre Slidre, *Holtedahl, O.* 1959 205
 Gudå conglomerate zone — Stratigraphical position,
Wolff, F. Chr. 1964 227
 Hitterens og Smølsens geologi, *Reusch, H.* 1914 69
 Konglomeratene innen høifjeldskvartsen, *Goldschmidt, V. M.* 1916 77
 Skuringsmærker og morænegrus, ældre enn istiden, *Reusch, H.* 1891 1
 Varangerfjorden — Geologiske iagttagelser, *Dal, A.* 1900 28
Kongsberg 98
 Kongsberg ertsdistrikt, *Bugge, A.* 1923 82
 Kongsbergfeltets geologi, *Bugge, C.* 1917 162
 Silver deposits at Kongsberg, *Neumann, H.* 1944 133
 Syd-norske grunnfjell samt fahlbåndene, *Kongsberg, Bugge, A.* 1929
Kongsberg Solvverk 121m
 Mines in south and central Norway, *Vokes, F. M.* 1960 250C
 Kongsberg solvverk, *Bugge, A.* 1967 122
 Registrering av gamle bergverksarkivalia, *Falck-Muus, R.* 1923 162
 Silver deposits at Kongsberg, *Neumann, H.* 1944
Kongsberg-Bamble-formasjonen 143
 Flesberg og Eiker, *Bugge, A.* 1937 130
 Forkastning i det syd-norske grunnfjell, *Bugge, A.* 1928 146
 Kongsberg-Bamble-formasjonen, *Bugge, A.* 1936
 Kongsberg-Bamble-formation — Geology, petrography,
Bugge, J. A. W. 1943 160
 Rektangelkartet Kragerø og den store grunnfjellsbreksje,
Bugge, A. 1965 229
 Sveconorwegian regeneration, Bamble series, *Starmer, I. C.* 1972 277
Kongsfjell, se Bleikvassli
Kongsfjord, se Varanger
Kongsvinger, se Vinger
Kontinentalsokkelen 266
 Aeromagnetic investigations, *Am, K.* 1970

B

A

B

CD

E

F

G

H

IJ

K

L

M

N

O

PQ

R

S

T

U

V
W

XY
Z

AA
O

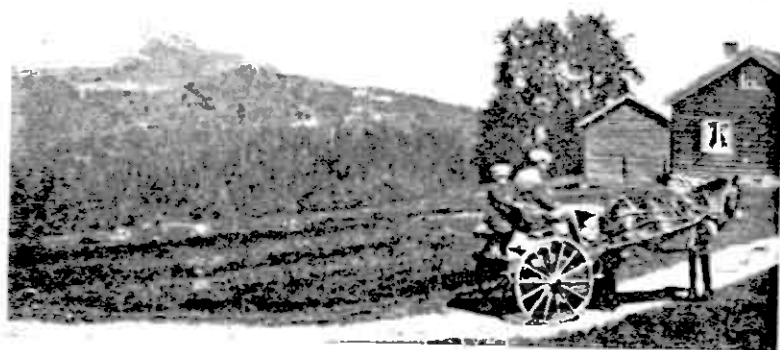


Fig. 15. I bakgrunnen Tekstehugget. Brecien går i dalen i forgrunnen.

Kongsberg-Bambleformasjonen.

De bergarter som inngår under Kongsberg-Bambleformasjonen er beskrevet i de i litteraturoversikten nevnte arbeider. Angående den nærmere beskrivelse av de forskjellige bergarttyper henviser jeg til disse arbeider og gir her kun en kort oversikt.

De fleste av de bergarter som oppbygger Kongsbergformasjonen finnes også i Bambleformasjonen, men i denne kommer i tillegg flere nye bergarter og mineraler som iallfall delvis er avsatt av oppløsninger som har cirkulert på spalter som følger den vanlige nord—sydlige strøkretning. Ifølge min opfatning har de bergarter som er særegne for Bambleformasjonen fått sitt særpreg av cirkulerende gass eller vandige oppløsninger, og jeg betegner den derfor som den pneumatolytiske og hydrothermale randsone som omgir Kongsbergformasjonen.

Først skal her beskrives de bergarter som er særegne for Kongsbergformasjonen og derpå de særegne for Bambleformasjonen. Gabbro og granitt og pegmatitt som finnes i begge bergartgrupper beskrives til slutt.

Kongsbergformasjonen.

Båndgneis er den eldste gruppe i Kongsbergformasjonen. Den er ingen bestemt definert bergart, men en veksel av lyse diorittiske eller granittiske og mørke amfibolittiske gneisbånd. Undertiden er de lyse og undertiden de mørke bånd de overveiende og der sees overganger til lyse diorittiske bergarter og mørke amfibolitter således at man ofte ikke bestemt kan si hvor grensene skal settes. Fig. 16 viser en amfibolittisk type hvor de lyse bånd trer sterkt tilbake. Carl Bugge har i sitt arbeide over Kongsbergfeltet valgt et lokalt navn for denne mørke båndgneistype og har kalt bergarten „Håvgabbro“ efter den lokalitet — Håvet — ved Kongsberg hvor den mørke båndede veksel er mest utpreget.

På det geologiske kart i målestokk 1 : 100 000 må gruppen av de båndede bergarter bli temmelig omfattende hvis ikke kartet skal bli så opfylt av farver og betegnelser at det vil tape den klare oversikt. Jeg har derfor funnet å burde regne „Håvgabbro“ med i en stor „Båndgneisgruppe“, hvori også inngår båndet gneis hvori de lyse bånd er i overvekt. Der inngår også finkornige typer som i Carl Bugges foran nevnte arbeide er kalt andesitter, idet han regner dem som omvandlede diorittiske dagbergarter. Disse bergarttyper forekommer særlig innen det engere sølvgrubefelt omkring Jonsknuten. Foruten ved Jonsknuten finnes disse bergarter omkring Dronningkollen på søndre Vinoren, på Flaghylla nord for Ingebu og i det store „Vinordiabasmassiv“ ved Ørsteinåsen. Særlig ved Ørsteinåsen er bergarten porfyrisk med inneslutninger opfylt av epidot og klinozoisitt som antagelig er omvandlingsprodukter efter feltspat. Epidotrike slirer og linser sees også ofte i disse tette mørke bergarter.

Undertiden antar amfibolitten i den båndede bergart en grovkornig struktur, således at den har en overgang til Andreasfjellets gabbro. Hvor jeg ikke har funnet å burde skille ut en egen gabbrobergart har jeg antydnet overgangsbergarter ved en skrafering således som det sees fra Lauvnesvatnet sydover til Gauteneb og på Flaghylla syd for Grenskogen. Strøket er syd—nord, til dels noget østlig, og fallet er gjennomgående meget steilt. I alminde-



Fig. 16. Båndgneis fra Håvet ved Kongsberg.

lighet er fallet steilt østlig men man ser også mange steder steilt vestlig fall. Ved granitt og gabbroinjeksjonene kan man rent lokalt se omhøininger så vel i strøk som fall. Se fig. 17.

Gabbro (Hornblendegabbro) er det basiske ytterledd i diorittgneisserien som senere skal beskrives. Bergartens avgrensning mot båndgneisen er mange steder kun markert ved en overgangssone. Således er det også flere steder mellom gabbro og kvartsdiorittgneisene.

Kvartsdiorittgneisenes kvartsinnhold kan jevnt gå tilbake således at bergarten nærmer sig gabbroens sammensetning.

Sådanne typer har man på Strandåsen i Lyngdal og fra Lauvnesvatnet nordover Aspesnaret. På Strandåsen har bergarten så betydelig kvartsinnhold at jeg har funnet å burde henregne den til kvartsdiorittgneisens gruppe, men på Aspesnaret optrer de kvartsrike typer mere slirevis og sparsomt, således at jeg har henregnet bergarten til gabbro.

Jeg har betegnet bergarten som gabbro idet jeg dermed underforstår hornblendegabbro. Carl Bugge har fremhevet sammenhengen med de yngre diorittiske serier og har betegnet bergarten som gabbrodioritt, idet han går ut fra at de engang har ført pyroksen som nu er omvandlet.

Mineralsammensetningen er: Plagioklas (som oftest oligoklas). Carl Bugge angir 36—25% anortitt. Randsonen er noget albittrikere enn kjernen. Feltspaten er ofte vanskelig å bestemme da den er sterkt omvandlet og opfylt av klinozoisitt, epidot og muskovitt.

Kvarts finnes, men kun lite i de mest basiske typer.

Hornblende forekommer i stor mengde. Biotitt og kloritt sees av og til som omvandlingsprodukt av hornblende.

Granat forekommer av og til. Titanitt sees i små aggregater. Svovelkis, magnetkis og magnetitt sees ofte.

Feltspaten har ofte en tendens til listeform. Særlig i de sure typer er mineralene mellom feltspatkrystallene opknust og gjennomvokset av klinozoisitt og epidot. I denne mortelmasse sees også litt kvarts uten undulerende utslukning.

Kvartsdioritt og Granodioritt. Hovedmassen av de gneisbergarter som oppbygger Kongsbergformasjonen innfattes i den bergartgruppe som jeg på kartet har kalt dioritt i overensstemmelse med den betegnelse som Carl Bugge har brukt i sin beskrivelse av Kongsbergfeltet.

Diorittnavnet omfatter diorittiske gneiser fra de basiske overganger til hornblendegabbro og til kvartsrike gneiser hvor det mørke mineral kun er biotitt. Ved grensen mot Bambleformasjonen øker innholdet av kalifeltspat, og nær mange av granittinjeksjonene kan der til dels forekomme betydelige mengder mikroklin. Disse mikroklinrike typer kan ikke adskilles fra diorittene ved en bestemt grenselinje. På kartene har jeg antydnet denne granodioritttype ved en rød skrafering.

Strukturen varierer også sterkt. Der kjennes kvartsdioritttyper f. eks. på Andreasfjell ved Kongsberg hvor man har vanlig dioritt uten noen påfallende skiffrighet. Det vanlige er dog at alle mineraler er anordnet med den sedvanlige nord—sydlige strokretning. Feltspatinsprengningene kan være store og noget uttrukne, men i almindelighet finner man det vanlige skiffrige utseende med glimmerflakene orientert i en mortelmasse rundt feltspatindividene. De mørke mineraler gir herved bergartene det vanlige stripedde utseende.

Som det sees av kartbladet Flesberg er der ganske store områder nær grensen mot båndgneis som er betegnet som finkornig

dioritt. Disse bergarter som til dels mangler helt den vanlige nord—sydlige skiffrighetsretning kan ha et så tett utseende at de i daglig tale ved grubene er kalt „kvartsitt“.

Som tidligere beskrevet er diorittene på ingen måte ensartede bergarter, idet de ofte inneholder inneslutninger av amfibolitt og danner således overgang til båndgneisene.

Enkelte steder som f. eks. øst for Holtefjell på Eikerbladet er antydnet en sådan overgangsbergart ved å skrafere diorittfarven med grønt uten å angi grenser.

Følger man diorittdragene fra nord mot syd vil man legge merke til at dioritten i tungeform skyter sig inn i båndgneisen. Alt er dog så uttrukket i den vanlige strokretning at man i almindelighet ikke finner skarpkantede breccier som antyder aldersforskjellen.

Syd for Jonsknuten på Knutehåvet er det eneste sted hvor jeg har sett eksempel på en skarpkantet breccie hvorav det klart fremgår at dioritten er yngre enn amfibolitten som hører til båndgneisens gruppe.

Diorittenes mineralsammensetning: Feltspaten er plagioklas som i almindelighet er sterkt omvandlet og opfylt av sericitt og klinozoisitt. Langs randsonen er plagioklasen særlig albittrik. Gjennomgående finner man oligoklas som i de basiske typer nærmer sig andesin.

I almindelighet sees der ikke mikroklin i kvartsdioritten. Der er dog, som før nevnt, enkelte mikroklinrike drag f. eks. langs Bambleformasjonens grense og mot grensen for de forskjellige injeksjoner av finkornig Kongsberggranitt.

Feltspaten har koroderte grenseflater og er som oftest omgitt av en opknust masse (mortel).

Biotitt og hornblende forekommer i de skiffrige typer parallelt orientert rundt feltspatindividene. Muskovitt er mere sjelden, bortsett fra der hvor den optrer som omvandlingsmineral i feltspaten.

Biotitt finnes praktisk talt i alle typer, men er det fremtredende mineral særlig i det såkalte stenbruddbånd mellom Overberget og Underberget vest for Kongsberg samt langs grensen i øst mot Bambleformasjonens bergarter. I mange av disse typer sees ikke hornblende.

I mørtelmassen sees overalt epidot og gjennomvoksede klinozoisitt. Ortitt sees også ofte. Kloritt er almindelig forekommende. Titanitt, apatitt og jernerts er vanlige accessoriske mineraler. Granat er et vanlig mineral, men særlig innen bestemte omvandlingssoner. Kvarts forekommer ofte i stor mengde og er avsatt som sammenhengende masser eller gjennomvevende årer.

Kvartsen viser kun i spesielle opknuste soner undulerende utslukning. Kvartsen har altså ikke vært presset efterat den er avsatt på de tallrike små årer og spring. Der finnes dog ofte innesluttet av upresset kvarts små partier av kvarts med undulerende utslukning som antagelig tilhører en eldre generasjon.

I de diorittiske bergarter øst for Holtefjell nær grensen mot Bambleformasjonen er det almindelig å finne så vel rombisk som monoklin pyroksen. De egentlige diorittiske gneiser finnes ikke innen den del av Bambleformasjonen som faller innen kartbladet Eiker.

Fahlbånd. De finkornige diorittiske bergarter som ofte er utviklet på overgangen mellom de diorittiske gneiser og båndgneisen er i almindelighet sterkt omvandlede. Der er tilført og bortført stoff således at der i disse bergartsoner er dannet lange drag av nye typer. Særlig ioinfallende er den store tilførsel av sulfidiske ertser som over lange strøk har satt sitt preg på bergartene således at de har fått en rusten farge av den forvitrede kis. Disse ertsforekomster som kalles fahlbånd har enkelte steder fått økonomisk verdi på grunn av sitt ertsinnhold, men særlig på grunn av deres evne til å felle ut solv av de oppløsninger, som antagelig i permisk tid, har cirkulert på sprekker som har overskåret de kisleførende fahlbånd.

I den eldste tid ved Kongsberg Solvverk blev ertsforekomster av denne type av de innvandrede tyskere kalt faller. Fanten de som ved Kongsberg i båndformige drag så kaltes de fallbånd, og var der mange av dem blev de slått sammen i grupper, og de tyske bergmenn kalte dem Fall Bände. På norsk blev dette til Fallbånd. Omkring 1800 begynte man ved Kongsberg å innføre navnet fahlbånd, idet det fra enkelte hold blev hevdet at navnet oprinnelig skrev sig fra det tyske fahl=rusten og skulde hentyde på den rustne fjelloverflate langs fahlbåndene.

Denne skrivemåte som nu er almindelig antatt er altså dannet ved en misforståelse da den er ukjent på kart og i grubebeskrivelser eldre enn 1790-årene. Fallbetegnelsen blev også brukt om magnetittimpregnasjoner hvor der ikke blev nogen rusten fjelloverflate.

Fahlbåndenes praktiske betydning som ertsforekomster og som ertsfellende bergart blir beskrevet i en spesiell oversikt om ertsforekomstene. I „Gammel og ny geologi ved Kongsberg Solvverk“ Norsk Geol. tidsskr. B. XII 1931 har jeg levert en beskrivelse av fahlbåndene ved Kongsberg.

De bergarter som oprinnelig må antas å være dannet i fahlbåndsonene var amfibolitter og finkornige diorittiske bergarter som har vært tilsluttet henholdsvis hornblendedioritten og biotitt-dioritten. Muligens har der rent lokalt også vært kalirike typer.

I de basiske typer iakttas omvandlingen ved at man i den sorte amfibolitt finner en og annen granatkrystall. Ved å gå videre i bergarten ser man ofte at granatkrystallene øker i antall og slirevis kan de danne sammenhengende masser. Biotitt, kloritt og kvarts kommer til, og over områder av 50—100 m's mektighet kan man treffe bergarter hvor snart granat og snart kloritt er det fremherskende mineral. Det hele veksler med sorte partier hvor det mørke mineral kun representeres av hornblende. I de sure båndtyper finner man foruten diorittens vanlige mineraler, granat, biotitt, cerisitt og kloritt i vekslende mengde. Undertiden finnes der også staurolitt.

Fahlbåndene er likesom de diorittiske gneiser gjennomtrukket langs strøkretningen av kvartsårer, som har en bredde fra mikroskopiske til opptil 1/2 m. Kvartsårer av 1/2 cm's bredde er almindelig. Langs kvartsårene er der innen fahlbåndsonen utkrystallisert de vanlige fahlbåndskise. Særlig er magnetkis almindelig. Kisene gjennomskjærer kvartsårene i tynne striper og er altså yngre dannelser.

Disse kvartsårer, ledsaget av kise har i særlig grad hatt evne til å felle solv ut av de oppløsninger som har cirkulert tvers over strøket på de langt yngre kalkspatganger.

Bambleformasjonen.

Kvartsitt og glimmerskifer. Karakteristisk for Bambleformasjonen er som for nevnt de omvandlede gabbrobergarter og pegmatittganger.

Gabbrobergartene er omgitt av kvartsitter og glimmerskifere som gjennomgående fører en betydelig mengde sillimanitt og turmalin. Også i disse nydannede bergarter er der injisert store mengder pegmatittganger som likesom pegmatittgangene i gabbrobergartene er sterkt albittisert.

Kvartsen har i disse kvartsitter alltid undulerende utslukning. Det vanlige er at kvartsen er sterkt opfylt av albitt og gjennomvevet av albittårer samt at der finnes en betydelig mengde glimmer. Særlig er det almindelig å finne muskovitt. Turmalin og sillimanitt er ikke så almindelig i de reneste kvartsitttyper.

De rene kvartsittpartier er forholdsvis små. Går man utover fra midten av de rene kvartsittpartier øker biotitt- og muskovittmengden samtidig som alle mineraler blir gjennomvevet av sillimanittnåler og bergarten blir til dels helt opfylt av små grønne turmalinkrystaller.

Ved Langerud nord for Hokksund stikker der op av det overdekkede et lite glimmerskiferparti hvor lerjordsilikatet ikke er sillimanitt men disten. Vest for Haugsfoss i Modum og vest for elven mellom Åmot og Embretsfoss er glimmerskiferen i særlig grad rik på aktinolit.

Ved Embretsfoss og i den nordlige del av Sæteråsen finnes typer hvori der inngår temmelig meget anthofyllitt. Anthofyllittrik bergart har jeg sett i dette kvartsskiferområde også syd for koboltgrubene nær Hogget og øst for Sætersborg. Ved Embretsfoss er der også en granatrik type som er gjennomsett av kalkspatårer.

Ved grensen mot granitt fører glimmerskiferen noget mikroklin og mikroklinen kan øke så sterkt i mengde at bergarten kan få et granittisk utseende således som man kan se det vest for Amundrud og vest for Ovren. Kloritt er også et mineral som ofte sees i disse omvandlede typer. Undertiden sees også grafitt.

Jernerts og kis forekommer ofte i glimmerskiferen således at der finnes fahlbåndaktige soner. Som foran nevnt er der langs grensen for den omvandlede gabbro vest for Skuterud utviklet sulfidiske fahlbånd som fører koboltertser.

Amfibolitt finnes flere steder i Bambleformasjonen. Den tilhører antagelig båndgneisene. Et amfibolittparti ser man vest for Embretsfoss.

Bergarten nordover til Tyrifjorden og øst for den nordlige del av Drammenselven er vanlig båndgneis.

Yngre eruptivbergarter
i Kongsberg-Bambleformasjonen.

Vinor diabas, Olivin hyperitt samt Gabbro av Vinortype. Efterat diorittene med deres basiske og sure ytterledd var størknet, er der i Kongsberg-Bambleformasjonen trengt inn gabbroide bergarter som er størknet som ganger, klumper og endog større massiver. Disse er kjent under forskjellige navn eftersom de har gjennomgått forskjellige faser av omvandling. Fra Vatnebrynnvannet sydover til Dronningkollen og undtagelsesvis i det engere sølvverksområde vest for Kongsberg finnes de gabbroide bergarter utviklet som olivinhyperitt. Feltspaten er listeformig labrador feltspat. Mellem feltspatlistene sees monoklin og rombisk pyroksen og meget olivin som er utviklet med den vanlige reaksjonsrand. Ofte sees hornblende. Biotitt er almindelig forekommende i spredte blader. Ved grensen mot granitt og i olivinhyperitt bruddstykker i granitt er der ofte utviklet en meget betydelig mengde biotitt i gabbroen.

Epidot, kloroisitt og kloritt sees ofte i de omvandlede typer. Granat kan også forekomme. Apatitt, titanitt, jernerts, magnetkis og svovelkis sees også ofte til dels i betydelig mengde. Særlig kan jernerts og kis være til stede i sådan mengde at der er dannet fahlbånd f. eks. på Vinoren. Ved Grosli i Lyngdal er endog utskilt en temmelig ren kisforekomst langs olivinhyperittens grenser. Et par steder er der anrikt så meget titanjern og magnetitt langs gangene at der er drevet noen grubedrift på denne erts.

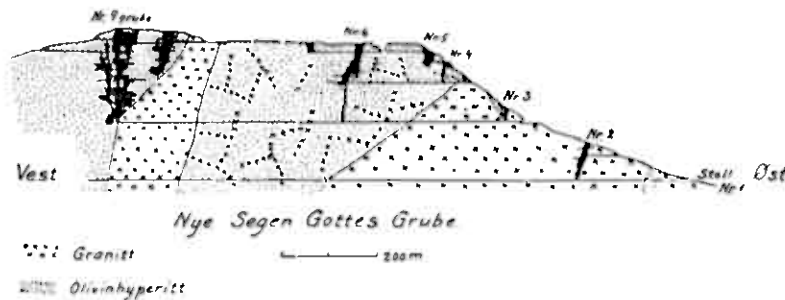


Fig. 17.

Østover og sydover finnes en og annen olivinhyperitt gang eller klump som er temmelig uomvandlet. Det almindelige er dog at de smale ganger er omvandlet til amfibolitt.

Carl Bugge har i sitt arbeide over Kongsbergfeltet beskrevet at hornblenden i disse ganger er mørkere enn hornblenden i de uomvandlede små massiver. I de amfibolittiserte ganger sees alltid litt kvarts og feltspaten er her ikke labrador men andesin.

Gangene er så tallrike at jeg ikke har funnet å kunne gi mig til å kartlegge dem alle sammen. Kun innen selve solvverksfeltet vest for Kongsberg er amfibolittgangene inntegnet på det geologiske kart i målestokk 1:10 000. En del av disse ganger er medtatt på Fiesbergbladet vest for Kongsberg.

Gangene skjærer til dels over kvartsdiorittens strøk, men avskjæres av granitten og blir av denne brutt op til breccier. Ved de store olivinhyperittmassiver er strøket noget omboiet både i horisontal- og vertikalplanet. Man ser dette klart av profilet fig. 17.

Antagelig hører en ganske liten serpenteforekomst ved nordenden av Kjennerudvannet til samme injeksjonsperiode som olivinhyperitten. Det må altså ha vært en særlig magnesiarik smeltetmasse som her er injisert som et ganske lite massiv. Bergarten består nu av serpentin og aktinolit som delvis, og særlig i grensesonene er gjennomvokset av lange anthofyllitnåler. På smale spalter sees hornblenden utviklet som asbest. I serpentinen ligger en mengde små, uomvandlede olivinkorn, og der sees ofte spinell. Magnetitt forekommer i så stor mengde



Fig. 18. Utsikt mot nord fra Haugsfoss vest for Åmot. De opragende åser består vesentlig av hornblendegabbro.

at den danner et fahlbånd. Det må være dette magnetitt fahlbånd som ved Kjennerudvannet grube har hatt en solv-fellende evne på oppløsninger som har cirkulert på de over-skjærende ganger.

I Bambleformasjonen sees sjelden de vanlige olivinhyperitter, men man finner her hornblendegabbro som må antas å være omvandlet av den oprinnelige olivinhyperitt. Kun et par steder finnes ennå den oprinnelige pyroksen opbevart. Gabbroene i Bambleformasjonen fører til dels noget mere apatitt, titanitt og jernerts enn gabbroen i Kongsbergformasjonen.

Av særlig betydning er en anrikning av jernglans som f. eks. ved Hassel, og nord for Solumsmoen finnes ved gabbroens grenser i sådan mengde at den har vært utnyttet ved grubedrift.

Langs gabbroens grenser er der også, øst for Skuterud, utskilt sulfidiske ertser som utmerker sig ved et ganske betydelig kobolt innhold som i forrige århundre har gitt anledning til en betydelig grubedrift.

Foruten den vanlige amfibolittisering som karakteriserer disse gabbrobergarter både i Kongsberg og Bambleformasjonen, har der i Bambleformasjonen foregått en spesiell omvandling

av mineralene i forbindelse med tilførsel og bortførsel av stoff. Der har således skjedd en tilførsel av klor hvorved feltspaten er til dels fullstendig omvandlet til skapolitt. Skapolitt og hornblende blir da de bergartdannende mineraler. De mest utpregede felter av skapolitthornblendesten er avmerket på kartet ved en spesiell skrafering.

Andre steds har der vært stort overskudd av kullsyre og natronrike oppløsninger hvorved bergarten er opfylt av kalkspat og albitt og er gjennemsatt av kalkspat og albittårer. Enkelte steder er kalkspaten samlet i ganger og større ansamlinger.

Langs jernbanelinjen fra Skotselven til Åmot og videre opover til Embretsfoss langs elvens vestsida sees i skjæringene tallrike kalkspatganger som kan ha en mektighet op til $\frac{1}{2}$ m. Nord for Solumsmoen på Gampehue er et par store kalkspatganger av iallfall 3 m's mektighet. Gangene forekommer i den albittiserte gabbro og har et svakt fall mot øst.

Gangene har en betydelig utstrekning således at der i dagen er blottet et utgående av flere tusen m² flateinnhold. Gabbroen rundt dette felt er som nevnt sterkt opfylt av kalkspat og er albittisert. Likeledes finnes der i gabbroen ved kalkspatforekomsten, likesom mange andre steder i området en mengde kloritt.

Særlig magnesiarike oppløsninger har cirkulert langs så vel øst- som vestgrensen for det omvandlede gabbro-område, som danner fjellgrunnen i den nordlige del av Bambleformasjonen på Eikerbladet. Også disse oppløsninger har vært karakterisert av et betydelig kullsyreinhold.

Disse magnesiarike oppløsninger er avsatt som magnesitt og serpentin som finnes langs østsiden av gabbroen i traktene sydover fra Overn tjern og ved Hulbak magnesittbrud på vestsiden av åsen.

I gabbroen som danner fjellgrunnen i Gjeiteryggen vest for Hassel grube er en eiendommelig „konglomeratgang“ som er dannet ved at kullsyre og magnesiarike oppløsninger har brutt op sidestenen. Bruddstykkene antas derpå å være avrundede således at bergarten har fått et konglomerataktig utseende med boller i en grunnmasse av kalkspat og kloritt.

Den amfibolitisererte gabbro og gabbroenes grensebergarter mot de omgivende kvartsrike skifere kan være så sterkt albittisert

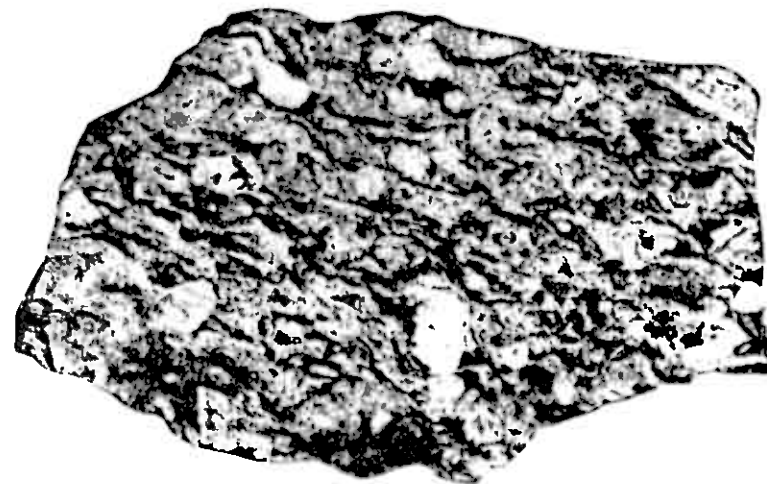


Fig. 19. Kongsberggranitt, Jondalen. — 1 cm.

at der er fremkommet en bergart som fører nesten utelukkende albitt. Der er dog alle variasjoner i typen. Bergarten kan være rutillførende som f. eks. ved Dramdal, således at den nærmest kan betegnes kragerøitt. Den kan også være sterkt kalkspatførende, som på Gampehue hvor der også finnes en betydelig mengde titanitt samt aktinolit.

Granitt. Efterat de gabbroide bergarter tilhørende vinor-diabasens injeksjonsperiode var størket, er der inntruffet en stor injeksjon av granittisk smeltemasse. Smale granittbånd er i denne tid presset inn mellem båndene i båndgneisen således som man ser det i det lille granittparti nord for Kongsberg eller granitt kan være innsmeltet i de omgivende diorittiske bergarter hvorved der er dannet en granodiorittisk bergart således som Carl Bugge har beskrevet det i Gamlegrendåsen på Kongsberg rektangelblad sydøst for Kongsberg.

Lignende granodiorittiske bergarter dannet ved innsmeltning av granittisk smeltemasse har man muligens også øst for Lågen, fra Kongsberg nordover til Svene og langs Kongsbergformasjons grense mot Bambleformasjonen.

Granitten bryter op olivinhyperitten til skarpkantede breccier.

Omkring Garås str. på Nord-Vinoren (se fig. 17) er olivin-hyperitten så sterkt opbrutt av granitt at jeg under kartleggingen hadde under overveielse å avsette den på kartet som en egen brecciebergart.

Fra Grenskogen sydover til den østlige del av Lyngdal er et større granittparti som antagelig også er innsmeltet i de omgivende bergarter. Her sees nogen innesluttete rester av amfibolittiserte vinordiabasganger. Enkelte smale granittganger kan sees som apofyser i amfibolitten.

I Bambleformasjonen er ingen større samlede granittområder, men rett som det er treffer man i glimmerskifertraktene på små uregelmessig formede granittpartier som er så små at jeg ikke har funnet å kunne avsette dem på kartet, men jeg har kun antydnet dem ved en skrafering.

Langs breccien i vest er der trengt frem en relativt stor granittmasse som har en annen struktur enn de mere østlige granitter. (Se fig. 19.)

Denne vestlige sammenhengende granittmasse, som jeg har betegnet som grovkornig kongsberggranitt eller øiegranitt, avskjærer „Vinordiabasgangene“ og sender ganger inn i den tilstøtende kvartsdioritt.

Granittens mineralsammensetning er temmelig ensartet. Mikroklin og til dels noget mikropertitt samt litt mindre plagioklas finner man i alle typer. Plagioklasen er en oligoklas med overgang til oligoklasalbitt. Oligoklasen og enkelte steder også mikroklinen er mange steder i høy grad omvandlet og opfylt av sericitt, klinozoisitt og epidot.

Biotitt finnes i alle typer, muskovitt forekommer i mere underordnet mengde bortsett fra de fine skjell i den omvandlede feltspat. Ofte ser man i biotittskjellene titanitt omgitt av pieochroitiske ringer. Hornblende sees kun sjelden og kun i de østlige typer. I den grovkornige kongsberggranitt — øiegranitten — ser man alltid at feltspatindividene er korodert og omgitt av opknuste mineralaggregater (mørtel). Dette sees også ofte ved de østlige granitter, men det er der ikke nogen fast regel. I mørtelmassen og mellom mineralene sees i alle granitttyper også kloritt.

De små granittrester som treffes i Bambleformasjonen er karakterisert ved at de alltid fører litt muskovitt og ofte er mineralene gjennomvokset av sillimanittnåler. Turmalin sees også av og til. Kvarts forekommer i alle granitter i Kongsbergformasjonen som gjennomvoksende årer. Kvartsen gjennomtrenger så vel mørtelen som feltspatindividene og viser ingen undulerende utslukning. Den har altså ikke vært presset efter at den blev dannet.

Plagioklaslistene viser derimot ofte tydelige tegn på å være presset, idet de foruten å ha koroderte grenseflater ofte viser boiede tvillinglameller.

I de små granittrester i Bambleformasjonens glimmerskifer finnes kvartsen ikke i de vanlige gjennomvoksende årer og har som oftest en undulerende utslukning.

I den vestlige øiegranitt sees mange steder lange slirer med porfyrisk granitt som må antas å være dannet ved at grunnmassen er utvalset således at der ennå kan sees enkelte rester av feltspat som bibringer bergarten det porfyriske utseende.

Denne porfyrtype finner man i karakteristisk utvikling langs den store rivningsbreccies østside fra Lågen nordover til Horgevann.

Langs grensen mellom granitt og den tette, mørke bergart nord for Jonsknuten finner man at øiegranitten har en tydelig porfyrisk grensesone.

Pegmatittganger. I den vestlige del av Kongsbergformasjonen finnes ingen pegmatittgang. Østover mot Bambleformasjonens grense finnes en og annen gang som f. eks. på Gortjernåsen i den sydlige del av Grenskogen og vest og nordvest for Krekling st.

De siste ganger fører store anrikninger av mikroklin og der har i flere år vært i gang et feltspatbrudd. I den nordlige del av kartbladet — nord for Solumsmoen — kommer der inn mange pegmatittganger nær grensen mot Bambleformasjonen.

Så snart man kommer inn i Bambleformasjonen blir pegmatittgangene tallrike. De optrer her som mektige ganger i alle bergarter. På langt nær alle pegmatittganger er inntegnet på kartet og til dels er de kun antydnet. De er mere motstands-

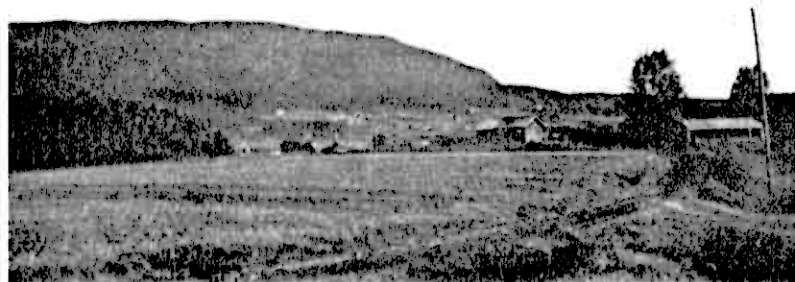


Fig. 20. Utsikt mot sydøst, vest for Embretsfoss ved Åmot.
Man ser Oslofeltets åser hever sig over grunnfjellets peneplan
som der sees et lite stykke av ved foten av åsen.

dyktige mot forvitring enn den omgivende bergart, og de rager derfor ofte op som steile, nakne små knauser.

Enkelte av pegmatittgangene har inneslutninger av kalkspat. I en jernbaneskjæring ovenfor Skotselven ser man således en kalkspatinnestutning som er over 1 1/2 m i diameter. Feltspaten er gjennomgående plagioklas.

Der sees alltid meget kvarts og gangene er ofte gjennomvevet av albittårer. Ved Hulbakk magnesittbrudd ser man også at serpentinårene gjennomskjærer pegmatitten. Serpentinårene er altså yngre enn pegmatittene.

Der er forholdsvis lite mørke mineraler i pegmatitten, men det har ikke latt sig gjøre å utnytte feltspaten i de ganger som hittil er undersøkt, da gangene fører så meget kvarts at lerjordinnholdet blir for lavt.

Sydvest for Skuterud har der vært drevet noen glimmerdrift på en pegmatittgang.

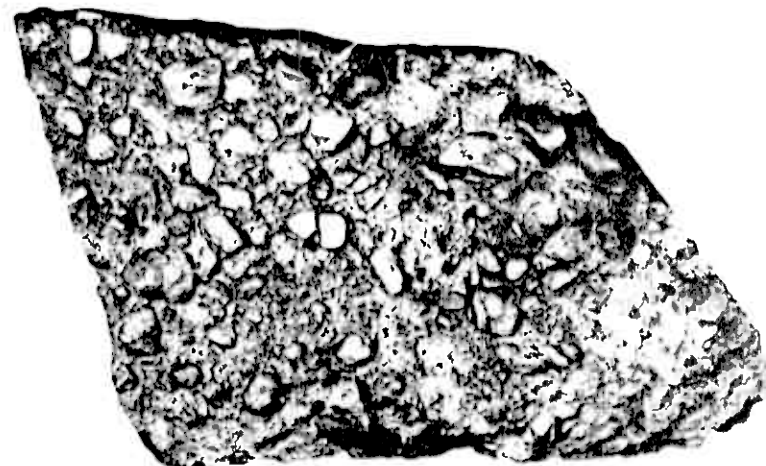


Fig. 21. Basalkonglomerat ved Døra.

Oslofeltet.

Innledning.

Efterat erupsjonene og foldningene i Telemarkformasjonen var avsluttet har der ikke vært injisert annet enn smale, yngre diabasganger i de i det foregående behandlede prekambriske bergarter. Der har dog foregått store forskyvninger langs de lange nord—syd rettede spalter som er beskrevet fra Kongsberg-Bambleformasjonen.

Langs den store rivningsbreccie er Kongsbergformasjonen gneiser bragt op på høide med Telemarkformasjonens bergarter. De veldige bevegelser langs disse spalter vises i grenbrecciene som fra den store rivningsbreccie avgrenses inn i Telemarkformasjonen.

Mens der ennå pågikk bevegelser langs den store rivningsbreccie og parallellspaltene mot øst er sannsynligvis det subkambriske peneplan neddenudert. Det er mulig at dette „plan“ har hatt en trappetrinsaktig stigning ved parallellbrecciene mellom Oslofeltet og den store rivningsbreccie.

Peneplanet er senket under hav og eftersom strandlinjer skred frem er det kambriske basalkonglomerat avsatt i kun noen få meters mektighet. Man kan se det ved Krekling o

Kongsberg—Bamble-formasjonen.

Ved det vestligste parti av Oslo-feltets dyperuptiver, som stikker fram til strøket ved Nordagutu i Øst-Telemark, er det området det her gjelder, delt i to atskilte deler, en nordlig, som mot øst grenser til Oslo-feltet, og en sydlig, som grenser til Skagerrak. Bergmassenes strøkretning er i hovedsaken parallell med områdenes lengderetning og er stort sett meget regelmessig. Hvor vi har dyperuptivmasser av mer eller mindre rundaktig form, svinger for det meste de omgivende bergarters strøk omkring dem. Bergartenes struktur-plan viser mest et steilt, henholdsvis østlig og sydøstlig fall; i Sørlandspartiet opptrer ofte vakre folder.

Det er i ganske ny tid offentliggjort flere oversiktsframstillinger av Kongsberg—Bamble-formasjonens forhold, nemlig av A. Bugge i 1936 og 1941 og av J. Bugge i 1943 (i sistnevnte arbeid finnes en omfattende litteraturliste, hvortil interesserte kan vises). Med hensyn til noe eldre arbeider skal nevnes petrografiske spesial-avhandlinger av Brøgger (1934, 1935) om bergarter særlig fra Kragerø-trakten, og C. Bugges oversikt over Kongsbergfeltet fra 1917. Tydningen av bergartenes opprinnelse, og også av deres geologiske struktur, er for vesentlige punkters vedkommende omdiskutert.

Det skal her innledningsvis nevnes at A. Bugge skiller komplekset på langs i to deler, en vestlig som representerer „Kongsberg-formasjonen“ i mer innskrenket betydning, og en østlig, „Bamble-formasjonen“. For den østlige del i Modum-strøket har også betegnelsen „Modum-formasjonen“ vært anvendt. Det vestre belte oppfattes av nevnte forfatter som en smal rest av et mer sentralt erupsjons(intrusjons-)område, det østre som en perifer sone, karakterisert ved en sterk hydrotermal og pneumatolyttisk virksomhet, av forskjellig intensitet og karakter i den søndre og nordre del av Bamble-formasjonens belte, sterkest i nord.

Vi skal så betrakte de viktigste bergartstyper i Kongsberg—Bamble-formasjonen.

Fra eldre tid av har en rekke bergartstyper som forekommer i det østre belte, alminnelig vært oppfattet som



Fig. 20. Kalkstein vekslende med (lyse) lag av silikat-bergarter. Indre Maløy ved Grimstad. Etter O. Holtedahl.

sedimenter, noe også Jens Bugge slutter seg til, mens A. Bugge i sine senere arbeider hevder et annet syn. Det dreier seg her vesentlig om tre hovedgrupper av bergarter:

1. Kvartsitter opptrer i større eller mindre mengder i Sørlandsområdet — fra Langesundsfjorden og nesten til Lillesand — og forekommer likeledes i den nordlige del av Bambleformasjonens belte, på Modum m. v. Det dreier seg dels om lange og sammenhengende bånd (noen kan følges i over en mils lengde), dels er det mer oppdelte, klumpformige partier. Mas-

sene kan ha stor bredde, f. eks. på Bærøy ved Kragerø omkring 1300 m. Bergarten har krystallinsk struktur, og spor etter en klastisk (bruddstykke-) opprinnelse kan ikke påvises. For det meste inneholder kvartsitten rikelig med parallellorienterte biotitt-skjell og får da et gneisaktig utseende. Ofte forekommer også feltspat. I enkelte drag er kvartsitten overordentlig ren og har da betydelig praktisk betydning. Det er store brudd i Kragerø-trakten.

2. Sillimanitt-førende gneiser — til dels også med cordieritt eller granat — samt glimmerskifre, bergarter som antas å representere omdannede leirjordrike sedimenter, forekommer alminnelig, særlig i den nordre del av Sørlandsstripen, og er også kjent fra det nordlige område.

3. Krystallinsk kalkstein, som opptrer som mer eller mindre tydelig lagformete og lagdelte masser, forekommer fortrinnsvis i strøket fra Arendal og sydover til Kristiansand, bl. a. vakkert blottet på en del småøyer mellom Lillesand og

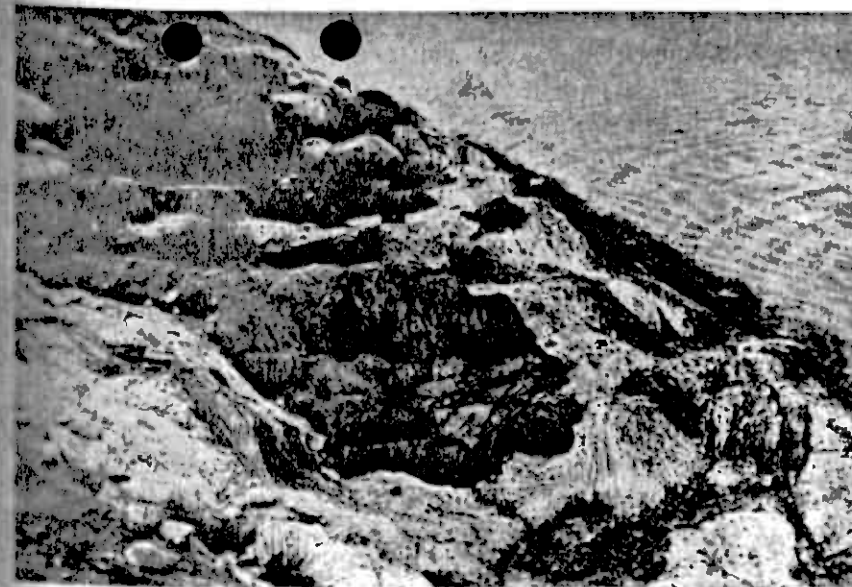


Fig. 21. Kalkstein (lys) som omslutter et amfibolitt-parti-masse på Fladeringen ved Grimstad. Kalksteinen har under jordskorpedeformasjonen oppført seg som en mer eller mindre plastisk masse som har trengt inn i sprekker i amfibolitten. Etter J. Bugge.

Grimstad. Kalksteinsmassen sees til dels å omslutte partier av andre bergarter og har tydeligvis vært i plastisk, forholdsvis lett formbar tilstand. Bergarten kan ha vekslende farge, kan bl. a. være vakkert rød. Det opptrer alminnelig temmelig meget av silikat-forurensninger, i tydelige lag eller i mer uregelmessige partier, men deler av bergmassen kan også være noenlunde ren. Flere analyser (Holtedahl 1917) viser omkring 95% CaCO_3 , med lavt innhold av magnesia (under 1% MgO).

A. Bugge antar for de ovenfor nevnte bergarter en ikke-sedimentær opprinnelse, idet han bl. a. framhever hvordan kvartsitter og kalksteiner synes å være nær og genetisk knyttet til eruptivmasser; de ligger ofte som konsentriske bånd omkring disse, og kvartsitt går til dels tydelig over i granitt. Han antar en magmatisk eller hydrotermal opprinnelse. For forfatteren står en sedimentær dannelses måte som det sannsynlige for kalksteinsmasser som dem han har hatt anledning

til å iakttå (særlig i det nevnte kyststrøk), og generelt sett synes en opptreden av så vidstrakte og mektige kvartsitter som de lagformig opptredende masser det her dreier seg om, enklest å kunne forklares ved antakelsen at de er sedimentær. Som J. Bugge har framhevet må en overgang til granitt-materiale kunne forklares ved en granittiseringsvirksomhet. — Forekomsten av sillimanitt-førende gneis er et forhold som direkte peker hen på sedimentært materiale.

Det må dog her sterkt framheves at både kvarts- og karbonat-masser i stor utstrekning har vært avsatt av oppløsninger i Bamble- og Modum-formasjonen, idet de meget ofte opptrer tydelig gangformig. Kalkspat-ganger finnes i store mengder, og i trakten ved Kragerø forekommer til dels ganske store ganger av dolomitt, som lokalt er sterkt brunfarget og meget jernholdig (mektigheten går ved Knipen sydvest for byen opp i 20 m). Det dreier seg mest om mer eller mindre grovkrystallinske masser. Av og til sees de å inneholde bruddstykker av sidesteinen. Det har vært brutt ut betydelige mengder dolomitt i senere år. — I „Modum-formasjonen“ har vi forekomst av magnesitt (sammen med serpentin) i klump- og gangformige masser, og her har det vært adskillig drift i Snarumtrakten.

I Kongsbergområdet har C. Bugge sammenfattet en bergartsgruppe som antas å være av suprakrustal opprinnelse, under betegnelsen *Knute-formasjonen*. Det dreier seg vesentlig om gneis- og amfibolitt-aktige bergarter som oppfattes som vulkanske effusiver; dels er det bergarter av en mer sur sammensetning (Barlinddals-gruppen), dels mer basisk (Oldenborg-gruppen). Bergartenes strukturer varierer; enkelte er meget finkornige. Til dels har bergartene en tydelig porfyrr-struktur; enkelte typer har hulrom, som er tolket som primære blærerom (mandler). Hulrommene, som mest er fylt med kvarts eller kalkspat, kan for de mer basiske typer bli meget store, opptil desimeterlange. Forskjellige glimmer-rike skifre i Knute-formasjonen (bl. a. med staurolitt) antas å være sedimentær; til dels synes en primær lagning å være bevart.¹ — De granat-førende glimmer-

¹ Av stor interesse er en forekomst av krystallinsk kalkstein, som forfatteren i oktober 1945 er blitt gjort oppmerksom på av stipendiat J. Låg. Det dreier seg om et N—S-strykende, ca. 15 m mektig drag, som sees

eller klorittskifre som bl. a. er karakteristiske bergarter på Overberget, representerer sterkt omdannede bergarter av usikker opprinnelse.

Bergarter som spiller en overordentlig viktig rolle i Kongsberg—Bamble-formasjonen, og særlig på Sørlandet, men hvis opprinnelse det er meget vanskelig å trekke sikre slutninger om, er de såkalte *båndgneiser*, som består av en veksel av mørke, hornblende-rike lag og lyse lag som vesentlig inneholder oligoklas og kvarts (fig. 23). Det kan finnes adskillig plagioklas i de mørke bånd, og hornblende og biotitt i de lyse. Båndenes tykkelse varierer fra helt liten (noen få sentimeter) til meget stor, så stor at de to bergarter kan skilles ut på karter i noenlunde stor målestokk, — som henholdsvis amfibolitt og kvartsdiorittgneis. Bergartsmasser av en slik båndet type, med en stadig, lagformig veksel mellom mer basiske og mer sure, forekommer temmelig ofte i grunnfjellsområder og i yngre fjellkjeders dypsoner; de har vært forsøkt forklart på forskjellig måte. Dels har det vært tenkt på differentiasjonsfenomener av magmatisk art, eller — mer alminnelig — på lagformige intrusjoner av de lyse bergartslag i de mørke som da kunde tenkes å representere f. eks. basaltmasser. I senere tid har man også i stor utstrekning antatt kompliserte omsetnings- og krystallisasjonsprosesser som på stort dyp — og i forbindelse med jordskorpebevegelser — har virket på eldre, tilstedeværende bergartsmasser, — en material-sortering i en sone med en omfattende metamorfose eller metasomatose, en „metamorf differentiasjon“. Vi skal her ikke gå videre inn på disse meget kompliserte spørsmål.

Et fenomen som ikke sjelden sees i slike båndete krystallinske bergartsmasser og som viser at de i visse partier har vært utsatt for streknings-deformasjoner, er den såkalte boudinage-struktur (oppkalt etter et fransk ord som betyr blodpølse). Vi ser hvordan et amfibolitt-lag som ligger i en lysere bergartsmasse, kan være blitt oppdelt i isolertliggende partier, som

ved veien mellom Grønli og Ingebu (300 m V herredsgrensen Flesberg—Sigdal) på den nordøstre del av Flesberg-bladet, innen Kongsberg-formasjonens område. Kalksteinen, som viser stor likhet med kalksteintyper på Sørlandet, grenser mot øst til båndgneis.

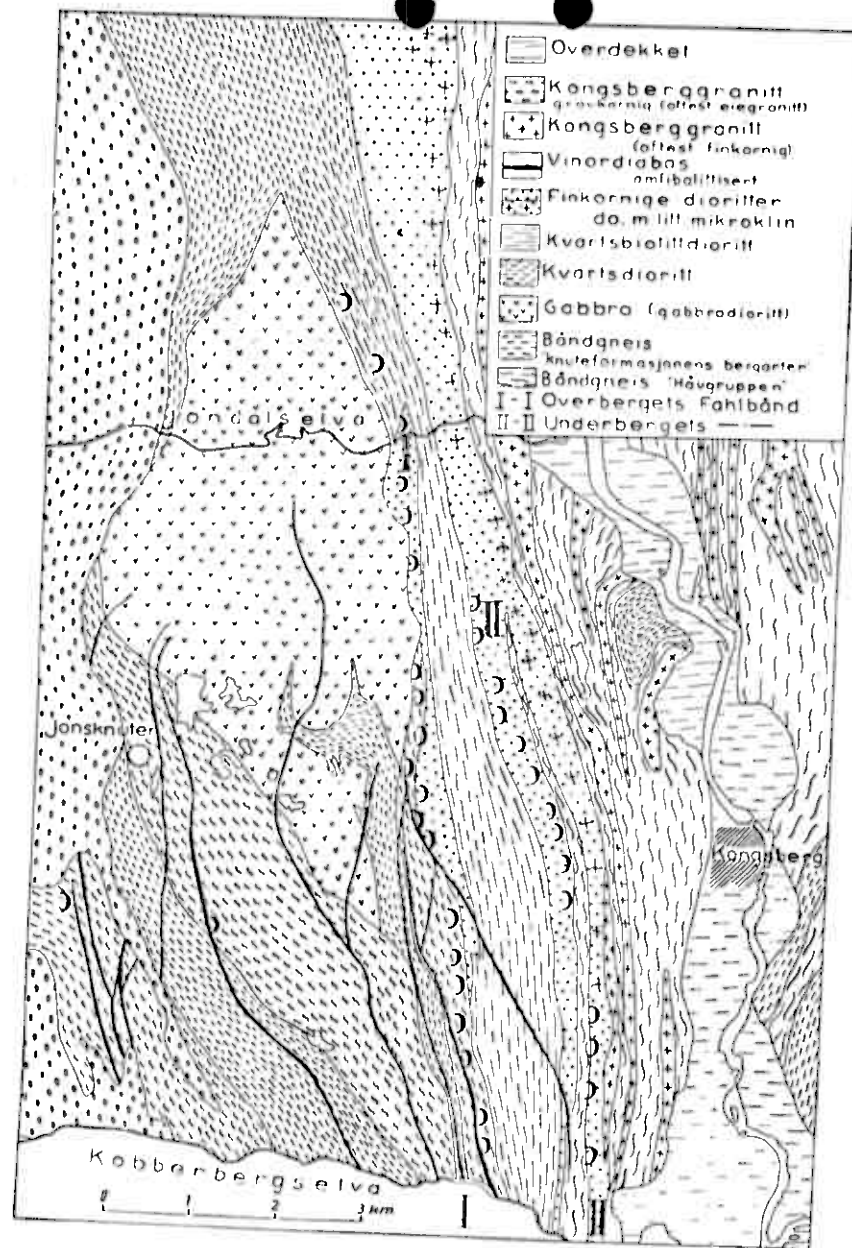


Fig. 22. Kart over strøket ved Kongsberg, med sølvforekomstene angitt.
Av C. Bugge og A. Bugge.



Fig. 23. Båndgneis fra strøket syd for Kragerø. Til høyre et bredt amfibolitt-bånd. Etter B. Hofseth.

gjærne, i tverrprofilet, viser en avrunding i endene. Den basiske bergart har under de forholdsvis høye temperaturer som har hersket, vært mer sprø og mindre elastisk enn den sure og derfor „røket av“ under strekningen. Meget alminnelig forekommer (granittisk) pegmatitt-materiale i mellomrommene og også ellers, ved og i fragmentene, så krystallisasjonsprosesser har virket også etter at istykkerslitningen fant sted (fig. 24).

Foruten som smalere partier i båndgneis forekommer dioritt eller dioritt-gneis av forskjellig type i Kongsberg—Bamble-formasjonen som store, mer eller mindre massive partier. Disse bergarter sender noen steder ganger inn i sidebergartene og kan inneholde bruddstykker av disse. I Kongsbergfeltet opptrer særlig store slike diorittiske masser, av noe forskjellig mineralogisk sammensetning. Vi har forholdsvis basiske typer, med bare spor av kvarts, og forholdsvis kvartsrike. De mørke mineraler er vesentlig hornblende og biotitt, det første dominerende i de førstnevnte typer, det annet i de sistnevnte. Disse bergartsmasser oppfattes av C. og J. Bugge som magmatiske dyp-eruptivmasser. Ved diorittmassenes grenser er de tilgrensende

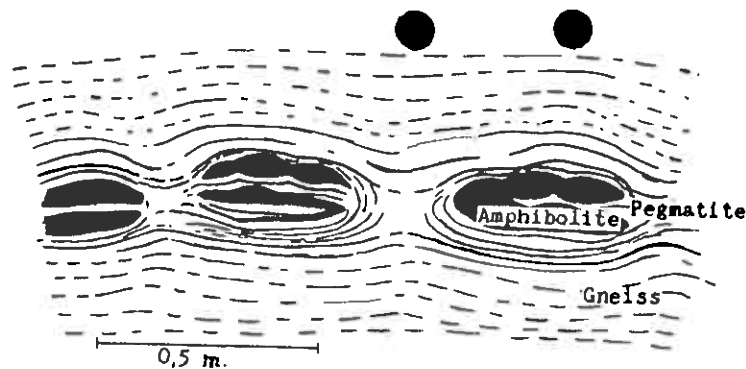


Fig. 24. „Boudinage“-struktur fra Kragerø-trakten.
Etter B. Hofseth.

skifrige masser ofte sterkt impregnert med kis, særlig magnetkis, — med noe kobberkis og ofte litt sinkblende og blyglans. Disse kis-rike soner betegnes med et gammelt bergmannsuttrykk „fahlbånd“, og sølvutfellingen, som vi skal høre om i et senere avsnitt, er nær knyttet til dem. På Modum forekommer kobolt- og arsen-malm stripevis i liknende bergarter. Malmen har her i eldre tid vært gjenstand for en betydelig grubedrift (Skutterud-grubene).

I de ovenfor nevnte bergartsmasser forekommer som tydelig yngre ledd eruptivmasser av utvilsom intrusiv karakter. De eldste av disse er bergarter hvis mest karakteristiske representanter er *hyperitter* og deres omdannelsesprodukter. De opptrer mest som forholdsvis små masser, rundaktige, eller som tynne lag- eller linseformede partier parallelle de omgivende bergarters strøk; av og til kan de også skjære dem.

Bergartene er ofte olivinførende (olivinhyperitt). En overordentlig fast og seig slik bergart er ved Valberg nær Kragerø gjenstand for utvinning i stor stil — til veidekkemateriale m. v. Til dels opptrer mer grovkornige bergartstyper, noritt, med forskjellige differentiasjonsledd; noen noritt-masser inneholder adskillig nikkelholdig magnetkis, som har vært gjenstand for grubedrift (A. Bugge, 1922 a) bl. a. ved Nystein og Meinkjær gruber i Bamble. — De basiske bergartsmasser vi her omtaler, er gjerne umetamorfe og massive i de sentrale partier, men går mot sidene ofte over i hornblenderike bergarter, amfibolitter

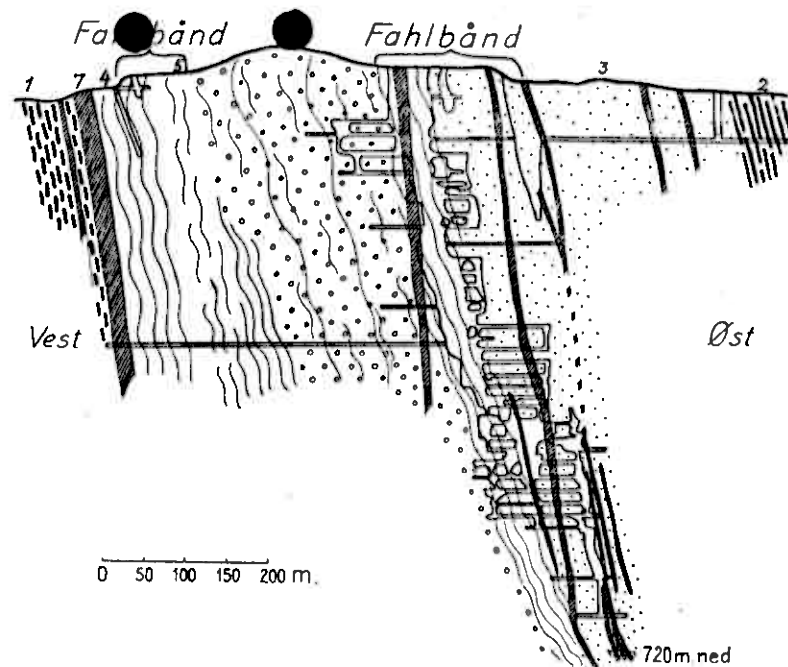


Fig. 25. Tverrprofil av Overbergets fahlbånd ved Gottes Hülfe Grube.
1. Kvartsdioritt. 2. Kvartsbiotittdioritt. 3. Finkornig kvartsdioritt.
4. Hornblendeskifer. 5. Klorittskifer. 6. Granatbiotittskifer.
7. Vinor-diabas (amfibolitisert). Av A. Bugge.

eller hornblendeskifre. Til den her omtalte gruppe av basiske intrusiver hører Kongsberg-traktens „Vinor-diabas“, som imidlertid har en mer gangformig opptreden enn hyperittene på Sørlandet.

Hyperittens omdannelsesprosesser er blitt studert i stor detalj, særlig av Brøgger (1935). Et spesielt interessant fenomen (fig. 27) er omdannelsen til skapolitt-hornblendestein („ødegårditt“, etter Ødegården i Bamble), på grunn av påvirkning av gasser og oppløsninger som kom opp etter bergartens størkning. Ved disse pneumatolytiske og hydrotermale prosesser ble det bl. a. tilført klor. Skapolitten har et innhold av klor på opptil 3,5%, og med de store bergartsmasser det her er tale om, representerer omdannelsen en tilførsel av overordentlig betydelige dimensjoner. For et område på Langøy nær Kragerø av 3½ km's



angitt. TiFe—titanholdig jernmalm. Etter J. H. L. Vogt.

lengde og 200 m's bredde er det beregnet at det er tilført 2 1/2 million tonn klor for hver 100 m's (vertikal) tykkelse av bergmassen.

I samme forbindelse må nevnes dannelsen av apatitt i til dels betydelige mengder på ganger, — forekomster som også er resultatet av „vulkanske ettervirkninger“ i sammenheng med erupsjonen av de basiske bergarter. Foruten klor og fluor — som i de betydelige forekomster ved Ødegårdens verk kan opptre i mengder på henholdsvis omkring 5 og 0,5% — er det altså tilført fosfor. — På en rekke steder kan iakttas hvordan de apatittførende ganger som gjennomsetter hyperitt, er ledsaget

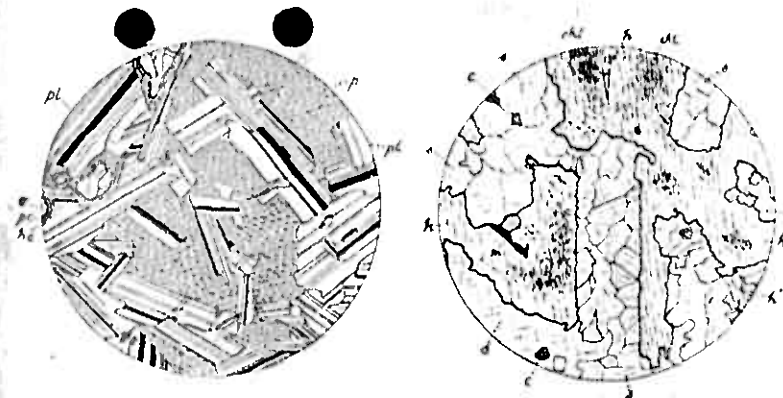


Fig. 27. Tynnslip av tilvenstre olivinhyperitt fra Kragerø-trakten ($\times 20$), tilhøyre omvandlingsproduktet skapolitt-hornblendestein ($\times 30$). pl — plagioklas, p — pyroksen, o — olivin, med omvandlet randsoner; s — skapolitt, h og h' — hornblende, chl — hornblende med innhold av klortitt m.v., m — magnetitt, c — kalkspat. Etter W. C. Brøgger.

av en omdannelse av den nærmest tilgrensende bergartsmasse til skapolitt-hornblendestein (fig. 28). — Apatitt-førende ganger har en meget stor utbredelse i det ytre belte av Sørlands-området, men bare i enkelte strøk, bl. a. i Bamble, forekommer mineralet i større mengde. Ved Ødegårdens gruber har det vært utbrutt omkring 250 000 tonn. I senere tid har det ikke vært noen nevneverdig drift der. En oversikt over apatitt-forekomstene er gitt av C. Bugge (1922).

I nøyeste forbindelse med prosesser knyttet til hyperitt-intrusjonen står forekomsten av jernmalm på Langøya, hvor jernrike oppløsninger har virket. Det dreier seg helt overveiende om magnetittmalm, som forekommer (bl. a. sammen med kalkspat) sonevis i amfibolitt (eller hornblende-skifer) som viser til dels storslagne breksje-fenomener. Jernprosenten ligger på omkring 45% (ved skarp skjelding opp til 50%), med lavt fosfor- og svovel-innhold. I eldre tid var Langøy-grubene de viktigste norske jerngruber nest etter Arendals-traktenes, som senere skal omtales.

Som et forholdsvis surt differentiasjonsprodukt av olivin-hyperitten kan man oppfatte forskjellige Na-rike bergarter som vesentlig består av albitt-feltspat, bl. a. „kragerøitt“, som er

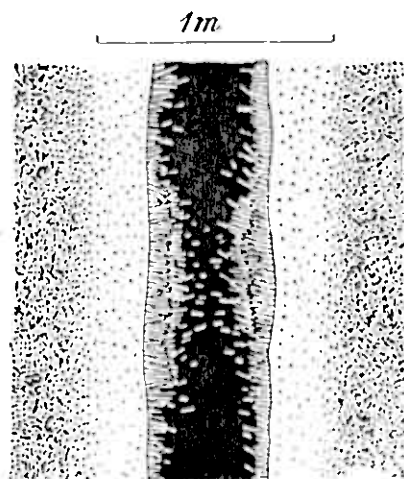


Fig. 28. Sonar-bygget apatitt-gang med apatitt (svart) i midten og glimmer og hornblende på sidene. Den omgivende olivinhyperitt er nærmest gangen omdannet til skapolitt-hornblendestein. Fra Regårdshei nær Risør.

Etter J. H. L. Vogt.

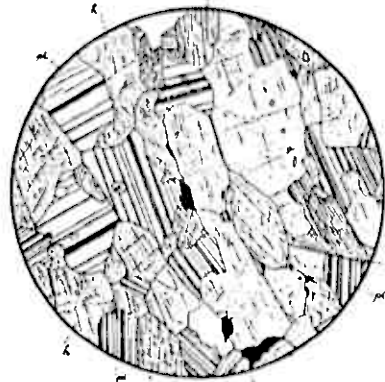


Fig. 29. Tynnsnip av amfibolitt — fra Bærøy ved Kragerø. pl — plagioklas, h og h' — lengdesnitt og tversnitt av hornblende, b — biotitt, m — jernerts, a (det lille felt i plagioklas noe til venstre for midten av bildet) — apatitt, hvitt-kvarts ($\times 10$). Etter W. C. Brøgger.

karakteristisk ved å fore adskillig rutil. Dette mineral kan i skiveformede partier opptre i temmelig store mengder og har i traktene omkring Kragerø (Lindvikkollen) vært gjenstand for en ikke ubetydelig utvinning. Det forekommer også turmalin-førende kragerøitt.

I forbindelse med de jordskorpebevegelser som Kongsberg—Bamble-formasjonen har vært utsatt for, med senkning eller nedfoldning av jordskorpemasser til stort dyp og med tilsvarende høye temperaturer, har det foregått vidtgående, til dels meget egenartete bergartsomdannelse på grunn av gjennomtrengende „safter“ eller oppløsninger. Særlig i de mer nordlige strøk har det foregått en albittisering — med tilførsel av natron. Etter J. Bugge er det av båndgneis-materiale m. v. ved migmatisering blitt dannet bergarter av massiv eruptiv-karakter. Av disse nydannete bergarter skal først nevnes „arendalitt“, en egen type av kvarts-hypersten-dioritt som hører til den såkalte

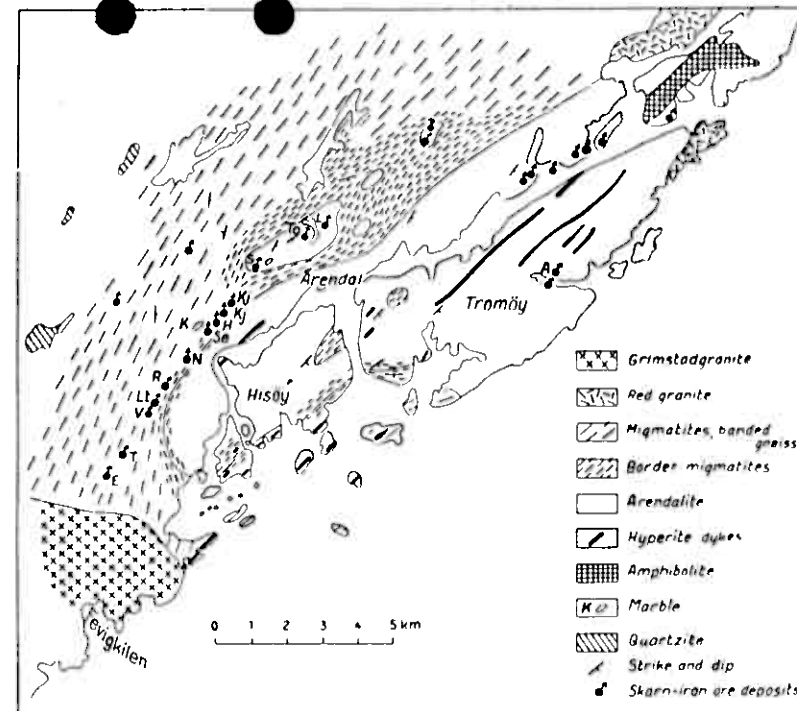


Fig. 30. Kart over Arendals-trakten som viser utbredelsen av (post-orogen) Grimstad-granitt, eldre (rød) granitt, båndgneis m. v., arendalitt, hyperitt-ganger, amfibolitt, krystallinsk kalk, kvartsitt, samt jernmalm. (Klodeborg malmdrag i sydvest, Neskilen i nordøst). Etter J. Bugge.

charnockitt-gruppe — forholdsvis sure bergarter som fører rombisk pyroksen som et hovedmineral (bergarter beslektet med mangeritt-anortositt-rekkens, som vi senere skal høre mer om). Den typiske arendalitt forekommer i kyststrøket SV og NØ for Arendal. Vi ser her hvordan båndgneis-materialet gradvis går over i de homogene nydannete bergarter. Til dels opptre det i grensesonene intrusjoner av arendalitt i det eldre materiale, et forhold som viser at massen har vært av en meget mobil karakter, i likhet med typiske magmabergarter. Det forekommer gangformige partier av hyperitt i arendalitt, men de oppfattes som ikke „fortærte“ rester av en eldre bergart. Enkelte steder sender arendalitten utløpere inn i hyperitten.

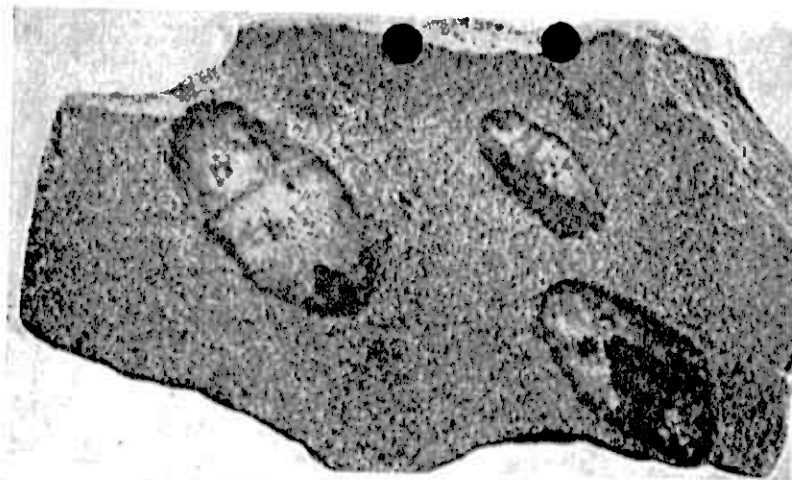


Fig. 31. „Kulegranitt“ fra Bærøy ved Kragerø. Den lyse masse i kulene består overveiende av kvarts og sillimanitt, mens den mørke, som gjerne opptrer som en randsone, består av muskovitt, med en del kvarts. Bergarten forøvrig består av mikroklin og kvarts, med noe biotitt m. v. Etter W. C. Brøgger.

I nær tilknytning til basiske bergartsmasser (hyperitt og amfibolitt) opptrer som nydannelser i Kongsberg—Bamble-formasjonen de meget magnesia-rike mineraler antofyllitt (som først er beskrevet fra Kongsberg-trakten), og cordieritt, som kan oppetre med opptil hodestore krystaller (i Kragerø-trakten). På forvitret overflate kan disse cordieritt-bergarter se ut som konglomerater. Vi har her eksempler på en tilførsel av magnesia. I enkelte strøk opptrer langs grensen av amfibolitt-masser bergarter som vesentlig består av de to nevnte mineraler. Denne eiendommelig bergartstype (antofyllitt-cordieritt-fels) tiltrakk seg geologenes oppmerksomhet alt meget tidlig (er blant annet omtalt av den engelske geolog D. Forbes omkring midten av det forrige århundre).

Forekomsten av sillimanitt-førende gneiser, som må antas å representere sterkt omdannede leirjord-rike sedimenter, er tidligere nevnt. Egenartete og for Kongsberg—Bamble-formasjonen meget karakteristiske bergarter av sekundær opprinnelse er de sillimanitt-førende „kulegranitter“, kjent både fra Kragerø-trakten og fra Modum og beskrevet i detalj av Brøgger. De forekommer lagvis i veksel med andre bergarter. Grunnmassen

er av granitt-karakter (kvarts, mikroklin, biotitt) mens kulene, som mest er nøtt- til eplestore, inneholder sillimanitt, mest i fibrige aggregater, foruten kvarts og muskovitt. Disse bergarter oppfattes av J. Bugge som dannet av sillimanitt-gneiser (som ofte kan ha karakteristiske linsestrukturer) hvor hovedmassen av bergarten er granittisert — med sillimanitten omdannet til glimmer eller feltspat —, mens de linseformige partier har unngått omdannelsen.

Vi skal nå omtale de „ekte“ granitter, som opptrer i stor mengde i forskjellige deler av Kongsberg—Bamble-formasjonens område. De fleste av dem er mer eller mindre samtidige med deformasjonsbevegelsen og ligger som konforme masser i det lagbygde kompleks. De kan ha en forholdsvis massiv, „upresset“ struktur eller være av gneisgranittisk karakter, de kan ha skarpe grenser mot de omgivende bergmasser eller en mer overgangsmessig, utflytende — med overgang til bergarter av gneis-type. Ofte kan en masseopptreden av granittganger i den omgivende fjellgrunn gjøre en klar avgrensning vanskelig eller umulig. Med hensyn til mineralinnholdet varierer de meget, med bl. a. en vekslende plagioklas-mengde.

I Kongsberg-området har vi en forholdsvis finkornet granitt som med flikete, utkilende masser ligger i diorittiske bergarter m. v. Denne granitt kan lokalt sees å bryte opp Vinordiabasene, med vakre breksje-dannelser. Vest for „Kongsberg-formasjonen“s hovedområde og øst for den store rivningsbreksje forekommer en grovere, „parallell-struert“, til dels utpreget porfyrisk eller øyegneis-aktig granitt som både av Kjerulf—Dahll i eldre tid og av C. Bugge i hans Kongsberg-arbeid av 1917 har vært antatt å høre til Telemark-granittens gruppe, men som av A. Bugge regnes til Kongsberg—Bamble-formasjonen. Disse Kongsberg-områdets sistnevnte granitter viser tydelige tegn på mekanisk påvirkning, idet man i mikroskop alminnelig kan se hvordan de større feltspat-individer er istykkerbrutt i kantene.

Også i Sørlandsstripen forekommer grove porfyriske granitter i et vestlig belte, nær breksjen, og her fortsetter etter J. Bugge denne type til dels over på vestsiden av den. — En granittmasse som forekommer på Levang-halvøya, litt syd for Kragerø, er nylig beskrevet i detalj av Brit Hofseth (1942).



Fig. 32. Kart over strøket ved Lillesand som viser utbredelsen av:
1 — pegmatitt, 2 — kvartsitt (tildels med konglomeratlignende inneslutninger),
3 — granitt, 4 — gabbro (amfibolittisert). Etter A. Bugge.

Det er en middels- til grovkornet rødlig bergart av mer eller mindre tydelig gneisgranitt-karakter; den inneholder adskillig oligoklas og dessuten (hastingsittisk) hornblende. Bergartsmassen ligger med skarp grense mot omgivelsene, som for en vesentlig del består av amfibolitt og gneis, og den inneholder mengdevis av større og mindre, langaktige, ofte lagformige amfibolitt-bruddstykker. Bruddstykkene har gjerne en skarp grense, men kan i de spisse endepartier vise overgangsfenomener. Dessuten forekommer i granitten ofte mørke (hornblende- og glimmer-rike), uklart begrensede partier som

må tolkes som mer eller mindre assimilerende inneslutninger. Imellom disse har granitten til dels en noe annen farge enn den vanlige. Levang-granittens markerte grense karakteriserer den som en utvilsom intrusjonsmasse; den synes å ha hatt en viss kjemisk-mineralogisk innvirkning på omgivelsene, idet en tilstøtende gneismasse i flere hundre meters bredde har mørkere farge enn ellers, med et noe større glimmerinnhold.

Granitter opptrer i Sørlandsbeltet ikke sjelden i nær forbindelse med hyperitter, og A. Bugge har antatt en differensijonsmessig sammenheng.

J. Bugge antar at de bare for en liten del har en slik opprinnelse (differentiert og krystallisert ut av et felles stam-magma) og oppfatter i stedet de fleste av Kongsberg—Bamble-formasjonens granitter som migmatiske, dannet ved granittiseringsprosesser med hvilke de ovenfor, under omtalen av „kulegranitten“ nevnte prosesser, står i mer eller mindre nær sammenheng. De skarpt begrensede granitt-masser representerer nydannede magmaer som opptrer med intrusjonstektonikk. En liknende oppfatning gir også Brit Hofseth uttrykk for.

En del av de berømte *jernmalmsforekomster* på Sørlandet — i eldre tider Norges viktigste — er direkte knyttet til granitter, således ved Lyngrot i Froland og ved Solberg i Holt. Det dreier seg her om meget rik, apatitt-førende malm som forekommer inne i en middelskornet rød mikroklin-granitt med noen parallell-struktur.

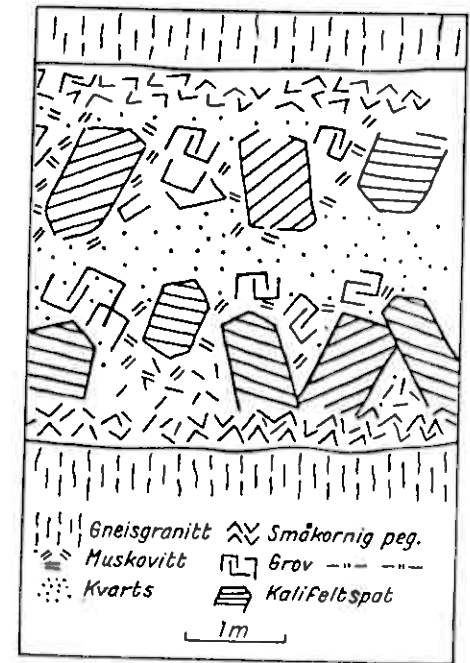


Fig. 33. Granittisk pegmatittgang med utpreget sonar-bygning, ved Grimstadplassen i Froland. Av H. Ramberg.



Fig. 34. Turmalin-krystaller i pegmatitt-kvarts. Lindvikkollen ved Kragerø.
Ca. $\frac{2}{5}$ nat. st.

Av en helt annen type er jernmalmsforekomstene like ved Arendal, i en sone nærmere kysten (fig. 30). Disse opptrer i forbindelse med kalkstein (som kan vise en vakkert foldet lagbygning) og er av den type vi kaller „skarn-forekomster“, karakteristisk bl. a. for de kjente mellomsvenske jernmalmsforekomster (Dannemora—Persberg) i det svekofennidiske grunnfjellsstrøk. Ved metasomatiske omsetninger under forholdsvis høy temperatur har vi fått kullsur kalk erstattet med jern-, magnesia- og kiselsyre-mineraler, med utkrystallisering av ofte meget grovkornige masser av pyroksen, granat, vesuvian, m.v. — foruten magnetitt, som opptrer i uregelmessige, mer eller mindre lagformige malmpartier. Kjente malmsforekomster av

denne type har vi bl. a. ved Neskilen, Bråstad, Klodeborg. I Klodeborg hovedgrube har malmsonen vært fulgt til over 200 m's dyp, med steilt (sydøstlig) fall. — I senere tid har det praktisk talt ikke vært drift ved Arendalsgrubene.

Granittiske pegmatitt-masser opptrer særlig i Kongsberg—Bamble-formasjonen (A. Bugges Bamble-formasjon) i uhyre mengder og ofte med betydelige dimensjoner. Foruten som typiske gjennomskjærende ganger forekommer de som uregelmessige partier, ofte som slireformige utsondringer. Pegmatitt-gangene har vært og er gjenstand for en betydelig praktisk utnyttelse, spesielt i Kragerø-, Risør- og Arendals-trakten. Det er framfor alt feltspat som brytes. Karakteristisk for pegmatitt-massene i de strøk det her gjelder, er at de alminnelig inneholder turmalin (fig. 34), svært ofte også titanitt. På mange av gangene opptrer sjeldne mineraler. De er til dels andre enn i Østfold-pegmatittene. Forskjellige mineraler, som gadolinitt, ortitt, thoritt,¹ som nesten mangler eller iallfall er sjeldne i Østfold, er alminnelige i det vestlige område. Et generelt forhold er det at Sørlands-pegmatitt-materialet har inneholdt forholdsvis lite niob og tantal, så de temmelig rikelig opptredende sjeldne jordartselementer ikke i tilsvarende grad som i Østfold har kunnet bindes som niobater og tantalater (sml. kolumbitten s. 48), men til dels har bundet seg til kiselsyre — som tilfellet er med gadolinitt. Uranbekerts-mineralet cleveitt er i ofte vakre, terningformete krystaller alminnelig i Arendal—Tvedestrand-strøket. Det er blitt benyttet til geologisk aldersbestemmelse, som nevnt s. 40.

Liksom i Østfold-området forekommer Kongsberg—Bamble-formasjonens pegmatittganger meget alminnelig i basiske bergartsmasser, særlig amfibolitter. Andersen (1931 c) har for omkring 250 større syd-norske grunnfjells-pegmatittmasser funnet at ca. 60% forekom i amfibolitt, gabbro m. v., og hvis man tar i betraktning det forholdsvis begrensede areal som disse bergarter opptar, blir forholdet enda mer markert; regnet etter areal får man for opptreden av pegmatitt i basiske bergarter (i forhold til

¹ I eldre tid var det stor interesse for dette mineral, idet thorium anvendtes i gassglødechette-industrien.

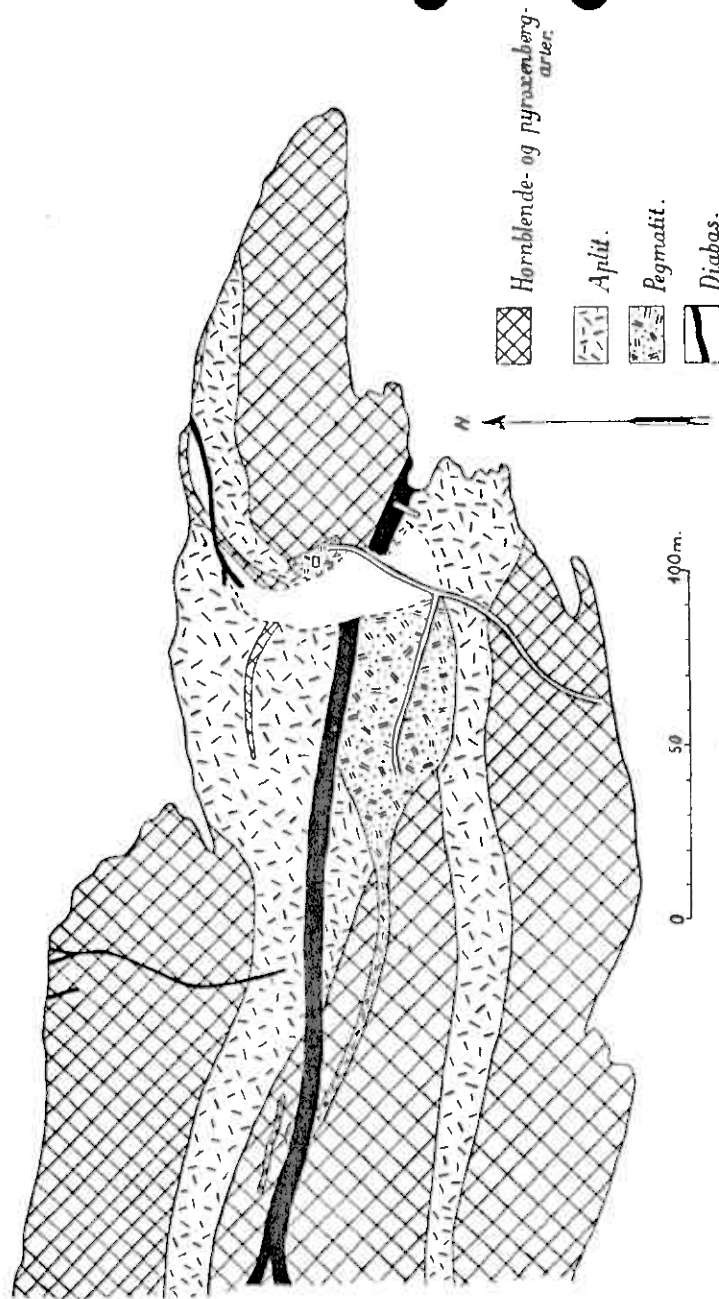


Fig. 35. Kartskisse over Risøytangen nær Kragere hvor bergartsmassen viser en rekke alderstrinn. Pegmatitt (med natron-feltspat) skjærer finkornige kvarts-feltspat-masser (aplitt) som igjen setter igjennom strøkets gabbroide fjellgrunn. Yngst er diabasganger. Etter O. Andersen.

sure) i mindre enn 87%. Dette fenomen er forklart ved den antakelse at de basiske bergarter under de i dypet herskende forhold har vært mer sprø og mindre plastiske enn de sure og derfor lettere har sprukket opp og derved avgitt plass for tilstrømmende masser.

En del av de sørlandske pegmatittmasser er tydelig mer eller mindre knyttet til spesielle eruptiv-masser, med hvis differenziasjonsprosesser de kan tenkes å stå i sammenheng. Det må framheves at det til dels dreier seg om gabbroide masser. Rent generelt skal imidlertid her igjen understrekes at med den overordentlig utbredte opptreden som pegmatittmasser har i de forskjellige deler av det syd-norske grunnfjell (liksom i mange andre områder med høymetamorfe krystallinske masser), er det naturlig å tenke seg pegmatittmassene dannet snarere i forbindelse med regionalt virkende omsetnings- og tilførselsprosesser på stort dyp enn som resultat av differenziasjonsprosesser i spesielle, individuelle magmamasser.

På samme måte som Østfold-gneisene diskordant gjennomsettes av et tydelig yngre granittkompleks (Østfold-granitten), opptrer i Kongsberg—Bamble-formasjonens område *post-orogene granitter* som er kommet på plass etter at den omtalte fjellkjede-dannelse var avsluttet. Vi har et velkjent område med slik yngre granitt nord for Grimstad (Grimstad- eller Fevik-granitten) og et større vestenfor, inne i landet (Birkeland-granitten). Hovedtypen av Grimstad-granitten (Ofte-dal 1938, 1945) er en i frisk tilstand sterkt rødfarget, grov, bergart som har betydelig praktisk interesse. I de sentrale deler forekommer mørkere typer, eldre enn hovedbergarten, og i randområdet finkornige, lyse varieteter som lokalt inneholder mengder av gneis-stykker, til dels mer eller mindre assimileret (sml. Østfold-granitten). På lange strekninger grenser granitten med skarp og steil kontakt mot de omgivende bergarter, men det har også ofte vært en tydelig påvirkning på disse fra granitt-magmaet, idet særlig de glimmerrike gneiser — til dels i vid omkrets — inneholder en rød feltspat av samme type som granittens. Man kan her tale om en migmatiserings-prosess som strekker seg stripevis ut fra granitt-feltet. Disse migmatitt- og assimilasjonsfenomener viser at vi har å gjøre

med et opprinnelig dyptliggende nivå i jordskorpen. Ser vi til sammenlikning på Oslo-feltets granitter og syenitter, som med sin ringformige begrensning har en liknende forekomstmåte, har de alltid helt klare grenser og er sikkerlig størknet i høyere nivå.

Også Birkeland-granitten, som er av en mer ordinær granitt-type, forekommer i et noenlunde rundaktig område. Den fortsetter mot nordvest tvers over breksjelinjen og blir etter muntlig meddelelse av Barth på denne kant gneisaktig.

Etter denne gjennomgåelse av Kongsberg—Bamble-formasjonens „type-områder“ skal vi se litt på nordligere trakter, nord for Modum, hvor vi har fortsettelsen av det nevnte bergartskompleks. Først skal nevnes at det i strøket vest for Tyrifjorden fra gammel tid er kjent forekomster av nikkelholdig magnetkis, knyttet til basiske eruptivbergarter. Særlig ved Erte-lien grube har det vært en betydelig drift. — Data fra Holleia-trakten er nylig (1942) gitt av Brit Hofseth og J. Bugge. Hovedbergarten er diorittiske og granittiske gneiser, som står med N—S-lig strøk og mest steilt fall; granatførende gneiser synes å være alminnelige og sillimanitt-førende bergarter er også kjent. Kvartsitt er iaktatt. Amfibolitt opptrer i stripeformige partier av til dels meget betydelig bredde. Som yngre ledd opptrer gabbroide bergarter i avlange eller rundaktige partier. De viser sterk differentiasjon, med en rekke bergartstyper, bl. a. olivinhyperitt, saussuritt-gabbro, kvartsnoritt m. v. Egentlig granitt kjennes bare som mindre, mest båndformige partier i gneisen. Med sin nordlige strøkretning peker Holleia-bergartene mot området mellom Sperillen og Randsfjord.

Ved Sperillens sydende gjennombrytes det lagbygde kompleks av den sydøstlige del av det svære granitt-massiv som strekker seg vestover til Krøderen (Flå—Sperillen-granitten, se senere), som i alder tør høre sammen med Birkeland-granitten. Strøkene nærmere Randsfjorden består av (så vidt vi vet) ensformige gneismasser. Disse oppfattes av A. Bugge som tilhørende Telemark-granittens kompleks, idet han antar en skrå tverrforkastning langs Begna-vassdraget. Hovedforkastningen fortsetter etter hans mening nordover lenger øst, hvor vi har en



Fig. 36. Biotitt-rik gneis med parallell-intrudert granittgang. Nederst (og til høyre) en pegmatitt-masse som gjennomsetter så vel gneis som granitt. Østsiden av Randsfjorden (ved storveien) ca. 1 mil N. Røykenvik. Etter O. Holtedahl.

mektig mylonitt- og breksje-sone i Onsberget på vestsiden av Randsfjorden, og så over strøket vest for Røykenvik nordover til Einavatn og videre (langs Oslo-forkastningen) til Gjøvik. Det anføres at det etter en slik linje i strøket Kutjern—Einavatn er et bergarts-skille, med i øst gneiser som representerer en nordvestlig fortsettelse av den tidligere (s. 53) omtalte mylonitt-sone. Med hensyn til grunnfjellets strøkretninger så er det i området vest for nevnte linje overveiende NNO og i øst NNV.

Et forhold som kan nevnes fra de nordlige strøk er at gneisenes skiffrighetsflater omkring den nordlige halvdel av Randsfjorden etter forfatterens iakttagelser i meget stor utstrekning ligger mer eller mindre flatt, „svevende“. Bergmassene er her av en meget ensformig karakter, med grove, mer eller mindre glimmerrike bergarter som helt minner om de vanlige typer øst for Oslo-fjorden og den sydlige del av Oslo-feltet. Et område med en omdannet gabbroid bergart er iaktatt i

strøket ved Grime, et par mil nord for Røykenvik, og et felt med mer eller mindre masseformet grov granitt (med inneslutninger av gneis) nær grunnfjellsområdets østgrense (ved Nyberg m.v.) vest for Raufoss (angitt på rektangelkartet Gjøvik).

Ser vi til slutt på Kongsberg—Bamble-komplekset som et hele, slik det er kjent fra de typiske områder, så framtrer det struktur- og bergartsmessig som en ved en omfattende denudasjon blottlagt dypmasse i et fjellkjedestrøk. Et geologisk kartbilde som det vi ser fra Kragerø-trakten på Brit Hofseths kart, minner strukturmessig overordentlig meget om forholdene i strøk av den kaledonske fjellkjede. Ser vi på de petrografiske forhold, vil vi i det av Ramberg nylig beskrevne Fosen-område på yttersiden av Trondheimsfjorden (se senere) finne en rekke likhetspunkter. Vi kunde nevne opptreden av store amfibolittmasser, av båndgneiser med veksel mellom amfibolittiske og diorittiske lag, videre av granitt i antiklinalpartier — og, av antatte sedimenter, krystallinsk kalkstein med skarn-malmer.¹

A. Bugge ser på Kongsberg—Bamble-komplekset ikke som en del av en større foldemasse, men som en forskjøvet blokk, karakterisert ved steile, parallelle strukturer (1936, s. 91, 1941, s. 236—37).² Særlig anføres forholdene i Kongsberg-området til støtte for en slik oppfatning. Det store dyp til hvilket den regelmessige, steile struktur kan følges (i grubedistriktet) kunde muligens også synes å tale mot en antakelse av at det dreier seg om en primær lag-struktur. Imidlertid er det i foldete fjellkjedestrøk ikke noen sjeldenhet å se plane, steiltstående lag av tilsvarende vertikal utstrekning. Det kan bl. a. iakttas i det kaledonske strøk i Norge, hvor vi f. eks. i Sunndalen, like nedenfor Gjora, har nesten loddrette, plane lag av kvartsitt, hornblendeskifer m. v. stående til topps i de tusen meter høye dalsider. Det skal i denne forbindelse nevnes at

¹ Etter at ovenstående var skrevet, har Ramberg meddelt at han også har påvist typisk hyperitt på Fosen-halvøya.

² I den sistnevnte summariske oversikt skriver han at det er sannsynlig „at den av de orogenetiske bevegelser uberørte Kongsberg—Bamble-formasjon er kilt inn fra fjernere liggende trakter, hvor den har vært uberørt både av den skandinaviske og den gotiske forgneising“.

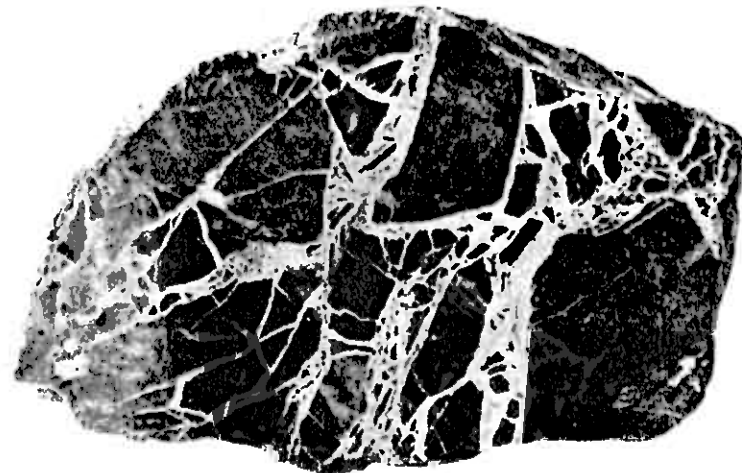


Fig. 37. Breksje-bergart fra „den store breksje-sone“, vest for Sokna st. (NV Hønefoss). Vi ser stykker av en finkornet mørk oppknusningsbergart som igjen er brutt istykker, med kvarts avsatt på sprekkene. Etter A. Bugge.

på Kjerulfs profil over Kongsberg-feltet er tydelige folder inn-tegnet langt øst (gjengitt på profilet, pl. 3).

Før vi går over til å omtale fjellgrunnen i vestligere trakter, skal vi se litt på forholdene ved den av A. Bugge påviste bruddlinje med dens storartete oppbrytningsfenomener, — slik den opptrer i strøket Kristiansand—Sperillen — „den store breksje“. Det dreier seg her om en mektig brudd-sone med en bredde på oftest 50—300 m. Breksjen har gjerne en skarpere grense mot vest og er mer overgangsaktig mot øst. Sonens fall synes i nord å være steilt østlig, i syd noe flatere, sydøstlig. Det har foregått forstyrrelser til forskjellige tider. Det kan utskilles en eldste fase med finknusning, mylonittisering, av de forhåndenværende bergarter, og en yngre da den mylonittiske bergart ble brutt i stykker og kittet sammen med kvartsmateriale. Til slutt har det foregått en oppdeling av breksjemassen langs steile forskyvningsflater, med omdannelse av materialet langs sprekkene til en leiraktig substans. Vi skal senere komme inn på spørsmålet om breksjens alder.

Som tilfellet gjerne er med breksjesoner, markeres den ofte av forsenkninger i terrenget, og så vel i Sørlandsområdet

som vest for Oslo-feltet ligger — på lange strekninger — daler, elver og sjøer nettopp i oppbrytnings-sonen (eksempel Toppdalselven og Vegårdsvatn i sydlige strøk, Kolsjø—Hengsvatn på Kongsbergbladet m. v.).

Telemark-formasjonen.

Dette kompleks danner undergrunnen i mesteparten av Telemarksbygdene. Hovedområdet har i det vesentlige en bred synklinalstruktur, med fall fra grensen og innover, og sterkt vekslende strøkretninger i de sentrale deler. Mot nord deler feltet i sin karakteristiske utvikling seg opp i fliker, med overveiende N—S-retning. En utløper går også sydover i det sydøstre hjørne, hvor bergmassen gjennomsettes av Oslo-feltets dyperuptiver. Komplekset er sannsynligvis representert ved rester også langt i vest, i det indre Hardanger (bl. a. ved Sørfjorden) m. v.

Helt fra den første mer inngående utforskning av Telemarksstrøkene. — ved Keilhau og senere T. Dahll, var det klart at kvartsitter (med konglomerat-soner) spiller en stor rolle. Også porfyr-bergarter opptrer som en karakteristisk bestanddel, og Werenskiöld, som har gitt den første mer inngående oversikt over fjellbygningene (1910), kunde påvise at porfyriske eller porfyr-liknende finkornige bergarter („porfyroider“) — som må oppfattes som vulkanske dagbergarter — utgjør det eldste hovedledd i visse strøk. I nyere tid er mer omfattende undersøkelser foretatt av C. Bugge for sydligere deler av området (1931), og meget detaljerte studier over Gausta-trakten er utført av Dorothy Wyckoff (1934). I de seneste år har Neumann drevet undersøkelser på Kviteseid-bladet, og noen korte meddelelser er gitt (1943, 1944 a).

Vi skal først se på det sentralt beliggende *Gausta-område*, hvor bergartene opptrer med sine primære karakterer for-



Fig. 38. Utpreget lagdelt tuff-bergart fra Gausta-området. Etter

innsprengninger av feltspat og (sjeldnere) kvarts. I to hovedgrupper, som etter sin opprinnelse kan holdesvis tuff- og lavagruppen. Til den første hører of- fagete eller båndete bergarter (som bl. a. forekommer fossens leie), med avvekslende mørkere og lysere farg. I mikroskop viser disse bergarter til dels meget tyde- stykkekarakter og er utvilsomt å oppfatte som vulka- bergarter, altså som utkastet vulkan-materiale.

De vanligste bergarter av porfyroid-serien er lava- Det er en rik variasjon av typer, fra mørke, mas- — disse viser ofte flyte-strukturer — til lyse berga feltspat- og også kvarts-innsprengninger på opp til et- meters størrelse. Det forekommer også lyse, ikke p flintaktige typer med sterkt vekslende farger, i grønt Disse typer viser ofte kuleliknende strukturer med ko- bygde klumper av størrelse opp til én eller et par

vin, which was formed in 1948. Reserves of several hundred million tonnes with 49% Fe₂O₃. Follidal and Lefdal mines are operated by Follidals Jernverk.

Chemical and mineralogical composition (wt %) of olivine

42.24	Forsterite	91.3
0.45	Enstatite	6.8
0.45	Serpentine	0.9
6.35		
0.18	Chromite	0.7
50.25	Spinel	0.4
0.05		
0		

Chemical and mineralogical composition of the olivine is shown in Table 4. Traces of talc occur in the olivine, restricted to the faulted zones. Serpentine is present in amounts of less than 1%. Small amounts of chromite occur. The olivine often contains Ni. Green transparent crystals of olivine are commonly found.

Geological anomalies over the Åheim ultramafic body include eastward extension of the body at depth.¹³ The volume is estimated to be 25–30 km³.

They described the dunite and associated eclogite as mantle-derived massifs, metamorphosed under physical conditions of eclogite and granulite facies.

anorthosites

They occur in vast amounts within the Pre-Cambrian Thrust Complex in the Caledonides near Follidal. The plagioclase composition varies from anorthite to bytownite. The deposits at Gudvangen are mostly produced for use as a white aggregate for buildings and roads. The production at Gudvangen was 50 000 tonnes in 1974. The anorthosite contains 28–32% Al₂O₃, extractable by acid leaching and use as raw material for the Norwegian aluminium industry is presently being studied. Two types of anorthosite occur—a coarse-grained type and a finer-grained, metamorphic type containing plagioclase and a few per cent of quartz. The coarse-grained type is especially well suited for road-building because of its high strength.

The region with large amounts of anorthosite is the Follidal and anorthosite complex on the southwest coast. The feldspar is an andesine with 25% Al₂O₃, which makes it less suited as raw material for aluminium than the Gudvangen material. There are two quarries—the production of white-coloured aggregates for abrasives in scouring powder, operated by A/S Norwegian Talc and Follidal Verk.

Kongsberg-Bamble Complex

Arendal skarn iron ore deposits

The Norwegian iron industry was established in the latter part of the sixteenth century, when the first small iron works were erected in the Arendal district on the southeast coast of Norway. In the middle of the eighteenth century there were 18 iron works with 22 smelting furnaces. The iron works obtained most of their ore from several small iron ore deposits in the district.

From 1850 the production declined and during the years 1860–70 most of the iron works and the mines were closed. The last mine to be abandoned, Braastad, was closed in 1975. The total production up to the end of the nineteenth century was 1 300 000 tonnes of pig iron and 3 500 000 tonnes of iron ore. Reserves of about 1 000 000 tonnes of ore remain at Braastad mine and the same at Klodeborg.

The mines in the Arendal district are all comparatively small. The total surface area of all the mines together amounts to less than 10 000 m². Several mines are about 100 m deep. The deepest are Klodeborg (247 m) and Morefjaer (226 m).

The iron ore deposits occur in close association with limestones, which are intercalated in a series of quartzites, quartz-plagioclase gneisses, quartz-microcline gneisses and amphibolites. The quartz-plagioclase gneisses are meta-greywackes with some meta-dacites and meta-basalts. The quartz-microcline gneisses are meta-rhyolites. Sills and dykes of meta-dolerite are also common (hyperite dykes).

The limestones occur in long, narrow zones near the coast, and it is evident that they once had a wider distribution but are preserved only in the cores of folds. There are transitional zones between the limestones and the skarn, and the mineral paragenesis of the skarn indicates that it is a reaction skarn between pre-existing rocks.^{15, 16}

There are several more or less parallel limestone zones that contain skarn and iron ore deposits. They are thought to represent a single stratigraphic horizon, which has been isoclinally folded with the other rocks of the supracrustal complex. It is therefore considered that the protore, from which the present deposits were derived, was of sedimentary origin. The results of an aeromagnetic survey and ground work are also in accordance with such a view. This old isoclinal folding was more or less obliterated during the later deep-seated metamorphism, which was accompanied by deformation about steeper fold axes with a plastic deformation style.

The old mines are usually 25–75 m long and 2–5 m wide. The dip is steep to the southeast, whereas the long axes of the mines pitch steeply towards the south or southwest. Modern mining operations at Braastad and Klodeborg have clearly demonstrated that the orebodies form more continuous layers than is apparent from the old maps.

Most of the mines are situated in the transitional zone between amphibolite and granulite facies. The deposits are famous for their large variety of minerals, some of which were first described from these deposits (more than 60 minerals have been described so far). The oldest skarn consists of garnet, pyroxene, scapolite, plagioclase and vesuvianite. It has a granular, coarse-grained texture and was formed as a reaction skarn contemporaneously with the Arendal charnockites (arendalites) under the highest pressure-temperature conditions observed in the Kongsberg-Bamble area. In areas of granulite facies metamorphism, both garnet and pyroxene exhibit great variation in their range of composition. In addition to the grossularite-andradite constituents, MnO, FeO and MgO are present in the garnet, and the pyroxene contains Al_2O_3 and Fe_2O_3 . Calcite and plagioclase did not occur together in the skarn at this metamorphic stage but reacted with the formation of scapolite in isometric grains. The vesuvianite commonly contains a small amount of boron.

In amphibolite facies areas the oldest skarn consists of hornblende-plagioclase rocks or, more unusually, of andradite-diopside-scapolite skarn.

The formation of younger skarn took place under retrograde metamorphic conditions and a distinct thermal facies variation is found. An epidote stage followed by prehnite stage, sulphide stage and zeolite stage have been distinguished.^{17, 18}

Fahlband deposits

Fahlbands are elongated schistose zones impregnated with sulphides, which often extend for hundreds of metres, or even for several kilometres, parallel or sub-parallel to the strike of the surrounding gneisses and migmatites. They measure between a few and several hundred metres in thickness. The sulphides are mainly pyrite and pyrrhotite, but more valuable sulphides, such as chalcopryrite, sphalerite, galena and cobaltite, are present locally.

The name *fahlband* is an old one and was probably first used centuries ago to denote pyrite-bearing schistose zones in the Kongsberg silver mine district (these deposits are treated in the section on the Permian mineral deposits).

Controversial views are held as to the origin of the fahlbands. Where they are concordant in folded supracrustal rocks they are considered to be of syngenetic origin, formed either by exhalative processes or by biological action, but where they extend parallel to schistosity planes or in rare cases cut across the sedimentary banding they are hydrothermal in origin.

The fahlbands are found in several areas in the Kongsberg-Bamble region and are thought to be of Svecokarelian age. Most of them are only slightly mineralized and unimportant from an economic point of view. Only two areas are described here.

Modum cobalt mines The Modum cobalt deposits were

discovered in 1772 and mined until 1898, when decreasing prices and the lower grade of the ore rendered further mining unprofitable. Modum Blåfarveverk (Modum dye industry) was for nearly a hundred years one of the most important industries in Norway, with 2000 employees at its peak. The crude ore averaged 0.08–0.1% Co and 0.15% Cu. It was hand sorted to obtain a concentrate of 3.0% Co.

There are two cobalt fahlbands in the district.¹⁹ The most important is 11 km long and reaches a thickness of 100–400 m. They occur within the folded supracrustal series, which comprises bands of amphibolite, sillimanite-cordierite-bearing quartzites and mica schists.

The ore minerals are pyrrhotite, pyrite, chalcopryrite, cobaltiferous arsenopyrite (danaite) and skutterudite (CoAs_3) with sporadic native bismuth, copper and molybdenite. The Co/Ni ratio of the ore is about 5, and the As/Co ratio 10. A low-grade uranium content in the fahlbands has been investigated in the southern part of the fahlband, but the reserves are small and of minor importance.

A brecciated albitite zone is always found in the neighbourhood of the deposits. Jøsang²⁰ suggested that the sulphide minerals were precipitated from hydrothermal solutions rising along the breccia zone. Other workers have proposed that the ores were deposited from water seeping downwards from a Precambrian land surface above.¹⁹ The strata-bound nature of the deposits and the long extension of the fahlbands favours, on the other hand, a sedimentary, volcanic-exhalative genesis.

Froland copper mines Two small abandoned copper mines—*Bøylestad* and *Skytmyr*—are situated within a fahlband 10 km northwest of Arendal. The band strikes NNE–SSW and dips 60–90°E. It can be traced for more than 10 km and is 10–100 m wide. Banded gneiss, amphibolite and granitic gneiss occur within the fahlband. The sulphide content is usually low, and the fahlband is sometimes split up into narrow parallel bands. The cupriferous zone between the mines is about 3 km long.

The ore minerals are chalcopryrite, sphalerite, pyrrhotite, galena and a little pyrite. The dominant gangue minerals are calcite, epidote and graphite.

Bøylestad mine is 200 m long and 120 m deep and Skytmyr 340 m long and 180 m deep. The ore probably contained 1–1.5% Cu, but was upgraded to 6–8% Cu by hand sorting. The ore was smelted to blister copper at Bøylestad. The total production is not known, but was probably of the order of 5000 tonnes of copper.

Apatite-bearing iron ore deposits

Iron ore deposits containing apatite occur in acid to intermediate metavolcanics in the Softestad area 80 km north of Arendal and the Lyngrot-Solberg area 10 km north of Arendal.

Søftestad iron mine on the eastern side of Lake Nisser is in a small magnetite-hematite deposit averaging 55% Fe and 1–2.5% P. The orebody is 450 m long and 1–3 m wide. It is tabular in form with a 40° easterly dip and a north-south strike parallel to the foliation of the surrounding rocks. It consists in the northern part of two parallel lenses.

Magnetite and hematite are generally present in about equal amounts, but the hematite content is locally as low as 1%. The apatite is a fluorapatite with a small percentage of yttrium. The gangue minerals are feldspar, amphibole (magnesio-hastingsite), clinopyroxene, quartz and calcite. Reserves are of the order of 500 000 tonnes at 55% Fe and 1.7% P. Production was 35 000–50 000 tonnes per year. The orebody is cut by granite pegmatites of two generations and also by camptonite dykes and a few calcite-chlorite-filled fissures.

The Precambrian *Søftestad* gneiss,^{21, 22} in which the deposit is situated, is a quartz-hornblende-biotite gneiss of andesitic and dacitic composition. There are several points of resemblance between the *Søftestad* deposit and the much larger Gällivare apatite-magnetite ore deposit in northern Sweden (see Grip, this volume). The mode of formation is considered to be magmatic.

Mining operations took place between 1920 and 1965 and started after a railroad was built from Arendal to the south side of Lake Nisser.

The iron mines of the *Solberg-Lyngrot* area north of Arendal are situated within a folded series of gneisses, amphibolites and granites. They furnished the old iron works with high-grade magnetite ore, but were abandoned about 100 years ago. There are several small mines in the area between Lyngrot mine in the southwest and Solberg mine in the northeast. The phosphorus content varies from 0.1 to 1.0%. The deposits consist of small veins of magnetite ore, 0.1–0.2 m wide, cutting the granites with no reaction zones or skarn minerals.

A low-grade dissemination of magnetite is very common in the surrounding medium-grained granite as well as in the granite pegmatites, where there are also irregular aggregates of magnetite up to several cm in diameter. The deposits support the idea of residual magmatic melts rich in iron oxides.

Titaniferous iron ore deposits in gabbros

Ilmenomagnetite deposits are frequently encountered in the layered gabbros and amphibolites of southern Norway and small-scale mining has taken place at several of them. Some of this titaniferous ore was often added to the skarn ore in the old iron works of the Arendal district.

The deposits consist of ilmenomagnetite and ilmenite, which form oxide-rich layers in the gabbros. The grade and quality vary within wide limits. Resources are probably large, but the grade is low. The vanadium

content varies from about 0.2 to 0.6% V_2O_5 in the concentrate, but is up to 0.8–0.9% V_2O_5 in a few deposits in the Risør district. *Staaljern* mine in Gjerstad produced ore with 50% Fe and 8% TiO_2 , and *Gomø* mines at Kragerø ore with 50% Fe and 2–3% TiO_2 .

There are several similar occurrences of titaniferous iron ore in the gabbros of the south and west coast regions, but the only deposit of this type to be mined at present is Rødsand mine, on the northwest side of the Caledonides.

It is possible, but not proved, that the deposits on both the southeastern and northwestern sides of the Caledonides belong to the Sveconorwegian orogenic belt.

Other mineral deposits

A number of rare rocks and mineral deposits in the Kragerø and Modum areas are interpreted as late magmatic differentiation products of a leuconoritic magma.^{16, 23} The group includes albitites and numerous deposits and small disused mines of rutile, hematite, magnetite and apatite. The mode of occurrence suggests the existence of melts derived from mafic magmas in the deep crust. The present author maintains that a genetic relationship exists between these rocks and the rocks and mineral deposits of the Egersund anorthosite complex. The paragenesis rutile-hematite-magnetite in the Kragerø area suggests more oxidizing conditions than in the Egersund region, where ilmenite and magnetite are the typical ore minerals. The anorthosite complex has an easterly extension along the root zone of the Kongsberg-Bamble region. The feldspathic magmas and the associated differentiation products were generated at great depth in Sveconorwegian (Grenville) times, and a westward continuation is found on the Labrador coastal area of Canada.

Apatite-rutile deposits Hundreds of small apatite-rutile veins are distributed along the south coast of Norway, notably between Langesund and Arendal. They are mostly too small to allow exploitation today and less than 50 of them have been mined. Production was mainly in the period from 1850 to 1900, but there was some small-scale mining during and shortly after the first world war, because of a shortage of phosphate at that time. The total production of phosphate was about 250 000 tonnes. The deposits also provided most of the world's supplies of rutile a hundred years ago, though the yearly production amounted to only 15–20 tonnes. Many of the deposits contain very little rutile. Perhaps the richest was the *Fogne* mine, Gjerstad, which produced 1 tonne of rutile for every 2–3 tonnes of apatite.

The deposits have the form of dykes or veins associated with olivine hyperite massifs. Most of them are within the igneous rocks, but some dykes are observed in gneisses up to 100 m away from the boundaries of the hyperites. The dykes range from a few centimetres up to several metres in width and are

10–100 m long. The chlorapatite is concentrated in the centres of the dykes, and is surrounded by a zone of low-grade apatite ore in an aggregate of phlogopite, enstatite and scapolite.

Wallrock alteration is a characteristic feature of the deposits. The dykes are surrounded by a marginal zone (*salband*) of scapolite-amphibole rock (*ødegårdite*). The width of this reaction zone is usually proportional to the width of the dyke.

(containing 3–4% Ni), chalcopyrite and pyrite. The phlogopite contains about 0.5% V_2O_5 . The K-Ar age of the phlogopite is 1040 m.y.

Rutile-albite deposits Dykes of rutile-bearing albitites (*kragerøite*) are widespread in the coastal area from Langesund to Kragerø,²⁵ but only in the *Lindvik-kollen* deposit, 2 km west of Kragerø, has an orebody of commercial size and grade been found. The mine was operated intermittently during the period 1901–50 and

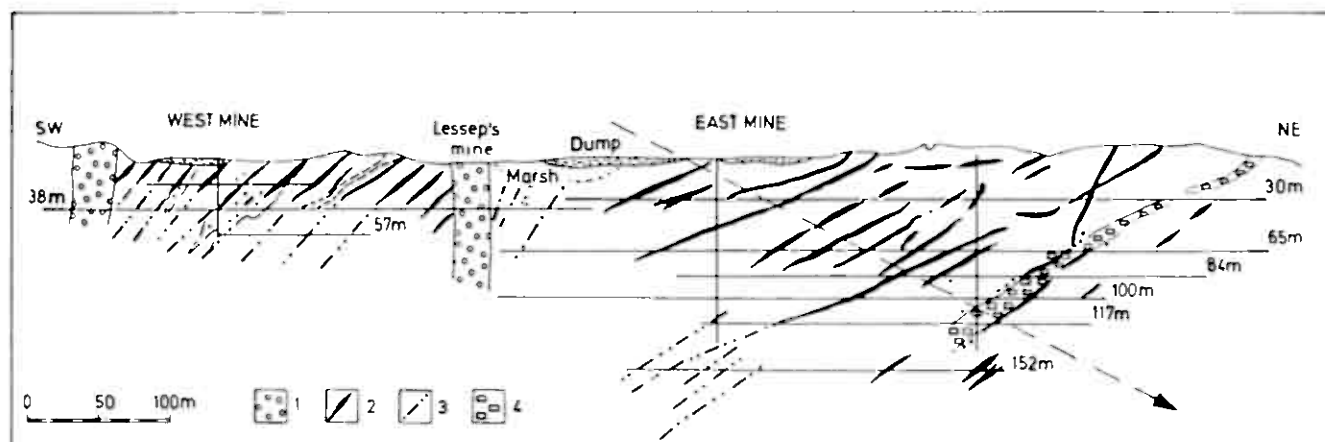


Fig. 7 Ødegården apatite mine, Bamble: 1, granite pegmatite; 2, apatite ore; 3, phlogopite-enstatite vein; 4, oligoclase dyke. Arrow shows plunge of vein system towards ENE

Ødegården mine at Bamble (Fig. 7) was the most important of the apatite deposits. The total production from 1872 to 1918 was 160 000 tonnes of apatite, obtained from 525 000 tonnes of crude ore. The deposit was reinvestigated a few years ago on account of its rare-earth element content. The apatite has an unusually high content of yttrium (3000 ppm) and rare-earth elements. The potential reserves of apatite were calculated to be 150 000 tonnes.

Ødegården mine is situated in a scapolite-bearing meta-gabbro, 2 km long and 50–300 m wide, in a series of banded metavolcanic amphibolites with a few layers of quartzite and cordierite-sillimanite-mica schist. The apatite ore takes the form of dykes of apatite-phlogopite rock cutting the meta-gabbro with a northwesterly strike and southwesterly dip of 25–45° (Fig. 7). They have been injected along a system of sub-parallel tension cracks. The dykes are generally less than 1 m in width, but occasionally measure up to 8 m. They become narrower along the strike and downdip and grade into veins of phlogopite-enstatite rock.

There are two varieties of apatite²¹—one golden yellow with a high chlorine content of 6%, the other a yellowish-white apatite with only 1.7% Cl. The stable isotope ratio is nearly constant ($^{35}\text{Cl}/^{36}\text{Cl}=3.129$) and indicates a high temperature of crystallization (well above 700°C). Other phosphates present in small amounts include the magnesium phosphate wagnerite and the cerium phosphate monazite. Accessory sulphides are pyrrhotite with microscopic lamellae of pentlandite

produced about 3000 tonnes of rutile concentrate. The annual production during the years of operation varied from 60 to 100 tonnes. The albitite dyke, which intrudes amphibolites and pyroxene granulites, is 300–400 m long, dipping 45–50° to the south, and bifurcates towards the west.

The albitite is white with brown spots of rutile. The average grain size is 1–3 mm. The major minerals are albite 85–90%, microcline 1–3%, quartz and biotite less than 1%. Diopside and tourmaline-bearing varieties occur locally. Rutile commonly amounts to 1–3%, but reaches 5–8% in the central parts of the dykes. In one locality a band 0.3–1.5 m wide averaged 25–30% rutile. A S Sydvaranger recently calculated the reserves to be 3 000 000 tonnes of *kragerøite* with 2% rutile.

Lange magnetite deposits A number of fissure vein deposits of magnetite occur on the island of Lange, 6 km northeast of Kragerø, associated with a large gabbro (olivine hyperite) intrusion. The gabbro is surrounded by amphibolites with a transitional zone of scapolite-hornblende rock formed by metasomatic transformation of pre-existing amphibolites or gabbros.²⁶ The gabbro intruded a folded series of metasediments and metavolcanics. Several carbonate-albite veins and breccia zones intersect the amphibolites. Other minerals present in the veins are quartz, rutile, hematite and magnetite. The iron ore deposits of the islands Lange and Gomoy are the largest of these veins and the only deposits that have been of economic value.

Mining started in the seventeenth century, and about 460 000 tonnes of lump ore with 45–50% Fe was produced before the mines were closed in 1869. During the years 1906–16 and 1950–60 the mines were re-opened and produced a total of 600 000 tonnes of crude ore. The main lode is 1200 m long and 3–4 m wide. The ore reserves have been calculated to be 1 000 000 tonnes, averaging 30% total Fe (25% magnetite Fe) and 0.04% P.

There are two types of ore—calcareous ore and green ore. The average mineral composition of the calcareous ore is magnetite 66%, silicates (albite, scapolite, hornblende, quartz) 11% and calcite 23%. The green ore contains about 62.5% magnetite, 35% augite and 1.6% calcite.²⁶ The ore is brecciated and contains fragments of the surrounding rocks. Hematite occurs as a major mineral in a few mines, but is usually only present in subordinate amounts.

Modum magnesite deposits Several small serpentinite bodies in the Modum area have been quarried for magnesite, mainly during the years 1900–65. The magnesite occurs as coarse idiomorphic or hypidiomorphic grains, concentrated in layers within the serpentinite bodies.²⁰ Remnants of olivine have also been found in the serpentinite.

The serpentinites occur as elongated lenses up to 100 m long and 2–20 m in width. They wedge out rapidly in depth, and the open-pit mines that have been developed are rarely more than 20 m deep. They occur in a folded series of metasediments, with quartz-phlogopite-hematite schists above and quartzites with anthophyllite below. Anthophyllite-cordierite rocks form a narrow layer immediately below the magnesite horizons. Breccia zones and dykes of albite, albite-amphibole rock and albite pegmatite are common in the area and in the near surroundings of the deposits.

Jøsang²⁰ interpreted the deposits as metamorphosed sedimentary dolomites. The present author, on the other hand, favours a magmatic genesis on the basis of the mode of occurrence and the close spatial relations between the magnesite-serpentinite bodies and the albitites that he regards as magmatic differentiates of a deep-seated basaltic magma.

Kragerø dolomite deposits Several small fissure vein deposits are associated with meta-gabbros in the Kragerø district, a few of which have been quarried. One of them is the Åsen gabbro massif, situated 3 km west of Kragerø. The gabbro is strongly fractured, simulating explosion breccias, and the fissures are occupied by carbonates.²⁵ Dolomite occurs in the core, and calcite in the outer zones. Fragments of meta-gabbro and gneiss from the neighbouring rocks are commonly found in the breccias. A few of the largest carbonate dykes have been mined for industrial use.

These small deposits at Kragerø are no longer of economic importance. They are minute compared with the very much larger sedimentary dolomite layers in the Caledonides of northern Norway, which are

quarried for industrial use, but they represent a magmatic type of carbonate rocks of considerable scientific interest, consanguineous with the other deposits described in this section.

Ilmenite deposits of Egersund anorthosite province

The ilmenite deposits of the Egersund area on the southwest coast of Norway (Fig. 8) are among the largest and most important of their kind in Europe. Mining of ilmenite-magnetite ore for the iron industry in the Egersund area was started in the eighteenth century. Most of the production from the Koldal and Blåfjell mines dates from the period 1864–76, but small-scale mining continued until 1918. Modern mining was started in 1918 at the Storgangen deposit. This mine was operated from 1918 to 1965 and yielded 12 000 000 tonnes of ore with 17% TiO₂ and 20% Fe. A further 60 000 000 tonnes has been proved by diamond drilling. A/S Titania started systematic exploration work in 1950. Geological fieldwork during the first few years was followed up by airborne geophysics in 1954. The large Tellnes deposit, with proved reserves above 300 000 000 tonnes of ore averaging 18% TiO₂, was discovered in 1954 and put into operation in 1960. The current production (1975) is 840 000 tonnes of ilmenite concentrate and 46 000 tonnes of magnetite concentrate with 65% Fe and 0.6% V₂O₅ per year, all from Tellnes. The sulphur content of the ore averages 0.2–0.3%. The sulphides are concentrated by flotation to give 13 000 tonnes of sulphides per year, containing 4.5% Ni, 1.6% Cu and 0.8% Co.

The anorthosite province covers 1000 km², two-thirds of which are underlain by andesine anorthosites and leuconorites and the remainder by norites and mangerites. The province is surrounded by gneisses and migmatites made up of granitized metasediments and banded gneisses with interbedded basic intrusions. The rocks of the area have been exposed to high-grade metamorphism in the katazone of the Sveconorwegian orogen.

In his remarkable pioneer work Kolderup²⁷ introduced several new rock names, which are now generally accepted, to define varieties of hypersthene-bearing dioritic and granitic rocks. The present description is based on Barth,²⁸ several papers by P. Michot and co-workers and the present author's work during the exploration period 1950–56. H. Krause and his co-workers have published several important papers on the ore deposits and their genesis during the period 1970–78.

General geology

The Egersund-Ogna massif (Fig. 8) is composed of anorthosite and represents the oldest rock of the suite. The massif is slightly dome-shaped and dips below the surrounding rocks. The amount of ferromagnesian

A
B
CD
E
F
G
H
IJ
K
L
M
N
O
PQ
R
S
T
U
V W
XY Z
AA O

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V W	
XY Z	
AA O	

museum, Oslo (5), i nært samarbeid med IFA, SI, FF, NTH og NGU.*)

Grafitlagets mineralogiske sammensetning er vist ved tabell under, og er et gjennomsnitt av en rekke kanalprøver. Enkelte prøver kan variere meget fra tabellen.

Kvarts	35 %
Glimmer (mørk)	35 %
Feltspat	15 %
Grafit	7 %
Ertser	8 %

Ertsfraksjonen utgjøres hovedsakelig av magnetkis. Videre er funnet rutil, spinell, svovelkis, sinkblende og uraninitt. Den umagnetiske del av tungfraksjonen inneholder ca. 0,5 % U. Uraninittkornene opptreer statistisk i bergarten og er såvidt store at friknusing er tilnærmet fullstendig ved nedmaling til — 100 mesh. Uraninnholdet varierer fra ca. 30—200 g pr. tonn. Bestemmelsene er hovedsakelig kjemiske. Beregning av forrådene er vanskelig, dels på grunn av de geologiske forhold, dels på grunn av varierende uraninnhold. Videre kommer det forhold inn at resultatene er forskjellige fra samme prøve analysert ved forskjellige laboratorier.

Dr. Neumann anslår forrådene til å være:

Tonn påvist malm	19,0 (32,5)
Tonn uran sannsynlig malm	70,3 (104,7)
Tonn uran mulig malm	50,1 (88,3)

Tallet i første kolonne er basert på kjemiske analyser og betraktes som minimumsverdier. Tallene i parentes baseres på G.—M.-målinger. Dr. Neumann anser de siste tallene for de mest sannsynlige.

Drivverdigheiten av forekomsten vil avhenge av produksjonsomkostningene og videre av de to hovedprodukter glimmermel og grafit. Uran vil i økonomisk henseende spille liten rolle med de priser som er for uran i dag.

*) IFA Institutt For Atomenergi.

SI Sentralinstitutt for Industriell Forskning.

FF Forsvarets Forskningsinstitutt.

NTH Norges Tekniske Høgskole.

NGU Norges geologiske undersøkelse.

Uranundersøkelsene ved Knaben Molybdængruber.

Norges geologiske undersøkelse foretok i oktober 1955 en undersøkelse av uranmineraliseringen i Knaben Molybdængruber. Undersøkelsene ble ledet av statsgeolog Thor Siggerud, mens laboratoriarbeidet ble utført ved T. van Autenboer (14).

Bakgrunnen på Knaben er 0,025 MR/hr, ca. 4—5 ganger det man ellers finner. Aktiviteten i gruben ble funnet fra 0,03—0,015. Store deler av gruben viste 0,05—0,07, mens andre partier viste ca. 0,1 MR/hr. Dette siste svarer til ca. 100 g pr. tonn, forutsatt at all radioaktivitet kommer fra uran (undersøkelsene er foretatt med PRI-scintillometer). Den laveste bakgrunn ble funnet i amfibolitt, høyest i noe kisimpregnert bergart.

Undersøkelser i dagen viser tildels store variasjoner innen samme bergartstype, enkelte ganger større enn mellom forskjellige bergarter.

I slammet fra vaskeriet viser det seg at det blir en anrikning av radioaktivitet fra mineraler i tungfraksjonen. Aktiviteten går opptil 1 MR/hr. Tungfraksjonen ble undersøkt i laboratoriet og følgende radioaktive mineraler ble funnet: uraninitt, monasitt og xenotim.

Uraninitt finnes i små terninger foruten pyritoedre. Noen terninger inneholder svovelkis i sammenvoksning med uraninitt. Siggerud anser det ikke usannsynlig at uraninitt er utbyttet med svovelkis (pseudomorfose). Monasitt forekommer i avrundete korn ved store inneslutninger. Xenotim opptreer i krystaller. Røntgenundersøkelser viser at i denne uraninitt er den indre struktur noe forskjellig i forhold til en normal uraninitt. Det ble således antatt at uraninitten holdt ca. 10—15 % thorium-oksyd, og om dette er riktig, må en tro en har en mesotermal dannelse.

Selvom hele området er noe mere radioaktivt enn tilsvarende granitt-områder andre steder i landet, er det lite trolig at de urankonsentrasjoner en kan oppnå vil få noen økonomisk betydning.

Modum — Snarum, Buskerud.

I traktene Modum — Snarum arbeidet i årene 1955—56 et team fra NGU med en undersøkelse over de radioaktive anomalier innen området. Teamet besto av statsgeologene Siggerud og Skjerlie samt assistentene Erikson, Wiik og Van Autenboer. Laboratoriarbeidet ble i all vesentlighet utført av sistnevnte, likeledes den avsluttende rapport (25).

Geologisk hører området til Kongsberg — Bamble-komplekset med bergartstyper som utgjøres av amfibolitter, kvartsitter og forskjellige gneistyper med hovedstrøk N-S. Videre er det en rekke pegmatitter innen området.

Fahlbånd med strøk N-S og steilt fall kan følges på begge sider av Snarum-elven. Den betydeligste av sonene ligger på vestsiden og kan følges i ca. 10 km med en maksimal bredde på 150 m. I denne hovedsone ble det i årene 1776—1898 drevet en intens grubedrift på kobolt.

Radioaktive anomalier ble funnet over hele området, men ingen så store at de har økonomisk interesse.

I fahlbåndsonene er det vanligvis høyere aktivitet enn i omgivende bergart, ca. 5—10 ganger. Lokalt ble det funnet prøver med 0,3 % U. I samme prøve var det også et høyt innhold av kobolt.

Rosenqvist har påvist (11) en avtagende koboltmineralisering mot dypet, og teamet fra NGU kunne påvise det samme for uran.

Radioaktiviteten i fahlbåndene stammer hovedsakelig fra små kubiske uraninitt-krystaller, en mindre andel skyldes nærvær av zircon og monasitt.

Utenom fahlbåndene ble det funnet en rekke smale impregnasjoner som kun er av mineralogisk interesse.

I sprekkefyllinger i grønnskifer ble mineralet brannerite funnet for første gang i Norge, og det er beskrevet av Van Autenboer og Skjerlie (26).

I glimmerrike soner i pegmatitter ble uraninitt og kasolitt funnet.

I sprekkesoner i amfibolitt ble kubiske krystaller av uraninitt funnet, videre ble det i breksierte soner i gneis like ved pegmatitter funnet en radioaktiv anatas.

Undersøkelsene viste at en må skille mellom to mineraliseringsperioder av uran.

Den første fant sted i prekambrium, da pegmatittene ble dannet ved krystallisering av en sen-magmatisk restløsning, samtidig med en hydrotermal fase som er utkrystallisert i sprekker og breksiesoner.

Den andre og betydeligste fant sted i perm, da en Ni-Co-U-mineralisering i svakhetssoner ga opphav til fahlbåndene. Dette skjedde før de overliggende kambrosilurlag som er lite permeable, var fjernet.

Rosenqvist (11) og Vokes (27) mener at mineraliseringen fant sted i prekambrium. I en publikasjon av D. Gammon, som antagelig vil komme ut i 1967 vil det samme syn bli hevdet. (Muntlig meddelelse ved professor Vokes.) Disse tre sistnevnte publikasjoner omhandler ikke uran, som økonomisk er av mindre interesse.

Spendivegg, Kviteseid, Telemark.

Bergartsprøver i samlingene på Geologisk Museum fra de forlenget nedlagte koppar-gruver i Kviteseid, viste en meget svak radioaktivitet. Undersøkelser på de gamle berghaller og i de av gruvene som var tilgjengelige bekreftet en meget svak aktivitet.

Bearbeidelse av disse arkoselignende prøver viste at det foruten gedigent sølv og koppar, malakitt, kopparlazur, kuperitt og bornitt også var små mengder av uranvanadatene carnotitt og tyuyamunit tilstede.

Det er første gang disse to vanadater er funnet i Norge. Bearbeidelsen av materialet er utført av daværende statsgeolog Siggerud og statsgeolog Thorkildsen. En nærmere beskrivelse vil følge.

Sammenstilling.

Setter vi opp skematisk det vi vet om thorium og uranets opptreden i Norge, finner vi:

1. Thorium.

a) Thorium opptrer i Oslofeltets syenittiske til nefelinsyenittiske bergarter. De viktigste thoriumholdige mineraler en finner er

thoritt ThSiO_4

orangitt, ThSiO_4 (ifølge Goldschmidt Ce-holdig)

I tillegg til dette har en også thoriumholdig zirkon m. m.

b) Utover dette har en våre feltspat-kvartsforekomster med flere thoriumholdige mineraler, hvorav thoritt og orangitt også her er de langt viktigste.

c) Vår betydeligste thoriumreserve, som vi kjenner i dag, er Rødberget i nærheten av Ulefoss. Ertsmineralet er her et parisittlignende mineral som opptrer meget finfordelt i karbonatbergarten. Denne bergart holder også ca. 2 % Ce-jordarter og ca. 0,1 % nioboksyd.

2. Uran.

Uran synes så langt vi i dag vet å være knyttet til følgende bergarter i Norge:

a) Accessorisk i eruptivbergarter (granitter, gneiser m. m.).

Eksempler: Iddefjordsgranitten og prekambriske gneiser, f. eks. ved Knaben osv.

A

B

CD

E

F

G

H

IJ

K

L

M

N

O

PQ

R

S

T

U

V

W

XY

Z

AA

O

English summary.

Kongsberg Silver Mines were worked practically continuously from 1623 to 1955. I was employed as mine surveyor and geologist for a period of 25 years and during that time carried out comprehensive geological mapping of the mines and the Kongsberg area as a whole. In addition, I have gone through the large collection of records of inspections and investigations, mine descriptions, maps and literature covering the whole of the long period of operations.

The results of my studies have been presented in two typewritten reports, totalling 316 pages and including 57 geological maps and profiles. In these reports are given general descriptions of the silver deposits and of the mining activity which has taken place. In addition there are included detailed short summaries of the history of each mine, based on the old records.

After the Silver Mines were closed down in 1955, all the literature, including the old records and maps, were distributed amongst various institutions — the Geological Survey of Norway, Trondheim, the National Archives and the University Library in Oslo. Those wishing to study this literature must necessarily visit all these places.

In order to simplify the task of those seeking information concerning the Kongsberg Silver Mines, I have in this publication prepared an informative review of the history of mining. There is also given a list of the contents of the above-mentioned records, as well as information regarding the bibliography of the Kongsberg Silver Mines.

I have chosen to divide up the history of the mining into periods of time which correspond to improvements in technical efficiency, expansion of operations and accompanying increased understanding of the silver deposits.

1623—1685. During this period it was not possible, with the primitive methods of working available, to follow the silver — bearing veins deeper than about 50—60 metres (max. 140 m.). The silver often gave out in the E—W striking veins, both along the strike and in depth, and technically the means of looking for new silver-bearing veins to the north or the south were very limited. The King at the time, as supreme head of the operations, was therefore faced with the choice of either closing down the mines, or of modernising them technically. He chose the latter course and called in German miners to plan new mining operations.

1685—1805. A high technical level was developed and maintained during this period. Water power was provided to drive water-wheels at the mines for hoisting, and adits were driven to all mines, where technically and economically feasible, in order to provide drainage for water driving wheels installed down the actual shafts. Indeed, by utilising pumps, it was even possible to place a water-wheel in a shaft below the level of the drainage adit.

Thus it became technically possible to sink shafts to quite considerable depths and from these long cross-cuts could be driven to north and south.

The fact that the direction of plunge of the vein-system in depth (en echelon) is opposite to the direction of dip of the individual veins was discovered at this time. With one exception (Samuel mine) the veins at all the mines dip 60—80° to the south, so that the vein-systems plunge to the north. Rich silver deposits were discovered by following the rule expressing this fact and formulated thus: when a vein disappears in depth, search for a new one deeper and to the north.

Valuable deposits were thus found and mined, but these veins also narrowed down, disappeared or lost their silver contents in depth, and in spite of considerable amounts of exploration work, mine after mine had to be abandoned.

There were still very promising possibilities at several of the mines (Kongens, Gottes Hülfe and Haus Sachsen mines), but since it was calculated that it would take 26 years and more to drive adits to drain the water from the water-wheels, all plans to continue operations at these mines had to be given up.

In order to maintain production, mining was started at many newly discovered deposits in the district. These gave in parts good production, but eventually the silver contents diminished and disappeared in depth, and in 1805 the King decided that the silver mines should be closed down.

1805—1815. No organised work was carried out during this period, but private persons carried on scattered operations. In 1815 the Norwegian Parliament decided that mining operations should be resumed.

1815—1955. During this period the Silver Mines were worked with, for the period concerned, up to date technical methods and equipment, and rich vein-systems were found as the adits reached the areas of the old mines at depths which had previously been unattainable. The opera-

tions produced a profit over a period of many years, but eventually the vein-systems diminished in silver content or disappeared completely in depth.

Since it was thought that it was possibly due to lack of suitable methods and equipment that many of the old mines were abandoned at the end of the 18th century, exploratory work was carried out at most of these, leading however to the same negative results as earlier.

The mines were not economical when they were abandoned.

On 29th November, 1955, the Norwegian Parliament decided that the Kongsberg Silver Mines should be wound up.

Forekomstene har sannsynligvis genetisk sammenheng med den eruptive virksomheten i Oslofeltet fra Perm.

Til slutt i dette arbeidet finnes et tillegg der de enkelte forekomstene er beskrevet.

References.

- Bugge, A. 1936. Kongsberg-Bamle-Formasjonen. Norges Geol. Undersøk. No. 146.
 Bugge, J. A. W. 1943. Geological and petrographical investigations in the Kongsberg-Bamle Formation. Norges Geol. Undersøk. No. 160.
 — 1960. Skarn iron deposits in the Arendal district. International geol. congr. XXI session. Editor Joh. A. Dons.
 Føslie, S. 1925. Syd-Norges gruber og malminforekomster. Norges Geol. Undersøk. No. 126.
 Høltedahl, O. 1960. Geology of Norway. Norges Geol. Undersøk. No. 208.
 Lindgren, W. 1933. Mineral deposits. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London.
 Moorbath S. and Voltes F. M. 1963. Lead isotope abundance studies on galena occurrences in Norway. Norsk Geol. Tidsskr. Bd. 43, h. 3.
 Neumann, H. 1944. Silver deposits at Kongsberg. Norges Geol. Undersøk. No. 162.
 Oftedal, I. 1940. Untersuchungen über die Nebenstandteile von Erzmineralien Norwegischer zinkblendeführender Vorkommen. Vid. Akad. Skr. 1. Mat. Nat. Klasse. No. 8.
 Ramberg I. and Barth T. F. W. 1966. Eocambrian volcanism in southern Norway. Norsk Geol. Tidsskr. Bd. 46, h. 2.
 Vøgt, J. H. L. 1907. Über die Erzgänge zu Traag in Bamle. Zeitschr. für praktische Geologie, Juni/Juli.
 Vøgt, Th. 1908. Schwespat aus Norwegischen Vorkommen. Norsk Geol. Tidsskr., Bd. 1, h. 9.
 — 1924. Beretning om undersøkelser i somrene 1924—1928. Norges Geol. Undersøk. No. 133.
 Unpublished sources:
 Cockburn, J. 1908. Traag mines ltd. Report No. 621, Bergarkivet Norges Geol. Undersøk.
 Schutz, Fr. 1914. Sortebogen blyglans og sinkblendeforekomster. Report No. 186, Bergarkivet, Norges Geol. Undersøk.

Kongsberg Sølvverk

Ved

ARNE BUGGE

Innhold.

	Side
Innledning	66
Oversikt over bergverkets drift	67
I 1623—1685	67
II 1685—1805	78
III 1805—1815	73
IV 1815—1955	70
Bergverkets drift etter:	
Sølvverkskomisjonen av 1815	70
" " " 1833	70
" " " 1851 og 1865	71
" " " 1885	71
" " " 1903	72
" " " 1932	75
Litteratur, rapporter og karter	78
English summary	82

Innledning.

Sølvførende kalkspatganger er funnet mange steder i Kongsbergområdet, men det er kun vest for Numedalslågen mellom Kobberbergselva og Jondalselva at det er funnet ganggrupper som, med en dragnig i motsatt retning av gangenes fall, går mot stort dyp, dog ikke dypere enn til et nivå 100—200 meter lavere enn havoverflaten.

Ganggruppene, som er betegnet som *gangdrag*, faller temmelig steilt av mot dypet. Avbygningen — som i de siste driftsår foregikk med magasinrosser — har derfor krevet en nesten uavbrutt avsenkning av sjaktene.

Til å begynne med måtte arbeiderne bære opp sølv og gråberg, eller ta det opp med håndhasper, men grubene gikk allikevel hurtigere mot dypet, enn man skulle tro det var mulig med denne arbeidsmåte, og der måtte tilslutt innføres vannhjulsdrift ved grubeheisene. (Kunsthjul for vannlensing og senere Kehrrad for fordringen). Hestevandring (Hestegjøl) var — bortsett fra de første år — stadig i drift for fordring fra mindre dyp.

Vanndammer og vannledninger ble anlagt, og ved grubene ble bygget hjulstuer med kunsthjul, eller kraftoverføring med stangfelt.

Grubene kunne da avsenkes videre, men snart ble det nødvendig å bygge vannhjul nede i sjaktene. Da kom problemet med å lede driftsvannet fra sjakten frem til dagen, og stollenes fremdrift ble bestemmende for sølvverkets utvikling.

Når stoll-driften ble forsomt, gikk sølvproduksjonen ned, og når stollene ble ført frem til gangdragene, kom grubene atter i produksjon, inntil de nådde det dyp, da gangdragene — eller gangene — opphørte.

Det er derfor naturlig å inndele oversikten over Sølvverkets drift i tidsavsnitt, hvor stollenes fremdrift har vært en bestemmende faktor, så lenge der var sølv å finne ved å avsenke grubene mot dypet.

Oversikt over Bergverkets drift.

- I. 1623—1685. Primitiv drift. Grubedrift mot dypet opphørte i 50—60 m — 140 m dyp.
- II. 1685—1805. Underbergstollen ble ført frem til alle gruber nord for Samuel grube. Sølvrike gangdrag ble da funnet og avbygget mot dypet. En mengde forekomster ble også opptatt til undersøkelse og drift utenfor det gamle grubefelt mellom elvene. Alle de nyfunne forekomster ble avbygget. Man maktet ikke å føre Kristians stoll og Fredriks stoll på Overberget frem til gangdragene og Sølvverket ble nedlagt.
- III. 1805—1815. Ukontrollert drift av privatpersoner.
- IV. 1815—1955. Stoll-drift ble opptatt på Overberget, og på Underberget syd for Samuel. Rike gangdrag ble funnet og avbygget. Forekomstene utenfor det gamle grubecmrådet ble atter undersøkt, men ingen verdifull forekomst ble funnet. Gjenstående malmpartier ble utstrosset og sølvverkets drift ble av Stortinget besluttet nedlagt 29. november 1955.

I. 1623—1685.

Allerede 1630 — syv år etter det første sølvfunn — var alle de ganggrupper funnet, som har dannet grunnlaget for Sølvverkets drift. De øvrige ganger og ganggrupper, som senere er oppdaget, har nok gitt gode tilskudd til driften, men det er enten ganger som senere har vist seg å tilhøre ganggruppene (gangdragene) fra den første funnperiode, eller det er sprette ganger — og gangansamlinger — som kun har gitt lønnsom drift en forholdsvis kort tid.

Det må ha vært en begeistringens glød over de gamle bergmenn, da de oppdaget regelen om at sølvet finnes i krysset mellom gang og «fall»

(fahlbånd), og derpå i løpet av 2 år utviklet hele det drivverdige ertsfelt, inntil den store skjærper — Samuel Loss — fant Samuel grube «4 dage før sin død i pestens år 1630».

Det var kun basert på geologiske iakttagelser disse gamle skjærpere arbeidet i sin malmleting, og det nevnes spesielt at ingen sølvforekomst er funnet av ønskevistmenn.

Der fulgte en tid med rike sølvfunn i de nyoppdagede gruber, men ved grube etter grube ble sølvet borte mot dypet, og driften gikk da med underskudd.

Kongen, som var øverste driftsherre, overlot en tid driften til private, men det gikk ikke bedre da.

De kyndige bergmenn hadde lært å finne sølvet, der hvor gangene nådde opp i dagen, men mot dypet tok det lang tid å lære gangenes natur å kjenne, da avsynkningsarbeidet gikk meget langsomt så lenge man kun benyttet «hammer og bergsjern» til fjellarbeidet, og da fordring i sjaktene vesentlig ble utført med håndhasper.

Der ble nok en forbedring ved drift av orter og tverrslag, da man i siste halvdel av århundret begynte å arbeide med fyrsetning, og der ble gjort forsøk med kruttsprengning, men det hjalp lite å benytte krutt, før der 1719 innførtes Tyroler kronbor.

II. 1685—1805.

Med de primitive arbeidsmetoder hadde man oppnådd å avsenke grubene 50—60 m. (Segen Gottes grube endog 140 m), men undersøkelsesdriftene var meget forsømt, og henimot slutten av sekstenhundrede årene sto kongen foran valget: enten å nedlegge bergverksdriften, eller å modernisere den.

Han valgte det siste, og ved å følge de planer som ble fremlagt av den tyske bergmann Heinrich Slanbusch, som ble tilkalt, og senere andre dyktige tyske bergmenn, ble det skaffet vannkraft ved anlegg av vanddammer inne på fjellet og lange grøfter (flomgraver) som ledet vannet frem til grubene.

Vannledningene ble anlagt som en slags «takrennegrøfter», og i hule trestammer ble vannet ledet fra den ene til den annen side av små dal-senkninger og trykket opp til Kunsthjulene som sto i de oppmurte hjulstuer. De steder, hvor der var drevet stoller inn til sjaktene, kunne vannet også gi drivkraft til vannhjul som var bygget nede i grubene. Det forekom endog at vannet drev vannhjul under stollens nivå, og ble fra en sam-

lekum pumpet opp igjen til overkant av vannhjulet. Når disse anlegg var utført kunne orter og tverrslag drives langs ganger og faller (Fahlbånd) på de dyptliggende etasjer.

Ved undersøkelsesarbeidene ble man da oppmerksom på, at når en ganggruppe ble borte mot dypet, så fant man gangene igjen på dypere nivå ved å gå inn med tverrslag i motsatt retning av gangenes fall.

Dette ble ved alle gruber, som man da kjente, til en regel om å drive i nordlig retning. Som det også senere skal nevnes, viste gangene ved Samuel grube en unntagelse fra denne formulering av gangdragsregelen, da gangene der har steilt fall mot nord og gangdragene faller derfor mot syd.

Ved å følge gangdragsregelen fant man rike sølvforekomster mot dypet i alle gruber, hvor stollriften hadde skaffet avløp for driftsvannet, således at sjaktene kunne avsenkes til større dyp (Underbergets gruber nord for Samuel grube, og på Overberget: Gabe Gottes grube og den øverste del av Gottes Hülfe grubes gangdrag).

Da resultatet av moderniseringsarbeidet begynte å gjøre seg gjellende (ca. 1702) gikk Sølvverket inn i en overskuddsperiode som varte til 1769. Der var i denne overskuddsperiode kun et 10-årig avbrudd, vesentlig forårsaket av administrative vanskeligheter.

Slutten på overskuddsperioden ble varslet da det ved grubenes avsenkning, og etterfølgende tverrslag- og ortdrift, ble påvist, at det også ble en avslutning mot dypet for de rike gangdrag, som hadde gitt så gode forhåpninger dengang regelen ble oppdaget, om sølvets dragning «på idelig fra norden tilfallende ganger».

Det var, da sølvet ble borte mot dypet i de gamle gruber, et håp at man kunne få tilskudd fra sølvforekomstene, som i 1700 årene var funnet i skogene utenfor det gamle grubefelt.

En mengde gruber ble opptatt ved alle disse nyfunne forekomster, og der kom gode tilskudd til Sølvproduksjonen, men den sprette grube-drift ble kostbar, og også ved disse gruber måtte man erfare at sølvforekomstene tapte seg mot dypet.

Så var det tilslutt ingen annen mulighet for fortsatt drift, enn å drive frem stollene på Overberget — etter det system som var benyttet ved Underberget — således at driftsvannet fra vannhjulene kunne få avløp.

De lovende gruber ville da kunne utvikles mot dypet, således som man med så stor fordel hadde kunnet gjøre det ved Underbergets gruber.

Dette ble overveiet, men da det ble beregnet, at der ville gå 26 år for Kristians stoll kunne bli drevet frem til Kongens grube og 59 år til Gottes Hülfe grube, oppga kongen hele driften og sølvverket ble nedlagt 1805.

En vesentlig grunn til den lange driftstid, som man regnet for stollene var, at der måtte drives flere ventilasjonsjakter (Lichtloch), og det var meget tidkrevende arbeider.

III. 1805—1815.

I disse 10 år ble enkelte gruber leiet ut til private, og forøvrig foregikk der en temmelig ukontrollert drift rundt om i de øvre deler av grubene.

Man kjenner ikke produksjonen i denne tid, men det er mulig, at den drift som har foregått gir — iallfall delvis — en forklaring på at man ved den undersøkelsesdrift som ble utført i nesten alle gruber i tiden etter 1900, ikke har funnet sølv på steder, hvor der — iflg. de siste befaringsprotokoller før 1805 — kunne ventes gjenstående sølvpartier.

Der ble i nedleggelsestiden igangsatt forskjellig industri, for å holde folkene beskjeftiget (manufakturer).

Av særlig betydning var opprettelsen av et jernverk, hvorunder der også ble lagt våpenfabrikasjon, som har utviklet seg til en meget stor industri ved Kongsberg (Kongsberg Våpenfabrikk).

IV. 1815—1955.

Administrasjonen av Sølvverkets drift har i denne tid vært omtrent som for, kun med den forskjell at øverste ledelse: *Konge — Rentekammer* ble overført til *Storting — Departement*, og forslag til retningslinjer for verkets drift ble gitt av *departementsoppnevnte kommisjoner*.

Der har vært oppnevnt Sølvverkskommisjoner: 1815, 1833, 1851, 1865, 1885, 1903 og 1932.

Den følgende beskrivelse er inndelt i avsnitt mellom hver Sølvverkskommisjon.

Sølvverkskommisjonen av 1815 utarbeidet forslag til Sølvverkets gjenopptagelse og anbefalte, at man begynte med partiet Justis — Armen-, Kongens grube.

Sølvverkskommisjonen av 1833 utarbeidet en plan, som har vært grunnleggende for Sølvverkets fortsatte drift.

Etter at Fredriks stoll 1822 hadde nådd inn til Kongens grubes gangdrag ved Armen grube i ca. 230 m dyp, ble der avløp for driftsvannet fra vannhjulene nede i gruben, og sjakt- og tverrslagdrift kunne utvikles under bunnen av den gamle grube. 1832 slo man med tverrslag fra Armen grube inn på den såkalte Kongens grube hovedgang, som der var så rent

usedvanlig rik at Sølvverkskommisjonene 1851, 1865 og 1885 kunne se lyst på Sølvverkets fremtid. Høyere oppe var gangen påvist sølvforende allerede 1829.

Sølvverkskommisjonene 1851 og 1865 behandlet mest interne saker vedrørende Sølvverkets administrasjon. Både av disse og andre kommisjoners innstillinger fremgår det, at det har vært en svakhet ved administrasjonsordningen at der, mellom de faglige ledere, har vært lett for å bli uoverensstemmelser.

Sølvverkskommisjonen av 1885.

Denne kommisjon utarbeidet planer for gjenopptagelse av nedlagte gruber basert på produksjonsoppgaver, som var sammenstillet av produksjonslistene. Da de gamle produksjonslister ikke gir noen opplysning om hvor i grubene sølvet er brutt, kom kommisjonen til den feilaktige oppfatning, at gruber som hadde god produksjon frem til nedleggingsåret, var forlatt med sølvforende ganger i bunnen, og at det var tekniske driftsvanskeligheter, som var årsaken til at strossedriften ikke ble ført ned til grubens bunn.

Sølvverksdireksjonen kunne ikke være enig i, at det av driftstekniske grunner var særlig vanskelig å føre strossedriften frem på de store dyp, og den kunne ikke tro at grubene ble forlatt med sølv i bunnen, hvis vannkraften kunne utnyttes i full utstrekning.

Det har senere vist seg, at dette var en riktig oppfatning.

Som det foran er nevnt, var de fleste gangdragforekomster allerede utstrosset, og man hadde ikke, ved tverrslag- og ortdrift på dypere nivåer, kunne finne noen drivværdig fortsettelse av gangdragene.

Man trodde også — før 1805 —, at i gangdraget ved Samuel grube var strossene drevet så langt mot dypet som de sølvforende ganger gikk. Dette var dog feilaktig, da *gangene* — som en unntagelse — hadde fall mot nord. Det var derfor, i tiden etter at gruben ble gjenopptatt (1889), kun en ubetydelig stollforlengelse mot syd, som skulle til for å finne det sølvrike gangdrags fortsettelse på dypet. Dette sølvfunn ble først gjort etter 1900, da man i 10 år hadde drevet tverrslag og orter, der hvor man før nedleggelsen 1805 hadde gitt opp alt undersøkelsesarbeide.

Kommisjonen av 1885 var samlet i en for Sølvverket gylden tid, da det årlige overskudd var bestemt til kr. 500 000,—. Produksjonen, som skulle gi det budsjetterte overskudd, var på forhånd sikret av utbrutt sølv, som lå lagret i grubene i «Ertskovene». Kommisjonen kom allikevel med sine

forslag, etter de retningslinjer som kommisjonen av 1833 hadde gitt, om at man alltid måtte sørge for å utvikle nye gruber, som kunne avløse de gamle, når sølvet tok slutt. I tiden etter 1890 opphørte overskuddene på den egentlige drift, og ingen nye forekomster var påvist for å avløse de gamle gruber.

Der ble derfor 1903 oppnevnt en ny kommisjon. Kristians stoll var da ført helt frem til Haus Sachsen grube. 1855 ble den gjennomslått til Kongens grube, 1865 til Gottes Hülfe grube, 1891 til Haus Sachsen grube og 1922 ble forbindelsesstollen ferdig mellom Kristian stoll og Underberg stollen.

Sølvverkskommisjonen av 1903.

Kommisjonen skulle gi en uttalelse om Sølvverkets fremtidsmuligheter, men den fant at der ikke forelå tilstrekkelig materiale for å kunne gi en bedømmelse og uttalte, at det var nødvendig at der ved et omfattende praktisk-geologisk arbeide ble skaffet tilveie et fundament for å kunne bedømme grubenes fremtidsmuligheter.

Kommisjonen foreslo en frist av 2 år. Hvis der ikke til denne tid ble en bedring burde driften nedlegges.

I løpet av de 2 år utvikledes Samuel Grubes sydfallende gangdrag med rike strosser, og bergverksdriften kunne fortsette, men Sølvverkets ledelse tok allikevel meget alvorlig opp kravet om at der skulle skaffes tilveie et fundament for å bedømme grubenes verdi og fremtidsmuligheter.

Det ble overlatt til daværende myntmester Carl Bugge å gi en beskrivelse av Kongsbergfeltets geologi. Det meste av tiden 1909—1911 arbeidet jeg som hans assistent ved den geologiske kartlegging, og senere opptok jeg, som markskeider ved Sølvverket, et personlig studium av ertsgangene.

Ved kartlegging i grubene og utnyttelse av de gamle grubekarter, kunne jeg på nord-sydprofilene påvise at gangene hadde en draging mot dypet, således at gangdragaksen hadde fall i motsatt retning av gangenes fall.

På de aktuelle etasjer kunne der da inntegnes dette nivå's skjæring med gangdragaksen.

Bergmester Per Mortensen, som ble ansatt ved Sølvverket år 1900, hadde allerede lagt merke til at Overbergets sølvforekomster hadde en draging mot dypet, og antok at dragingen var betinget av «edle faller» som hadde en sølvutfellende innflytelse på gangene. Han antok at «fallene» lå i ertsbåndene og at de hadde uregelmessig avslutning oppad, nedad og til sidene.

Han anla etter denne oppfatning undersøkelsestverrslag uten bestemt angitt mål.

Da gangdragkonstruksjonene forelå, ble de anlagte tverrslag fortsatt til gangdragaksene, og nye tverrslag ble anlagt. Det ble oppnådd gode resultater ved denne tverrslagdrift, som ga godt håp som Sølvverkets fremtid.

Da det var en kjent sak at gangtogene hadde en særlig rik utvikling langs de nord-syd rettede «skiktningsganger», ble tverrslagene lagt langs disse ganger, som førte frem til selve gangdraget, eller til sølvforende ganger, som var utløpere fra det nærliggende gangdrag.

Først ved de etterfølgende studier av de gamle befaringsprotokoller og karter kunne jeg påvise, at «gangdragingene» hadde man forstått allerede for 150 år siden, men at denne viden ble forglemt i nedleggelsesårene, og de etterfølgende år, da den rike «Kongens grubes hovedgang» sikret en jevn og lønnsom drift.

Konstruksjonen av gangdragaksene har jeg nærmere beskrevet i Tidskrift for kjemi og Bergv. Nr. 2 1914, og Sølvverkets Bergmester Alb. Holter nevner i samme tidsskrift Nr. 1 1931, hvorledes disse konstruksjoner av gangdragaksene hadde gitt en rettleiding for undersøkelsesarbeidet. Ved 300 års jubileet så man ennå ganske lyst på Sølvverkets fremtid, men utover 1920 årene ble det klart, at de store nyfunne gangdrag i Samuel-Kongens-Gottes Hülfe og Haus Sachsen grube hadde en avtagende tendens mot dypet, og man måtte derfor vente, at de skulle få en lignende utvikling som grubene på Underberget hadde vist siste halvdel av 1700 årene. Det ble da lagt under mitt arbeidsområde — som Sølvverkets geolog — å gi en beskrivelse av den grubedrift som hadde foregått ved Sølvverket siden 1623, og gi spesielle utredninger om hver enkelt grube, for at en eventuell Sølvverkskommisjon skulle ha materiale til å kunne ta standpunkt til spørsmålet om muligheten for fortsatt drift.

1931 hadde jeg ferdig 2 rapporter på tilsammen 316 sider bilagt mapper med 57 geologiske kart, og profiler av grubene og stollene. Min arbeidsmetode for grubenes beskrivelse var således, at jeg først tok utdrag fra befaringsprotokollene fra den gamle drift. Deretter sammenlignet jeg mine utdrag med de gamle karter i kartsamlingen, og utarbeidet tilslutt en kortfattet rapport over grubens historie.

Hver dag ved kontortidens slutt kom Bergmesteren (Alb. Holter) inn på mitt kontor. Vi gikk da igjennom mitt innsamlede materiale og den rapport jeg hadde sammenstillet, således at alt jeg har skrevet om de enkelte gruber, også har gått gjennom Bergmesterens kontroll.

Ved sammenligning med de foran nevnte produksjonsoppgaver for hver enkelt grube fremgikk det, at disse ikke alene manglet angivelse av hvilket nivå sølvertsen ble brutt, men det viste seg, som jeg også har sett fra smågruber annet steds i landet, at når det ble opptatt arbeide ved en grube, så ble driften av omgivende forekomster, som senere ble opptatt, lagt under samme stiger, og han har ført produksjonsoppgavene under den grube som først ble opptatt.

Produksjonsoppgavene ble derfor flere steder ikke helt riktige, men ved sammenligning med befaringsprotokollene kunne der iallfall gis sikre oppgaver, om hvilke deler av grubene som hadde gitt lite eller ingen produksjon.

De steder hvor grubene har vært i produksjon, er på profilene — som ligger i kartmappene som ble vedlagt mine rapporter — merket med forgylling. Det kartbilde, man på denne måte har fått, viser at i Kongsbergområdet finnes en stor mengde *enkeltvis opptredende ganger* med kanskje en eller to parallellganger. Ganger av denne type, som særlig er representert på Vinoren, er ofte rikt sølvførende, men kun i selve gangene og et relativt kort stykke mot dypet. Når de gode strosser slutter har det vært vanskelig — eller umulig — å finne igjen drivverdige gangpartier mot dypet. Ingen av disse ganger har vært drivverdige i mer enn korte perioder. Den langt overveiende del av produksjonen er kommet fra «gangdrag», som flere steder har lange utløperganger (f. eks. Kongens grubes hovedgang). Denne gangtype danner ertsforekomstene i de dype gruber i det gamle ertsfelt mellom elvene, og i Anne Sofie grube i Svene. Gangene i gangdragene sviner hen mot dypet, enten som rørformige gangmasser — eller breksjer — som i Gottes Hülfe grube, eller som sprette ganger med ujevn sølvføring, således som man har funnet det i Gabé Gottes — og Haus Sachsen grube.

I sin publikasjon: «Om faller og Falldrag» gir Bergmester Per Mortenson en klar vurdering av verdien av de 2 foran nevnte gangtyper. Følgende sitat er fra denne publikasjon: (Det bemerkes at M. betegner sølvbringende bergarter som «edle faller». Et navn som benyttedes ved Kongsberg var «Ertsband» som kan betraktes som et lokalnavn for de gamles «edle faller»).

«Sølvrikdommen i Kongsbergfeltet ligger i de edle faller, hvor der foruten en eller flere kalkspatganger anstår et nettverk av drummer, og hvor sølv finnes i ganger, i drummene, i skilnader og i klippen, således at «fallen» kan minne om en svamp som har oppsuget og fastholdt sølvet. Det er fra sådanne ertspartier at den vesentligste del av sølvproduksjonen kommer. Gangenes bredde er liten og måles i centimeter, mens bredden av det

hele sølvførende måles i meter. Der hvor det bare er selve kalkspatgangen som fører sølv, vil der aldrig være noen betraktelig sølvmengde å finde».

Som eksempler på den tålmodighet som man har vist i undersøkelsene mot dypet i de to gangforekomststyper, nevnes følgende 3 gruber fra gangdragforekomster og i Juliane Marie fra gangforekomster.

Gabé Gottes grube ble nedlagt 1929. Den hadde da iflg. oppgavene i befaringsprotokollene og etter opplysninger jeg har fått fra Bergmester Holter, neppe gitt overskudd siden 1720, men hadde etter dette år vært — iallfall delvis — i drift i 120 år. Den var ved nedleggelsen avsenket til nivå 420 meter, og det antas at den sluttet å være drivverdig 200 meter ned.

Ved Kongens — Gottes Hülfe — og Samuel grube har der vært drevet sjakter, lange tverrslag og orter 100—170 m under de drivverdige strosser, uten at man derved har funnet noen lovende fortsettelse av gangdragene.

Juliane Marie nevnes som eksempel på en grube, drevet på de uregelmessige gangforekomster på Vinoren.

Gruben nevnes første gang 1757 som et skjerp. Da Kongsberg Sølvverk ble nedlagt (1805) var den 176 m dyp. Etter 1805 fortsatte driften med årlige underskudd til 1814. Den var da antagelig 212 m dyp. Det beskrives at sølvet i den nedre del av gruben forekom som nyreformede partier som det var vanskelig å finne, da man kunne gå med orter over eller under sølvpartiene uten å se spor av sølv i gangen. A/S Trollerud Sølvverk opptok atter gruben 1910 og avsenket den til Klausstollens nivå på 300 m dyp. Stollen slog inn i gruben 1918 og kort tid etter ble driften innstillet. Ved ort og strossedrift hadde man da hatt de samme erfaringer som i den gamle drift, og fikk ingen lønnende strosser igang.

Da mine rapporter av 1930 og 1931, samt en utvidet geologisk kartlegging over området — i tillegg til det som var utført av Carl Bugge — var ferdig, anså man at kravet fra Sølvverkskommisjonen av 1903 om en omfattende malmgeologisk undersøkelse var oppfylt og desember 1932 ble der oppnevnt en ny kommisjon.

Sølvverkskommisjonen av 1932.

Kommisjonen som innleverte sin innstilling 1935, uttalte sin tilfredshet med det fremlagte materiale og de 2 bergkyndige medlemmer overingenior, professor, L. D. Jensen og bergmester C. C. Riiber ga følgende uttalelse om de malmgeologiske undersøkelser. «Takket være klarleggingen av dette forhold, gangdragregelen, er oppfaringsarbeidet fra å være usikkert nu

blit relativt regelbunnet, således at man på forhånd kan konstruere sig frem til forhåpningspunkter, idet man anlegger sine tverrslag langs skiktninggangene helt frem til gangdragets akse. Her har man altså muligheter for å påtreffe sølv, andre steder ikke.

Dette er det store fremskritt, som det praktisk geologiske arbeide har bragt vedkommende gangdragenes forhold.»

Kommisjonen foreslog at driften skulle avvikles i løpet av 5—10 år, ved å utta de foreliggende malmbeholdninger, hvis der ikke ved de ekstraordinære undersøkelser som foreslås kan skaffes nye malmforråd.

Sølvverksdirektøren ga sin tilslutning til kommisjonens forslag og der ble bevilget de nødvendige penger til de undersøkelsesarbeider som kunne foreslås. Gjennstående malmpartier ble brutt i tiden etter 1935.

Det var da i høy grad et erfaringsfag å bestemme, hvor meget som burde brytes i magasinenes sidevegger, og ikke minst, hvilke og hvor meget av de isolerte ganger som det lønnet seg å bryte i spesielle strosser.

Der står en mengde sådanne ganger avmerket i ortene i alle gruber. Det hørte til «ertsleiterens» arbeide å avmerke sølvførende gangpartier med små bolter som pekte mot hverandre. Plasingen av disse bolter (ertspropper) ble alltid utført med stor nøyaktighet, og gangenes drivverdighet ble diskutert mellom ertsleiteren, stigeren og bergmesteren.

Hvis man ikke kjenner til alle de tilredningsarbeider og ekstra driftsomkostninger som følger med drift av smale strosser på ganger, som ikke kan tas inn i magasinestrossene, så kan man sikkert forbauses over at der står igjen ganger med ganske pen sølvføring. Særlig i den nordre del av Gottes Hülfe, og Haus Sachsen grube forekommer sådanne sprette sølvførende ganger, som man regnet muligens engang kunne drives, hvis der ble funnet et nærliggende gangdrag, som kunne egne seg for magasindrift. Senere kan der være tatt prøver, eller sprengningsforsøk hvorved ertsproppene er bortskutt.

Det kan her være av interesse å nevne at ved Knaben molybdengruber kan man flere steder se rike molybdenglansganger, som man ikke har kunnet ta med i magasindriften, og har funnet at tilredningsomkostningene for drift av et par meter brede strosser er så store, at det ikke kan lønne seg å anlegge spesielle strosser.

Den amerikanske geolog Dr. Peale bemerker i sin rapport 30. 6. 1951 at der er gjenstående ertspartier som kan gi produksjon, men han regner ikke med at de kan gi grunnlag for varig drift og uttaler som et resyme av sådanne iakttagelser og om Bergverket som helhet «all of the above recommendations, while they lengthen the life of the mine for a time, are not

going to make a new mine of it.» Dr. Peale foretok — etter oppdrag fra Industridepartementet sine undersøkelser ved Sølvverkets gruber 5—6 måneder 1950—51. Han nevner Carl Bugges arbeide om Kongsbergfeltets Geologi (1917), men synes ikke å ha studert hverken dette arbeide eller noe av det som foreligger av litteratur, rapporter og kart. Dr. Peale nevner som en personlig iakttagelse, at der i gangene ofte er sølvanrikninger ved «amfibolittenes» grenser, og at der kan forekomme en nordlig gangdragnet «in echelon pattern», således at de enkelte ganger faller mot syd, men han er tydeligvis ikke oppmerksom på, at dette ved Sølvverket er 200 år gammel viden. Ofte tales der i de gamle befaringsprotokoller om: at man må overfare «Det sorte bånd» da Fallen annetsteds har vist sig edel inn til dette, og at mot dypet har man brutt sølvet på «idelig fra norden tilfallende ganger». Det er verd å bemerke at hans arbeidsmetode — ikke å vite noe om fortiden — har ført ham frem til velkjente synsmåter. Av særlig interesse er det å se, at han beklager den store mangel på geologiske grubekarter og studier og erklærer «had this work (den geologiske kartleggingen) been carried on for the past twenty years with adequate development, the mine would either be making a profite to-day or be shut down.»

Dette er nøyaktig det arbeide som ble foreslått av Sølvverkskommisjonen av 1903, igangsatt ca. 1910 og forelagt Sølvverkskommisjonen av 1932, som tilrådet, at hvis ikke endel angitte undersøkelsesarbeider ga gode resultater burde Sølvverket nedlegges, etter at gjenstående malmpartier var utstrosset.

Den rike utvikling av Samuel grube har forlenget tidsperioden for det malmgeologiske arbeide ble opptatt, men forøvrig kan jeg ikke se annet enn at arbeidet som Dr. Peale mener burde ha vært utført, det er det som ble forelagt kommisjonen av 1932.

Etter anmodning fra Industridepartementet og komiteen som har vært oppnevnt har jeg gitt 7 uttalelser i tiden fra 1931 til 1954 (se litteraturfortegnelsen).

Man vil også der finne uttalelse vedr. Dr. Peales rapport, samt andre rapporter som er avgitt, og er samlet i Stortingsproposisjonene. Der henvises også til rapport fra Direktøren for Norges geologiske undersøkelse Dr. Carl Bugge.

Som rimelig er vil der alltid fremkomme beklagelser over at det gamle Sølvverk er nedlagt, og — som ved alle nedlagte bedrifter — vil der fremkomme tvil om hvorvidt driften alltid har vært riktig ledet og om den endelige bedømmelse var riktig.

Når nu alle opplysninger vedr. Solvverkets drift gjennom tidene er samlet i NGU, i Riksarkivet og i Stortingsproposisjoner, vil der ved tvils-
spørsmål være anledning til å studere det som foreligger, og jeg har ved
denne korte oversikt over geologien og bergverkets drift søkt å tilrette-
legge studiet av de forskjellige grener av grubedriften. Anleggene i dagen
er ikke tatt med i denne oversikt og har mindre interesse, da der ikke er
gitt noen anvisning om hvorledes grubene kan produsere drivverdig
malm i den mengde som kreves for å opprettholde drift av oppberedings-
og smeltchytteanlegg.

Litteratur, rapporter og karter.

Der finnes en meget stor litteratur om bergverksdriften og om geolo-
giske iakttagelser, og i Solvverkets arkiv var samlet en stor samling be-
faringsprotokoller, dagkart, grubekarter og geologiske karter.

Noen karter er nu utstillet i Solvverksmuseet. Forøvrig er det meste
av arkivsakene sendt til Riksarkivet. Kartmaterialet er fordelt således,
at de gamle karter er sendt til Riksarkivet og karter av nyere type er sendt
til Norges geologiske undersøkelse.

Endel bøker er sendt til Universitetsbiblioteket.

Det er for meg et uoverkommelig arbeide å gi en detaljert fortegnelse
over allt materiale som finnes.

Jeg henviser derfor her kun til de foran nevnte samlinger og til de litte-
raturfortegnelser som er gitt av følgende forfattere i deres publikasjoner:

Chr. A. Münster, Kongsberg Ertsdistrikt, Vidensk. selsk. Christiania
I Math. naturv. Kl, 1894.

Carl Bugge, Kongsbergfeltets geologi NGU nr. 82, 1917.

Henrich Neumann, Silver Deposits at Kongsberg NGU nr. 162, 1944.

Vedr. rapporter fra de senere år nevnes:

Rapport over Kongsberg Solvverks gruber Overberget og Underberget
1930, Arne Bugge.

Rapport over Kongsberg Solvverks gruber utenfor Overberget og
Underberget 1931, Arne Bugge.

Tilleggsuttalelser til de to rapporter.

Rapporten av 1930 har følgende innhold:

Innledning	side	1
Fahlbånd, faller, fallbånd og faldbånd	"	4
Gangene	"	12
Kvartsgangene	"	16
Skiferspatgangene	"	17
Diabasgangene	"	18
Gangenes utstrekning mot dypet	"	22
Teoretiske oppfatninger om gangenes genesis og sølvets utfelling	"	27
Spesielle oppfatninger om sølvets forekomst i båndene	"	31
Solvverkets drift og sølvproduksjonen	"	33
Den tekniske drift	"	39

Side 43—197 beskrives grubene på Over- og Underberget.

Beskrivelsene er sammenfattet etter at der er foretatt sammenlignende
studier av de gamle befaringsprotokoller og karter, samt de opplysninger
som foreligger fra de senere år.

Der er for hver grube et avsnitt om deres verdi og fremtidsmuligheter,
og side 195 er gitt et Resumé av disse avsnitt.

Solvverkskommisjonenes planer for ertsdistriktets avbygning side 197.

Rapporten av 1931 har følgende innhold:

Beskrivelse av gruber utenfor Overberget og Underberget med resumé
av grubens verdi og fremtidsmuligheter, side 1—112.

Fortegnelse over tekniske uttrykk og målangivelser 112.

Tilleggsuttalelse til de to rapporter av oktober 1948:

Rapporten er bilagt med 12 karter og profiler.

Rapporten av 1930 er bilagt med følgende kartmapper:

Overberget.

- Mappe 1
- Geologisk dagkart Overberget I
 - Profil N-S.
 - Geologisk kart over stolletasjen
 - Geologisk O—V profil over Gabe Gøttes gr.

- Mappe II a. Geologisk dagkart Overberget II
 b. Profil N-S
 c. Profil N-S Kongens grube
 d. Geologisk kart over stolletasjen
 e. Geologisk O—V profil over Kongens gr.
- Mappe III a. Geologisk dagkart Overberget III
 b. Profil N-S
 c. Profil N-S Else grubes bånd
 d. Geologisk kart over stolletasjen
 e. Geologisk profil O-V over Gottes Hülfe grube
 f. Geologisk profil O-V over Haus Oldenburg grube
 g. Geologisk profil O-V over Morgenstjerne gr.
 h. Geologisk profil O-V over Prins Carl av Hessen gr.
- Mappe IV a. Geologisk dagkart Overberget IV
 b. Profil N-S
 c. Geologisk kart over stolletasjen
 d. Geologisk profil O-V over Haus Sachsen gr.
- Mappe V a. Geologisk dagkart Overberget V
 b. Profil N-S med påtegnet profil O-V over Kronprins Fredrik grube.

Underberget

- Mappe Søndre Underberget I
 a. Geologisk dagkart
 b. Profil N-S
 c. Geologisk kart over Stolletasjen
 d. Geologisk profil O-V Samuel gr.
- Mappe Søndre Underberget II og III
 a. Geologisk dagkart II
 b. Geologisk dagkart III
 c. Profil N-S II
- Mappe Midtre Underberget
 a. Geologisk dagkart
 b. Profil N-S
 c. Geologisk kart over stolletasjen
 d. Geologisk profil O-V over Geschworner grube

Mappe Nordre Underberget

- a. Geologisk dagkart
 b. Profil N-S
 c. Geologisk kart over stolletasjen.

Rapporten av 1931 er bilagt med følgende karter i mappe og endel karter er innheftet i rapporten. Kartene i Mappen er merket M. Kartene i rapporten er merket R.

- R. Andreasfjellgrubene
 Kartskisje, 2 blader profiler
- R. Helgevannsgrubene
 Geologisk kartskisje, 1 blad N-S profil
- M. Jonsknutskjærpene
 Geologisk dagkart over Knutehavet
 Nord-Syd profil ved de søndre skp.
- R. Barlinddalsskjærpene
 Geologisk kartskisje

Gruber på søndre side av Kobberbergsetua.

- M. Geologisk dagkart
- R. Profiler v. Stadsmyrgrubene 1 blad
- M. Søndre Vinoren gruber
 Geologisk dagkart av Carl Bugge
 Profiler 2 blade
- M. Midtre Vinoren gruber
 Geologisk dagkart av Carl Bugge
 Profil N-S 1 blad
- M. Nordre Vinoren gruber
 Geologisk dagkart
 Profil N-S 1 blad
- M. Anne Sofie grube
 Geologisk dagkart
 Profiler 1 blad
 Grubene ved Trollerud
- M. Geologisk dagkart
- R. Profiler 1 blad
- M. Kjennerudvann gruber
 Geologisk dagkart.

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V W	
XY Z	
AA O	

G

gangen ved innsynkningsområdets sydgrense. — Sæther har også (1946) behandlet kontaktmetamorfofen i Nædalsstrøket og her bl. a. gått inn på en parallellisering med det kaledonske mineral-facies-forhold.

Innsynkningsområdet ved Øyeren.

Dette område, som ligger inne i det sydøstlige grunnfjellsstrøk og hvor så vel kambro—silur-sedimenter som Oslo-eruptiver er representert, kan på en måte oppfattes som et Oslo-felt i miniatyr; det er dog den vesentlige forskjell at man ved Øyeren er utenfor, og langt utenfor, de store eruptive dyp-prosessers område.

Forholdene ved Øyeren er følgende (Holtedahl 1907, 1916). På vestsiden av innsjøens nordlige, forholdsvis brede del ser man på en strekning av ca. 3 km her og der nær stranden svakt foldet alunskifer med kalkboller. Det er funnet fossiler som viser at vi har for oss etasje 2 a. Det har i sin tid (i håp om å finne kull!) vært gravd nedover i skiferen til 9 meters dyp. Over skiferen ligger som et dekke med mest svakt nordøstlig helling, en benk av camptonitt på opptil flere meters tykkelse, og det er dette beskyttende „panser“ som gjør at det i det hele nå er en rest igjen av den kambro-siluriske lagrekke. Sydvest for den lave landstrekning med de nevnte bergarter reiser det seg grunnfjellsgneis. På en betydelig strekning står grunnfjellet opp i en meget markert og steil vegg og med (lengst i sydøst hvor grensen går ut i sjøen) camptonitt like inntil foten av vegg. Vi har her en meget vakker *forkastningsgrense*, med retning VNV, og vi finner også de vanlige oppbrytningsfenomener, med mengder av kvartsårer foruten en tydelig rivningsbreksje (med innhold av skifermateriale) i grensesonen. Mot nordvest løper grensen, som også her uten tvil har forkastningskarakter, i nordøstlig retning. Forekomsten av et parti av grunnfjell omtrent midt i skifer-camptonitt-strøket antyder ytterligere forkastninger.

Fra strandbeltet noe syd for det nå omtalte område forteller tilstedeværelsen av et lite parti av (sikkert anstående) kambrisk bunnkonglomerat at vi også her må ha en bruddlinje mot grunnfjellsmassen innenfor.

Det er derfor dette sannsynlig at en ikke ubetydelig del av iallfall det nordlige parti av Øyeren-forsenkningen representerer et tektonisk senkningsområde hvor (i de løse kambro—silurbergarter) erosjonen fant et lite motstandsdyktig materiale å arbeide i.

Det er av betydelig interesse at vi så pass langt vekk fra Oslo-feltet finner det der så typiske fenomen med parallell-injisert eruptiv-materiale i lagrekken nær over grunnfjells-overflaten. Denne framtrengen av smeltetmasse i horisontal-retningen, med tilsvarende heving av massene ovenpå, har tydeligvis funnet sted over svære områder, selv om det i og for seg ikke er nødvendig å anta at frambruddet opp gjennom grunnfjellet foregikk innenfor selve Oslo-feltet. Etter påvisningen av Oslo-essexitt (med differensiasjonsprodukter) i Vestby øst for Oslofjorden kunde det ligge nær å tenke at det også andre steder i de lite undersøkte østlige grunnfjellsstrøk kunde finnes gjennombruddsfenomener av lignende type. Man har også muligheten av gangformige frambruddskanaler i disse strøk.

„Søkegropen“ i Øyeren-området har interesse ikke minst for slutninger om alderen av de forkastningsbevegelser som på svensk område har brakt kambro—silur-masser (med diabas-intrusjoner) i nivå med tilgrensende grunnfjell, slik tilfellet er i en rekke strøk ved eller nær de store sydsvenske sjøer.

Mineralforekomster nær utenfor Oslo-feltet, dannet i forbindelse med Oslo-erupsjonene.

Mineralforekomster av denne gruppe opptrer vesentlig i grunnfjellsstrøket vest for Oslo-feltet, og særlig vest for dets midtre del. På østsiden mangler de nesten helt. Dette forhold kan, som Foslie har framholdt (1925, se s. 145), henge sammen med at forekomstene hører hjemme i den øverste del av grunnfjellsmassen og at de derfor — etter mineralavsetningenes dannelsesetid — er blitt fjernet i de områder der grunnfjellets øverste del ble gjenstand for sterk denudasjon, slik tilfellet rimeligvis har vært der Oslo-feltet er begrenset ved forkastningslinjer med stor spranghøyde. Årsaken kan også være en sterkere oppsprekning av jordskorpen i vest enn i øst.

De forekomster det her gjelder er til dels knyttet til kvarts- eller kvartsbreksje-ganger som synes å stå i nær sammenheng med diabasganger av Oslo-felt-type. Av ertsmineraler, som gjerne bare forekommer i forholdsvis liten mengde, finnes særlig sinkblende, blyglans (som gjerne er noe sølvholdig), kobberkis, svovelkis. Vi har ett hovedområde i syd, i strøket Bamble—Solum, et annet fra Kongsberg-trakten og oppover mot Randsfjordens sydligste del. Til dels opptrer tungspat-ganger i samme strøk, som ved Tråk i Bamble (Th. Vogt 1908).

Videre har vi, som yngre dannelser, kalkspatganger. De gjennomsetter lokalt Oslo-diabasene. Disse ganger er av meget stor økonomisk interesse idet Kongsberg-områdets sølv-førende ganger hører hit. Vi har tidligere (s. 64 ff.) omtalt grunnfjellsbergartene i dette område og skal her nevne litt om de yngre dannelser. I nyere tid har sølv-forekomstenes geologi særlig vært studert av C. Bugge som først påpekte den nære forbindelse med Oslo-feltets erupsjoner (1917, se s. 145), A. Bugge (bl. a. 1936, 1937, se s. 145, samt 1931), H. Neumann (1944 b, se s. 146 — i sistnevnte arbeid finnes en utførlig litteraturfor-tegnelse fram til ny tid).

Typiske Oslo-ganger, diabas, med strøk mest omkring ØNØ, forekommer i betydelig mengde ved Kongsberg, og nær knyttet til dem er sulfid-førende kvarts- eller kvarts-breksje-ganger. Kvartsgangenes tykkelse er mest omkring 1 m, men kan overstige 10 m. Lignende ganger er kjent også i selve Oslo-feltet (f. eks. ved Konnerud). På flere steder er diabas- og kvartsgang funnet på samme spalte. Mens kvartsgangene opptrer over store områder (helt inn til Oslo-feltet), forekommer kalkspat-gangene vesentlig i fahlbåndsonene (se s. 68). Disse ganger er mest ganske tynne (5—10 cm); bare sjelden når de en tykkelse på 1/2 m. Kalkspatgangenes strøk er omtrent V—Ø, med som oftest steilt sydlig fall. De forekommer ofte i gangdrag hvis akse står skrått i forhold til gangenes retning (fig. 253). Disse sprekkesystemer forteller da om sterke mekaniske påkjenninger og bristninger i jordskorpen med samtidig hydrotermal mineral-avsetning.

De mineraler som opptrer i større mengde er, foruten kalkspat, særlig kvarts, flusspat, barytt, svovelkis. Av erts-

BORTERODERET OSLOFELT

BORTERODERET GRUNNFJELL

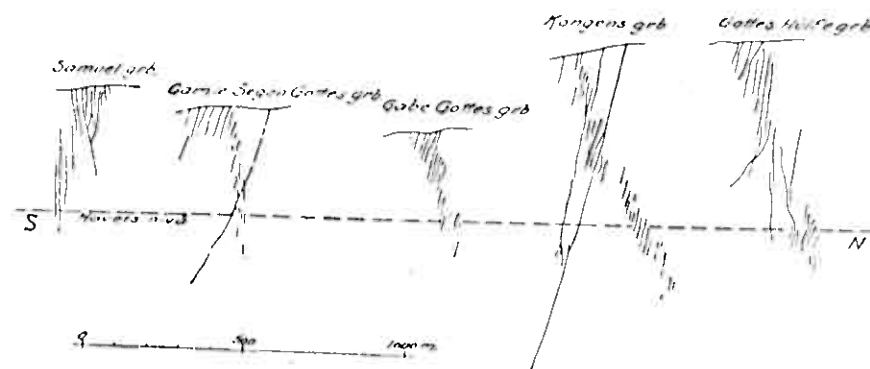


Fig. 253. Ertsgangenes opptreden, sett i N—S profil, ved en del av de viktigste Kongsberg-gruber. De to til venstre tilhører Underbergets strøk, de tre til høyre Overbergets. Grunnfjelllets antatte opprinnelige overflate under kambro-siluren er inntegnet. Etter A. Bugge.

mineraler forekommer, ordnet etter den gjennomsnittlige mengde, sinkblende, magnetkis, gedigent sølv, kobberkis, blyglans, sølvglans, kobolt- og nikkel-mineraler. De nøyere forhold med hensyn til dannelsesmåten for disse ertsmineraler har vært og er fremdeles gjenstand for megen diskusjon. Fra fysisk-kjemisk standpunkt har sølv-utfellingen nylig vært behandlet av E. Jensen (1940). En hovedregel er at kalkspatgangene bare er sølvførende der hvor de krysser fahlbånd (se fig. 25)¹, og man har i

¹ I eldre beskrivelser av Kongsberg-forekomstene støter man alminnelig på uttrykket „faler“. Dr. A. Bugge har velvilligst meddelt følgende utredning om betydningen av dette uttrykk og forholdet til betegnelsen „fahlbånd“: Betegnelsen „fall“ (opprinnelig et tysk bergmannsuttrykk) angir rom i fjellet hvori overskjærende ganger er malmførende. Til dels kan det også angå malmførende rom. I den moderne malmgeologi har fallbetegnelsen vist seg upraktisk, og man er, for gangenes vedkommende, gått over til å si at de forekommer stjernt om stjernt (en échelon), og at de opptrer i gangdrag. Ved det gamle Kongsberg Solvverk fikk fallbetegnelsen en noe utvidet betydning. Gangene forekommer nok også der i gangdrag, med øst—vest-strykende ganger, men dertil

nyere tid i stor utstrekning antatt at det kunne dreie seg om en elektrolyttisk utfelling i en oppløsning, forårsaket ved elektriske strømmer som fulgte de kisimpregnerte lag. Det synes imidlertid ikke å være noen nær overensstemmelse mellom fahlbåndenes ertsføring og kalkspatgangen. Nylig har man pekt på at fahlbåndene som gode varmelednings-soner vil ha innflytelse på utfellingen av mineraler i den tilstedeværende oppløsning, idet denne utfelling naturlig er betinget av en nedsettelse av temperaturen.

De partier av bergmassen hvor sølv-førende kalkspat-ganger opptrer, innsnevres nedover. Derimot synes det ikke å være noen helt lovmessig forandring i kalkspatgangen ertsinnhold mot dypet.

Gangene inneholder mineraler som krever høyst forskjellige temperaturer for sin utkrystallisasjon, fra axinit, som antas å være dannet ved 4—500°, til zeolitt-mineraler, svarende til omkring 200°, og vi har utvilsomt hatt en langvarig prosess, med avtagende temperatur.

At sølv forekom i Kongsberg-distriktet, har vært kjent iallfall fra begynnelsen av det 17. århundre (på offisielt hold kjente man til forholdet fra 1623). Det tidligst kjente sølv lå i den senere „Kongens grube“s område og det var her driften begynte. Etter hvert ble det så oppdaget sølv på mange steder. Man fant bl. a. forekomstene lenger nord (Vinoren) og øst for Lågen. Sølvforekomstene ligger innen det egentlige Kongsberg-område vesentlig i de to fahlbåndsoner, Overbergets og Underbergets, og her ligger grubene på rad, de største i det førstnevnte, vestligste strøk. Hovedgruben er Kongens grube, som nå er drevet ned til 1076 m. Sølvføringen har vekslet sterkt og flere ganger har man trodd at forekomsten var uttømt, men den har så vist seg å kunne forfølges videre. Stort sett har

kommer at erfaring har vist at man bare har begrunnet håp om sølv i gangene når gangdragene gjennomskjærer kisleførende bergarter. De sølvgivende partier i disse bergarter kaltes „edle faller“, og de kisleførende bergarter i sin alminnelighet kaltes fallarter. Fallartene forekom i ertsdistriktet i lange, smale nord—syd-strykende bånd som ble kartlagt som „fallbånd“. Ved en sproglig misforståelse ble betegnelsen fallbånd omkring år 1800 forvansket til fahlbånd, og „edle faller“ ble samtidig kalt „ertsbånd“. — Se for øvrig A. Bugges avhandling av 1931.

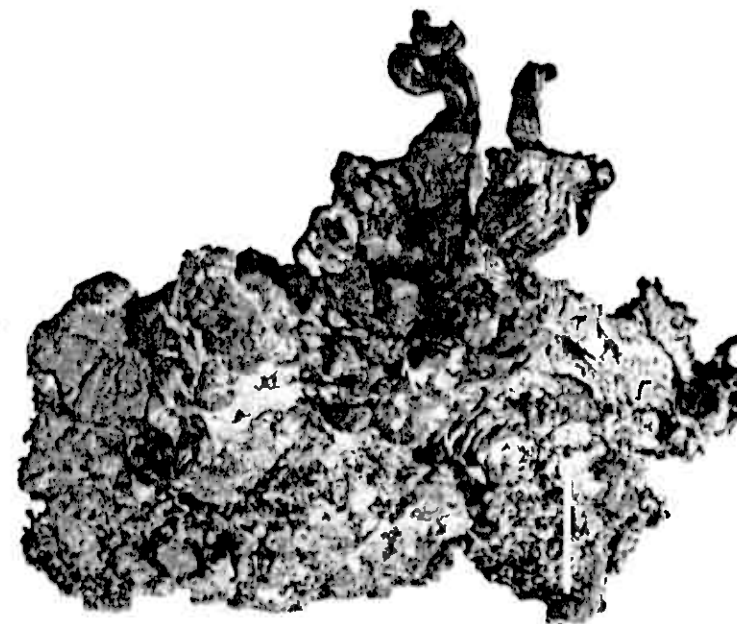


Fig. 254. „Trådsølv“ i stor sølv-stuff fra Kongsberg. Ca 2,5 nat. st.
Det hvite er kalkspat.

det dog vært en tydelig avtagen av malm mot dypet, og i det nåværende bunnparti anses gruben ikke å være drivverdig.

Alt i alt er det i Kongsberg-distriktet utvunnet 1270 tonn rent sølv, fra i det hele 130 større eller mindre gruber. Gjennomsnittsproduksjonen for hele driftsperioden har vært 4 tonn pr. år, for de siste 50 år omkring 8 tonn. Et forhold som i senere tid sterkt har truet en fortsatt virksomhet, er den lave sølvpris, som delvis skyldes den betydelige utvinning av sølv som biprodukt ved forskjellige malmforekomster rundt om på jorden.

Sølv-førende kalkspat-ganger kjennes også på Eiker. På Sørlandet har man funnet gedigent sølv, bl. a. på Hisøy ved Arendal, og straks nord for Kristiansand, på en liten øy i Otteråen.

Kalkspatganger i grunnfjellet som sannsynligvis er av samme alder som Kongsbergs, er bl. a. omtalt av forfatteren (1939) fra mer nordlige trakter, vest for Oslo-feltet, nemlig øst

for Randsfjorden i Søndre Land. At det dreier seg om forholdvis unge dannelser antydes bl. a. av at basiske Oslo-ganger i samme strøk er gjennomført av kalkspat-sprekker. Særlig store mengder av kalkspat-årer er i dette strøk kjent fra noen oppknusningssoner i grunnfjellsmasser, soner som må betegne sterke forkastningshevegeiser.

Litteratur.

1944. Barth, T. Lamprofyrrer av to forskjellige aldre i kystmigmatiten vest for Kristiansand. N. G. T. 23, s. 175.
- 1945a. — Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. II. Systematic Petrography of the Plutonic Rocks. Vid.-Akad. Skr. 1944.
- 1945b. — Samme serie. V. Faikenstenite, a New Zeolite in Variolite from Horten etc. Vid.-Akad. Skr. 1945.
1935. Barth, T. og Bruun, B. Samme serie. IV. Fluorine in the Oslo Petrographic Province. Vid.-Akad. Skr. 1945.
1939. Broch, O. A. og Isachsen, F. The Southern Fault-Line Boundary of Nesodden Peninsula, Oslofjord. N. Geogr. T. 7, s. 322.
1883. Brøgger, W. C. Spaltenverwerfungen in der Gegend Langesund—Skien. Nyt. Mag. 28.
1886. — Über die Bildungsgeschichte des Kristianiafjords. Nyt. Mag. 30.
1890. — Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. f. Krystallographie etc. 16.
1931. — Die Explosionsbreccie bei Sevaldrud zwischen Randsfjord und Sperillen. N. G. T. 11, s. 281.
1933. — Die Eruptivgesteine des Oslogebietes. VII. Die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine des Oslogebietes. Vid.-Akad. Skr. 1933.
1931. Bugge, A. Gammel og ny geologi ved Kongsberg sølvverk. N. G. T. 12, s. 123.
1939. Bugge, J. og Neumann, H. Et fund av kullblende i essexittlava, Semsvika, Asker. N. G. T. 18, s. 374.
1928. Cloos, H. Bau und Bewegung der Gebirge in Nordamerika, Skandinavien und Mitteleuropa. Fortschr. d. Geol. u. Paläont. 7.
1936. — Einführung in die Geologie. Gebrüder Bornträger, Berlin.
1935. Dix, E. og Trueman, A. E. Non-Marine Lamellibranchs from the Upper Palaeozoic Rocks of Semsvik in Asker. N. G. T. 15, s. 25.
1919. Goldschmidt, V. M. Geologiske iagttagelser fra Tonsaasen i Valdres. N. G. U. 53.
1911. — Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet. Vid.-Selsk. Skr. 1911.
1934. Heintz, A. Fischreste aus dem Unterperm Norwegens. N. G. T. 14, s. 176 (også artikler i „Naturen“ for 1933 og 1935).
1907. Holtedahl, O. Alunskiferfeltet ved Øieren. N. G. U. 45.
1916. — En forekomst av kambrisk basalkonglomerat på vestsiden av Øieren. N. G. T. 3, s. 59.
1931. — Jungpaläozoische Fossilien im Oslogebiete. N. G. T. 12, s. 323.
1935. — Tectonic Disturbances connected with Plutonic Bodies in the Oslo Region. Am. J. of Science. 29, s. 504.
1939. — From the Northern Randsfjord District. N. Geogr. T. 7, s. 441.
1943. — Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. I. Some Structural Features of the District near Oslo. Vid.-Akad. Skr. 1943.
1935. Hoeg, O. A. The Lower Permian Flora of the Oslo Region. N. G. T. 16, s. 1.
- 1937a. — An Addition to the Lower Permian Flora of the Oslo Region. N. G. T. 16, s. 279.
- 1937b. — Additions to the Lower Permian Flora of the Oslo Region. N. G. T. 16, s. 280.
1942. Isachsen, F. Permiske gangspalter i grunnfjellet vest for Randsfjorden og deres betydning for utformningen av relieffet. Svensk geografisk årsbok 1942, s. 24.
1940. Jensen, E. Sølvet på Kongsberg. Om de kjemiske prosesser ved dets utfelling og om trådsølvdannelsen. N. G. T. 19, s. 1.
1939. Kristoffersen, K. Kullblende i romheporfyr. N. G. T. 18, s. 375.
1927. Ljungner, E. Spaltentektonik und Morphologie der schwedischen Skagerrak-Küste. Bull. Geol. Inst. Uppsala, 21.
1946. Oftedahl, C. Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. VI. On Akerites, Felsites and Rhomb Porphyries. Vid.-Akad. Skr. 1946.
1930. Rode, K. Die unterlage der Effusiva im Kristianiagebiet. Centralblatt f. Min. etc. Jahrgang 1930, Abt. B. No. 10.
1929. Rosendahl, H. Brumunddalens porfyr-sandsten-lagrekke. N. G. T. 10, s. 367.
1916. Schetelig, J. i Kiær og Schetelig: Ekskursjon til Bærum, Steinsheiden og Kolsaas. Forh. 16. Skand. Naturforskermøte (Kristiania).
1925. Stille, H. Rheinische Gebirgsbildung im Kristianiagebiet und in Westdeutschland. Abh. d. Preuss. Geol. Landesanstalt. Neue Folge, H. 95.
1935. Stormer, L. Contribution to the Geology of the Southern Part of the Oslofjord. N. G. T. 15, s. 43.
1919. Suleng, H. Spaltedannelser og yngre eruptiver i Arendal—Grimstad-trakten. Naturen 1919, s. 288.
- 1945a. Sæther, E. Undersøkelser over eruptivene i området nord for Oslo. N. G. T. 25, s. 427.

A

B

CD

E

F

G

H

IJ

K

L

M

N

O

PQ

R

S

T

U

V

W

XY

Z

AA

Ö

Rocks containing pyrite or other sulphides often enrich traversing veins. Examples of this are known from Kongsberg, Norway, where the silver veins are productive when crossing certain schists with disseminated sulphides. At Ophir, California, gold-quartz veins are enriched when crossing "iron belts" of pyritic amphibolites.

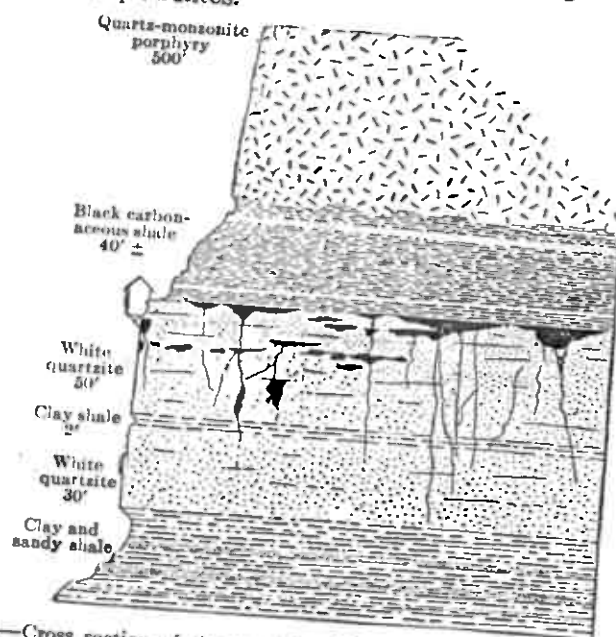


FIG. 73.—Cross section of the American Nettie Mine showing shoots of ore (black) underneath impervious barrier of shale. After J. D. Irving.

Where a vein cuts through a thick series of sedimentary rocks it often widens and contains rich ore in the limestones, while poor or barren in shale or sandstone. Similarly, where a thick series of igneous rocks, as in the San Juan region, Colorado, is intersected by veins ore horizons will develop in rocks which by their physical and chemical character are most favorable to continuous fissures or to replacement (Figs. 192 and 197).

Rhyolites are generally unfavorable because fissures often tend to splitting in such rocks; tuffs likewise because the solutions tend to disperse through great masses of rock.

On the other hand, rocks like andesites and latites are usually favorable. Purington¹ has shown that in the San Juan Moun-

¹C. W. Purington, Ore horizons in the San Juan Mountains, *Econ. Geol.*, 1, 1905, pp. 129-133.

Mou
mag
In
tend
bodie
barri

FIG. 74.
an imperv
Ransome,

extension
that the
The bl
good illu
American
siliceous g
The impe
gouge in
reason, th

CHAPTER XXIV

DEPOSITS RESULTING FROM REGIONAL METAMORPHISM

Rocks subjected to stress at moderate depths within the zone of fracture may rupture in closely spaced breaks, producing the appearance of a schistose structure. In such rocks no great chemical changes would occur, except perhaps by subsequent deposition along the tight fissures. At greater depth deformation may take place by granulation and recrystallization, accompanied by chemical changes that are effected by the aid of the scant rock moisture. Uralite and chlorite may form from pyroxene, the soda-lime feldspars may recrystallize to zoisite and albite, the quartz crystals may be crushed and elongated, new mica, particularly muscovite, may develop; also crystals of aluminum garnet. The chemical composition of the rock will, however, change but little; although the various transformations involve transportation of substance, this movement is not free, but is limited and hindered in all directions.

Under these circumstances it is improbable that processes of concentration could have much opportunity to assert themselves; the minute quantities of useful metals contained in the original rock could not easily assemble to form larger masses.

Nevertheless certain deposits may develop by recrystallization of the substances contained in the original rocks. Disseminated graphite deposits (p. 821) may result from the crystallization of carbonaceous matter. Talc and soapstone may form from basic rocks. The crystallization of garnet may lead to deposits which can be utilized for abrasive purposes. Aluminum silicates, like cyanite and sillimanite, when plentifully present, may be useful for refractory material.

In amphibolite schist small grains of chalcopyrite, often intergrown with pyrrhotite and magnetite, appear to be more common than in the primary igneous rock from which the schist was derived. If even the slightest and slowest circulation of

water was established during the deformation, some concentration of chalcopyrite could well take place, as it does in fissures traversing similar rocks.

When the deformation takes place at higher temperatures a number of minerals are developed which are similar or identical with those of contact metamorphism. It is often difficult, indeed, to draw the line between regional and igneous metamorphism, especially in intensely metamorphic regions where intrusive masses are abundant. There is reason to believe that at temperatures of, say, several hundred degrees some of the rocks, particularly limestones, become permeable to the gaseous emanations of water and metallic compounds yielded by intrusive masses, and thus an opportunity is afforded for the introduction of new substances which in places may become concentrated into ore deposits. To such a permeation in the deep zone, many of the most enigmatic ore deposits of the crystalline schists may owe their origin. These deposits would then differ in some respects from the ordinary contact-metamorphic ores, which have, as a rule, developed only close to intrusive contacts, in most cases also actually within the zone of fracture.

Dissemination of sulphides is a phenomenon often encountered in almost any area of crystalline schists. In the majority of occurrences pyrite, pyrrhotite, and chalcopyrite are prominent; the sulphides of lead and zinc are far less common. Such disseminations are also particularly connected with amphibolitic or chloritic rocks. As indicated above, these ore minerals may have various modes of origin. In the first place the dissemination may be caused by mineralization along both sides of a fissure, parallel with the schistosity—that is, by the formation of a “bedded vein.” Such mineralization is later than metamorphism, and the metamorphic minerals will probably be found to be altered—sericitized, carbonatized, or more rarely silicified.

If, on the other hand, the sulphide minerals were contained in the rock previous to metamorphism, or if they were developed during that process, they will be found intergrown with the metamorphic minerals, such as amphibole, epidote, chlorite, garnet, and albite, and are usually accompanied by some magnetite or ilmenite.

Larger pyritic masses of this kind are, in most cases, probably original products of magmatic concentration; or they may be old fissure veins or replacement veins which have been rendered

unrecognizable by deformation; or, finally, they may be of contact-metamorphic origin.

Sparsely disseminations, often following certain lines along the strike of the schist, are often called “fahlbands” (the German “fahl” meaning rusty brown and referring to the oxidized outcrops). Such fahlbands, first noted in Kongsberg, Norway,¹ where they enrich the silver veins, may be several miles long and vary in thickness between a fraction of a foot and several hundred feet. The enclosing rocks vary from gneiss to mica schist, diorite, and amphibolite. The ore minerals are pyrite, pyrrhotite, zinc blende, chalcopyrite, molybdenite, and sometimes cobalt minerals. They are often intergrown with amphibole or garnet. The fahlbands are rarely of economic importance, but many of them characteristically enrich intersecting veins, causing native silver and gold as well as cobalt and nickel ores to appear at the intersections. This is probably only a special case of the general law that veins are enriched where they cut across belts of pyritic impregnation. Fahlbands rich in cobaltite, with pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, and molybdenite, were worked at Skutterud and Snarum, in the Modum parish, Norway, from 1776 to 1899. For a long time these deposits were among the principal sources of cobalt oxide, which is used to impart a deep blue color to glass and porcelain. According to the older literature quoted by Stelzner and Bergeat² the fahlbands at Skutterud lie between gneiss or quartz schist and amphibolite. Other minerals mentioned are malaccolite, anthophyllite, and rarely graphite and tourmaline. The ores were poor, containing, even when sorted, less than 1 per cent cobalt. A parallel belt at Snarum is said to be enclosed in amphibolite and contains more copper.

The fahlbands have been variously interpreted. At a time when the crystalline schists were generally considered as altered sediments, they were held to be sedimentary deposits. Dall and Kjerulf,³ in 1880, held them to be impregnations related to gabbro intrusions. Vogt considered the gray gneiss of Kongsberg as a pressed granite and held that it had been impregnated with sulphides at the same time as the surrounding schists.

¹ C. A. Münster, ref. in *Zeitschr. prakt. Geol.*, 1896, p. 93.

J. H. L. Vogt, *idem*, 1899, pp. 177–181.

² Die Erzlagertstätten, 1, 1904, pp. 269–271.

³ Die Geologie des südlichen und mittleren Norwegens, 1880.

That the dissemination of sulphides in its present form is dependent upon dynamo-chemical metamorphism is clearly shown by the minerals with which the sulphides are now intergrown. Sulphide emanations from intrusive magmas at a considerable distance from their source do not usually crystallize with amphibole, pyroxene, and garnet, but rather with calcite, sericite, and quartz as gangue minerals. Still, the recrystallization under pressure does not necessarily explain the ultimate origin of the minerals and it is probably hopeless to speculate on this subject until the metamorphic series at the location of typical fahlbands has been more carefully examined as to the original character of its rocks.

Somewhat similar fahlbands in amphibolite and gneiss are reported in the older literature from Schladming, in Styria, where they enrich intersecting cobalt-nickel veins, and from Les Challanches, in France, where similar relations exist.¹ Recent descriptions from both places show that the so-called fahlbands are in reality narrow veins accompanied by alteration of the wall rocks.²

¹ Stelzner and Bergeat, *Die Erzlagerstätten*, 1, 1904, pp. 268-269.

² C Schmidt and J. H. Verloop (Schladming), *Zeitschr. prakt. Geol.*, 17, 1909, pp. 271-276.

T. A. Rickard (Challanches), *Trans., Am. Inst. Min. Eng.*, 24, 1894, pp. 689-705.

The majority of the authors have expressed the belief that the ore deposition is genetically connected with the intrusion of the diabase sills which are probably of Keewenawan age.¹

QUARTZ-ADULARIA-ZEOLITE VEINS (ALPINE TYPE)

Occurrence and Mineral Association.—The so-called Alpine veins have little or no importance as a source of metalliferous ores, but many of them contain beautifully developed crystals, represented in all large mineral collections, and are prospected and worked to some extent for such specimens. They occur in the crystalline rocks in Tyrol, Switzerland, and the French Alps. There are several types. One class found in the Zillertal, in Tyrol, contains pyrite and galena with quartz, adularia, albite, epidote, calcite, prehnite, desmine, and laumontite. Another, in the French Alps, yields axinite, titanite, ilmenite, and many other minerals which indicate deposition at high temperature.

The veins in Switzerland have been studied in detail by J. Königsberger.²

The "veins" are approximately horizontal filled crevices in a biotite gneiss; they are really local openings in joints, which can be followed for considerable distances and which lie perpendicular to the schistosity of the rock. These crevices are surrounded by zones of altered rock not more than double the width of the opening; they usually contain open cavities into which the crystals project.

The biotite of the gneiss is altered to chlorite, epidote, and quartz; the plagioclase alters to sillimanite, kaolin, and epidote; albite and adularia crystallize in vugs; quartz and orthoclase are not attacked but the latter is often covered by secondary adularia. The kaolin is probably secondary, for the veins have for a long time been within reach of oxidizing waters.

It will be observed that the type of alteration is not that of ordinary veins; it seems most closely related to some veins formed near the surface—for instance, the Cripple Creek deposits.

¹ C. K. Leith has pointed out the remarkable association of silver deposition in the Lake Superior region with the Keewenawan intrusions.

² J. Königsberger, *Die Minerallagerstätten im Biotitprotogin des Aar massivs, Neues Jahrb., Beil. Bd.*, 14, 1901, pp. 43-49.

Ueber Alpine minerallagerstätten, Schweiz, *Min. u. Pet. Mitt.*, 5, fasc. 1, 1925, Abhandl. d. bayr. Akad. Wiss. 28, Bd. 12, 1919. See also review of R. L. Parker's work by Ian Campbell in *Am. Mineral.*, 12, 1927, pp. 157-167.

Sillimanite has not been shown to form in the wall rocks of metalliferous veins.

The general succession is: (1) smoky quartz and adularia (oldest); (2) calcite; (3) zeolites. The long list of other minerals includes fluorite, chlorite (often dusting the faces of quartz and adularia), apatite, albite, stilbite, heulandite, apophyllite, laumontite, chabazite, specularite, and rarely galena, chalcopryite, and molybdenite.

Origin.—Königsberger concludes that the minerals were derived chiefly from the rock itself, and were deposited by cooling of hot solutions containing carbon dioxide. The crystallization in the crevice took place at temperatures of 290° to 130° C. The Alpine veins may have been produced by intrusive after effects at various temperatures.

Some of the quartz crystals contain large fluid inclusions; an analysis of the liquid gives the following result. The total solids amount to 10 per cent, a rather concentrated solution.

COMPOSITION OF FLUID INCLUSION IN QUARTZ

H ₂ O.....	85.0
CO ₂	5.0
Na.....	2.5
(K, Li).....	1.5
CO.....	3.5
Cl.....	1.5
SO ₄	0.7
	99.7

The dissolved salts then consist of alkaline carbonates, chlorides, and sulphates in the order named.

As the smoky quartz is bleached at 300° C. it is assumed that it could not have been formed above this temperature. The bubbles of the inclusions disappear at 225° C. Because the liquid must have filled the cavity at the time of formation and because the pressure did not differ much from that of saturated water gas, the temperature of formation is about the same as that at which the bubbles disappear.

The red color of the fluorite disappears at 175° C., independent of the surrounding medium and pressure. The zeolites were probably formed at about 130° C. Königsberger's view as to the order of crystallization is expressed in Fig. 244.

Analogous minerals are found in the miarolitic cavities in certain granites;¹ in these occurrences the succession, beginning

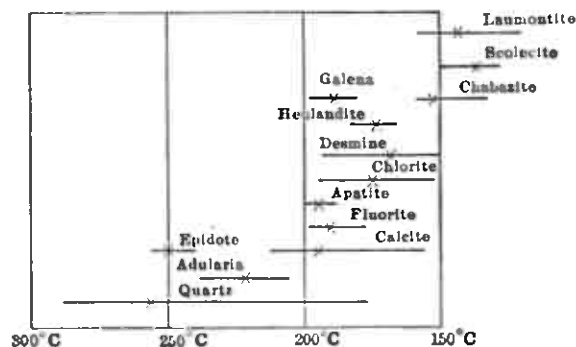


FIG. 244.—Order of crystallization in the zeolitic veins of Aar, Switzerland. After J. Königsberger.

with the earliest, is (1) adularia, albite, quartz, epidote; (2) fluorite, apatite, calcite, chlorite, epidote; and (3) zeolites.

THE COPPER VEINS

The copper-bearing veins in which filling has been the principal process do not have the importance of the corresponding class of gold-quartz veins. Only when replacement has converted wider bodies of rock into ore and when enrichment by descending surface waters has acted upon the primary ore do we find large and productive members in this class.

Many of the great copper deposits are mainly pyritic replacements of igneous or sedimentary rocks and are described on the following pages or with the high-temperature deposits in Chapter XXVIII. Still others derive their importance from the accumulation of secondary chalcocite, either in wide replacement veins or in broad mineralized zones. Many of these in fact also belong to the high-temperature deposits as far as the poor, primary mineralization is concerned.

Chalcopyrite-Quartz Veins.—Simple veins containing mainly chalcopyrite, pyrite, and quartz, with some bornite, more rarely tetrahedrite and siderite, are common enough in many districts,

¹ A. Schwantke, *Drusen Mineralien des Striegauer Granits*, Inaug. Dissert., Leipzig, 1890.

CHAPTER XXVI

EPITHERMAL DEPOSITS

METALLIFEROUS DEPOSITS FORMED NEAR THE SURFACE BY ASCENDING THERMAL WATERS AND IN GENETIC CONNECTION WITH IGNEOUS ROCKS. CHARACTER AND ORIGIN

General Features.—The deposits at the orifices of hot ascending springs have been described in Chapter VI. It has been shown that they consist of opal, chalcedony, quartz, calcite, aragonite, barite, and fluorite, with a number of other gangue minerals, and that they also contain in places metallic gold and certain sulphides, such as cinnabar, stibnite, and pyrite, but not the other common ore minerals such as chalcopryite, galena, zinc blende, and arsenopyrite. The ore deposits described in the present chapter present some striking analogies to those products of the hot springs.

In regions of comparatively recent volcanic activity where the measure of erosion since the eruptions ceased is in hundreds rather than in thousands of feet we find a group of important ore deposits, usually in the form of fissure veins. They generally occur in igneous flow rocks¹ and most commonly in andesite, latite, trachyte, and rhyolite. They are rarely found in basalts. But they also cut the underlying or adjacent formations. They constitute the source of a large part of the world's production of gold, silver, and quicksilver, and they contain the spectacular bonanzas of the Cordilleran region, of which examples are found at Tuscarora, Virginia City, Goldfield, Cripple Creek, Pachuca,

¹ We are accustomed to consider as intrusive rocks those which have congealed with granular texture far below the surface. Intrusions are, however, not confined to any particular depth or texture. Intrusive bodies may be found in any series of rocks even near the surface and may then have fine-grained, trachytic or even glassy texture. The distinction between flows and intrusions may in such cases become difficult and, as shown in case of the Tonopah, Waihi, and other districts, the relations may have far reaching bearing upon the richness and continuation of the deposits contained in such a series of rocks.

Guanajuato, and many other districts. Following the Tertiary outbursts of effusive rocks, these deposits accompany the "circle of fire" that encompasses the Pacific Ocean. We find them in Japan, in the East Indian Islands, and in New Zealand. They are characteristically developed in that classical mining region of the Old World, in Hungary and Transylvania, where one of the elements—tellurium—which so often accompanies them, was first found.

Though most of these ore-deposits are found in the Tertiary flow rocks they are not confined to rocks of this period. There is good reason to believe that veins are developing now in some regions of recent volcanism, and also that similar veins have been formed during pre-Tertiary outbreaks, although erosion has removed most of the older representatives of this type. These deposits have certain well-marked characteristics which are partly of a mechanical, partly of a chemical origin.

Because the fissuring of the rocks took place near the surface, under slight load, open cavities were abundant, and filling, crustification, and comb structure are conspicuous. The walls are likely to be irregular, and the vein matter is often "frozen" to the walls. Splitting, chambering, and brecciation are features of the veins. While metasomatic processes have been active in the surrounding rocks, the ore is usually confined to the open fissures. Short and irregular veins are more frequent than the regularly developed conjugated fractures resulting from strong compressive stress. Divergent systems of fractures or several parallel systems with little apparent relationship are thought to be due to the gravitative settling of volcanic piles.

Banding caused by crustification is common, as illustrated in Figs. 175, 183, 189, 193 and 199. It is much more delicate and frequent than in deposits formed at greater depth and higher temperature.

The occurrence of the ore in "stockworks," or in pipes, or below impervious beds is often observed. In superimposed lava flows of different kinds, some are usually better adapted to the deposition of ore than others and this difference may result in the development of ore-shoots which are approximately horizontal.

Among the metals contained in these deposits gold and silver are by far the most important. Base metals are present, plentifully enough in places, but the mines are rarely worked for these. Large bodies of galena and zinc blende occur in some places,

but it is decidedly rare to find important copper deposits. The "pyritic" deposits are not represented; they are confined to the deeper zones or to those of higher temperatures. Arsenic and antimony, bismuth, tellurium, and selenium are common but are rarely of economic importance; quicksilver is present in some deposits and indeed the typical quicksilver deposits belong to this class. Cobalt and nickel, tungsten, and molybdenum are not unknown, but are entirely subordinate. Their home is in the deeper deposits.

The pure gold deposits are relatively scarce. Those carrying silver only are common in certain regions, like Mexico. The usual metals are gold and silver occurring together in varying proportions.

Among the ore minerals native gold should be mentioned first. It contains silver, as a rule, and is of pale yellow color; a proportion sometimes occurring is ounce for ounce when the mineral is of very pale grayish-yellow color (electrum). Deep yellow gold is not unknown, however. The gold is often present in very fine mechanical distribution, being sometimes so closely intergrown with ore minerals and gangue that no colors can be obtained by panning. When derived by oxidation of tellurides it is of dull brown color and is difficult to recognize even in rich specimens. The whole series of tellurides is present. As the gold generally occurs in minute particles rich placers below the croppings of these deposits are rather unusual.

Native silver is ordinarily a product of oxidation. The primary and most abundant silver mineral is *argenteite*; complex silver sulphantimonides and sulpharsenides are also characteristic; it is often difficult to say which are secondary and which are primary. Among them are *proustite*, *pyrargyrite*, *miargyrite*, *stephanite*, *polybasite*, *tetrahedrite*, and more rarely *enargite*.

Stibnite is plentiful in deposits of certain types. Among the base minerals *pyrite* is always present, but in small quantity and fine distribution; *marcasite*, a mineral typical of deposition near the surface, is not unusual; often it is secondary. There are also *galena*, *zinc blende*, *chalcopyrite*, and sometimes *ala-bandite*; rarely *arsenopyrite*; never *pyrrhotite* or *magnetite*.

Of gangue minerals *quartz* is the most abundant, and crystals of it are plentiful but rarely large, an amethyst color is often noticeable. The quartz aggregates are not glassy or milky but usually fine-grained (hornstone) and often chalcedonic, with

rapidly changing grain. In many cases the quartz is a crystallized colloid and the original, delicate colloform banding is still visible.¹ *Calcite*, *dolomite*, *barite*, and *fluorite* are locally the dominant gangue minerals, while *siderite* is rare. Manganese minerals like *rhodochrosite* and sometimes *rhodonite* are typical of certain groups. *Kaolin* accompanies the veins, sometimes in large amounts, but is probably in most cases a product of secondary changes by descending waters. The alteration of the country rock is propylitic with *chlorite*, *carbonates*, *pyrite*, less abundantly *sericite* as secondary minerals. In limestones and in siliceous rocks there may be *silicification*. *Zeolites* occur in a few deposits.

One of the most widespread and characteristic gangue minerals and the most difficult to explain is *adularia* (or *valencianite*).² Discovered by Breithaupt in specimens from the Valenciana mine at Guanajuato, this mineral has since been found in numerous other places, mainly in the Cordilleran region, as part of the filling, and as a metasomatic product in the country rock. Among the places where this feldspar plays an important part may be mentioned Silver City (Idaho), Tuscarora, Tonopah, and Rawhide (Nevada), Gold Road (Arizona), Republic (Washington), and Cripple Creek and Creede (Colorado). It does not occur at Goldfield, Nevada, where solutions of acid reaction appear to have deposited the ore. The mineral is usually a pure potassium feldspar, although varieties with several per cent of sodium have been found at Waihi, New Zealand, and in the Gold Spring district, Utah.³ Sometimes the *adularia* replaces *orthoclase*, *biotite*, and other rock minerals (Fig. 159); it is also found in the form of well-developed crystals of prism and dome intergrown with vein quartz (Fig. 160). The cross-sections of the

¹ Such quartz from many districts is described by S. F. Adams, A microscopic study of vein quartz, *Econ. Geol.*, 15, 1920, pp. 623-663.

² A. Breithaupt, Ueber die Felsite und einige neue Specien ihres Geschlechts, *Schweigg. Jour.*, Bd. 60, 1830, p. 322.

W. Lindgren, Orthoclase as a gangue mineral in fissure veins, *Am. Jour. Sci.*, 4th ser., 5, 1898, p. 418. *Twentieth Ann. Rept.*, U. S. Geol. Survey, pt. 3, 1900, p. 167.

J. E. Spurr, *Prof. Paper* 42, U. S. Geol. Survey, 1905, p. 86.

W. Lindgren and F. L. Ransome, *Prof. Paper* 54, *idem*, 1906, p. 187.

A. F. Rogers, Orthoclase-bearing veins from Rawhide, Nevada, *Econ. Geol.*, 6, 1911, p. 790.

F. C. Schrader, *Bull.* 397, U. S. Geol. Survey, 1909; *Bull.* 497, *idem*, 1912.

³ B. S. Butler, *Prof. Paper* 111, U. S. Geol. Survey, 1920, p. 565.

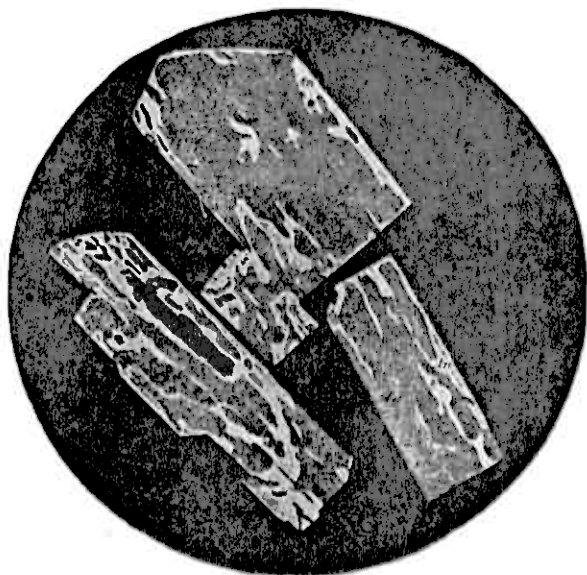


FIG. 159.—Adularia (*ad*) replacing soda-lime feldspar (*An*) in andesite from Tonopah, Nevada. Magnified 17 diameters. After J. E. Spurr, U. S. Geol. Survey.

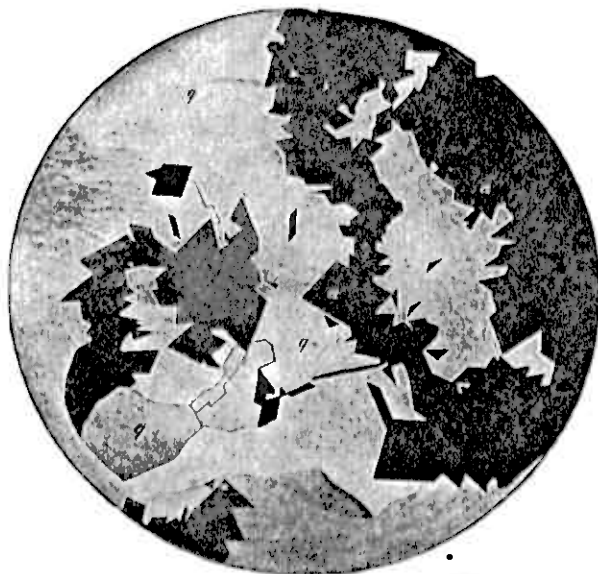


FIG. 160.—Intergrowth of quartz (*q*) and adularia (*a*), Fraction vein, Tonopah, Nevada. Magnified 38 diameters. After J. E. Spurr, U. S. Geol. Survey.

adularia crystals are usually of rhombic shape. The mineral also occurs abundantly in some veins that had originally a calcite gangue, now replaced by an intimate intergrowth of adularia and quartz.

The high-temperature minerals, such as augite, amphibole, olivine, biotite, tourmaline, topaz, garnet, magnetite, ilmenite, and chromite, are conspicuously absent.

Successive Phases of Mineralization.—Veins formed near the surface of volcanic regions are sometimes subject to peculiar changes, which are rarely observed in deposits of more deep-

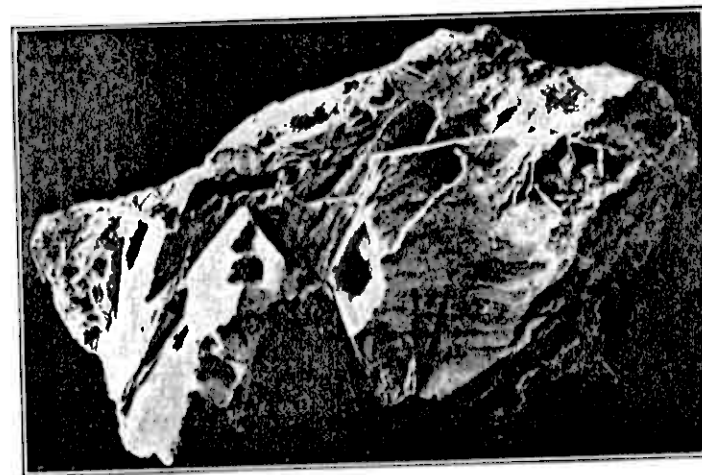


FIG. 161.—Lamellar quartz, replacing calcite gangue, De Lamar, Idaho. One-half natural size.

seated origin. An earlier gangue mineral, such as calcite or barite, may be wholly wiped out and replaced by a new gangue of quartz and adularia. This alteration has nothing to do with surface waters though the latter by the solution of calcite may sometimes produce a similar cellular or lamellar structure; it is plainly caused by a change in the composition of the ascending currents. Indications of this process may be seen even where it has not been carried to completion. In many veins at Cripple Creek deposition began by the growth of slender crystals of celestite from the walls, and these crystals were subsequently replaced by quartz, in which the pseudomorphs are now embedded. In the Trade Dollar vein at Silver City, Idaho, the filling consists of quartz and adularia, but casts of barite or calcite

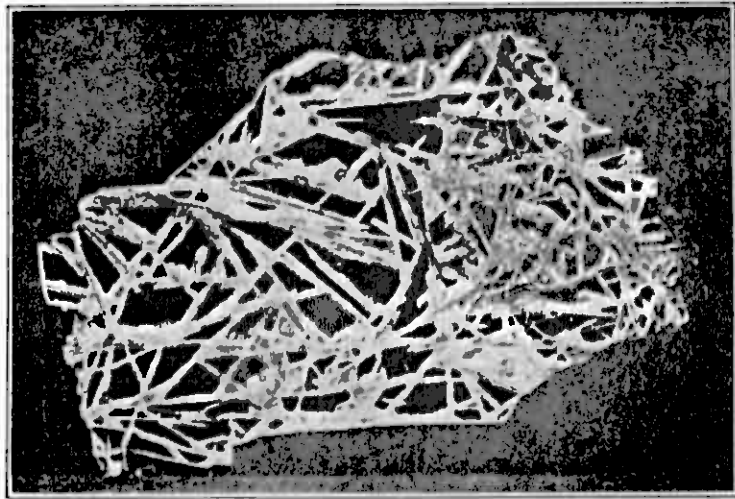


FIG. 162.—Section of lamellar ore, De Lamar, Idaho. Natural size.

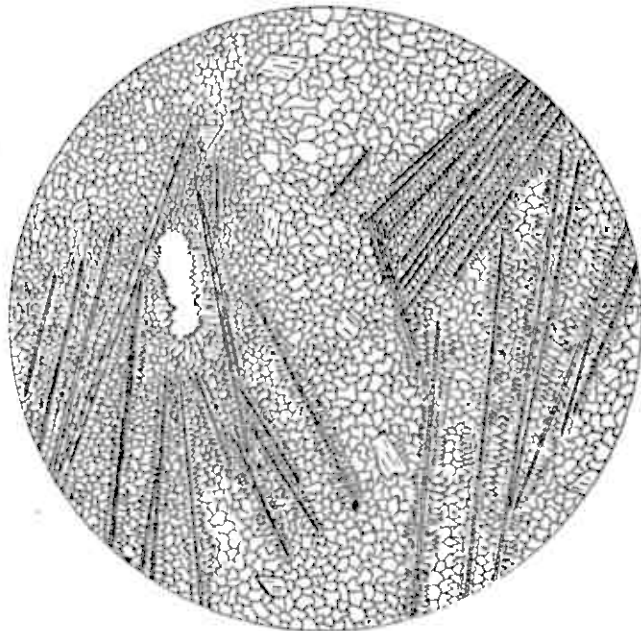


FIG. 163.—Lamellar aggregate of quartz, calcite, and adularia, Tom Reed mine, Arizona. Drawn from thin section. The thin plates of calcite are fringed with bristling quartz crystals and separated by granular quartz (clear) with some adularia (light-line shading). One small cavity lined with quartz crystals. Magnified 15 diameters. After F. L. Ransome, U. S. Geol. Survey.

covered with minute crystals of adularia indicate that here also there was a preliminary carbonate or sulphate stage.

In many instances the vein was completely filled by calcite, each grain separated by a slender partition of quartz; at the beginning of the second stage this calcite was dissolved, leaving a skeleton of thin silica walls; secondary quartz and often also adularia were deposited upon these walls, giving them more strength, but the ore remains a delicate aggregate of "hackly"

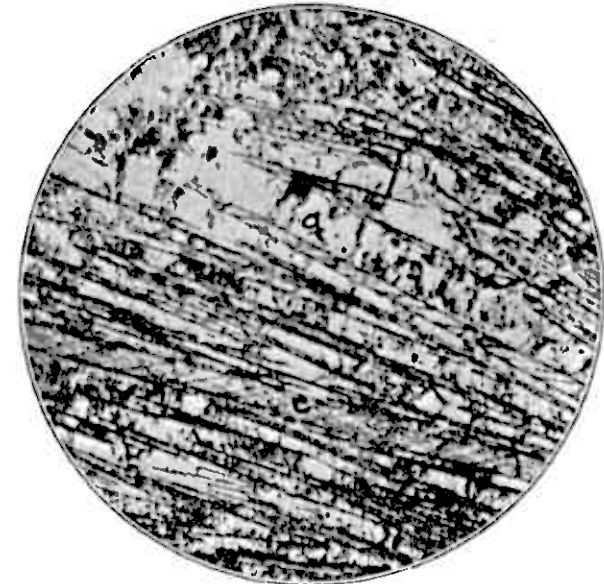


FIG. 164.—Lamellar calcite ore, Belmont mine, Marysville, Montana. Thin section. *c.* calcite; *q.* quartz. Magnified 30 diameters. After A. Knopf, U. S. Geol. Survey.

or lamellar quartz, such as is characteristic of some mining districts. At De Lamar, Idaho, this ore consists only of quartz (Figs. 161 and 162). In the veins at Oatman, Arizona, the original gangue material consisted of calcite and fluorite and the "pseudomorphic" ore consists of quartz and large amounts of adularia.

As plainly shown by A. Knopf,¹ F. L. Ransome,² and E. V. Shannon,³ much of the earlier calcite was of lamellar variety

¹ Bull. 527, U. S. Geol. Survey, 1913.

² Bull. 743, *idem*, 1923.

³ Minerals of Idaho, Bull. 131, U. S. Nat. Mus., 1926.

called "argentine" developed parallel to the basal plane, and this was replaced by quartz producing a thin platy, micro-crystalline quartz (Figs. 163 and 164) with adularia. Similar ore may be seen in the Mount Baldy district, southern Utah, at Jarbidge, Nevada, and at many other places. This important development of adularia, involving transportation of alumina by siliceous solutions, remains without full explanation. The composition of the ore may be similar to that of a pegmatite dike, but the structure is wholly different, and the evidence in favor of aqueous deposition is incontrovertible.

There is reason to believe that this "pseudomorphism" is accompanied by a change in the metal content of the vein. At least it seems as if the original filling of barite, calcite, and fluorite carried more silver and as if the silicification and feldspathization was accompanied by a concentration of the gold. ✓

Zeolitic Replacement.—Zeolites are foreign to veins of the deeper zones; in the veins formed near the surface they are occasionally found, but they are rare. At a few places zeolites are reported in the altered country rock (Tonopah, the Comstock, and Waihi). At Guanajuato apophyllite, laumontite, and stilbite are found in the filling of the veins, but here they always belong to the latest phases of vein formation. Few of these occurrences in the vein filling have been carefully studied. In the Southern Republic mine at Republic, Washington, laumontite, associated with calcite, occurs on a fairly large scale.¹ At this place the ordinary fine-grained banded quartz filling had evidently been dissolved and the laumontite-calcite aggregate was deposited in its place. The ore in this zeolitic zone or shoot contains mainly silver, whereas elsewhere in the mine gold predominates in the quartz gangue. It seems to be worth while to draw attention to this occurrence with a view to ascertaining whether the development of zeolites is not favorable to silver enrichment. Many facts noted in veins of other classes, like those of Kongsberg and Andreasberg, point in this direction.

Primary Ore Shoots, Oxidation, and Sulphide Enrichment.—Rich oxidized ores are often encountered in these deposits at the surface and down to the water level. Whether the primary ore is greatly enriched in this zone depends really more on the texture and composition of the ore than on its original tenor. In veins of hard fine-grained quartz oxidation often fails to pro-

¹ W. Lindgren, *Trans., Canadian Min. Inst.*, 15, 1912, pp. 187-191.

duce an ore of higher grade. There are many districts (Cripple Creek and Tonopah, for instance) in which the oxidized ores are little, if any, richer than those below the oxidized zone.

The largest and richest masses of ore are often found just below the oxidized zone and in general contain sulphides, sulph-antimonides, and sulpharsenides. It will suffice to call attention to the great silver bonanzas of Guanajuato and Pachuca; to the Comstock, where in one month silver-gold ores valued at \$6,000,000 were extracted; to Tonopah, Nevada, where in three months ore yielding over \$3,000,000 was extracted; to the Caledonian mine at Thames, New Zealand, which in one year from a small ore-shoot produced \$6,000,000 in gold; to Cripple Creek, Colorado, where in one year from a small area but a considerable number of mines \$18,000,000 in gold was produced; to Goldfield, Nevada, where during a single year over \$10,000,000 in gold was recovered from one property, the ore averaging \$38.50 per ton, and where, of the phenomenally rich ore shipped in 1907, one carload of 47 tons yielded \$600,000 in gold.

At the same time it is well to emphasize the fact that most of these high yields proved ephemeral. The bonanzas were extracted, poorer ore was found in depth, and the mine was abandoned or continued in feeble existence.

These great bonanzas are due in part to primary deposition—in large degree probably to the later, reconcentrating phases of primary deposition; and in part to sulphide concentration by descending waters charged with precious metals from the upper parts of the veins. It should not be overlooked that ore-shoots of primary origin are common enough. Take, for instance, the Cripple Creek gold ores, in which evidence of enrichment is conspicuously lacking; these primary shoots are usually of a markedly irregular form; many of the smaller ore-bodies are likely to follow intersections of fissures. In depth the rich shoots show a tendency to contract, to feather out, or simply to become impoverished.

In many cases zinc blende in a quartz gangue appears in depth. On the other hand sulphide enrichment is conspicuously marked, especially in silver veins. In gold-bearing veins the enrichment in gold is likely to be localized in the lower part of the zone of oxidation. The secondary silver minerals are cerargyrite, native silver, argentite, stromeyerite, stephanite, and polybasite. As a consequence it is often exceedingly difficult to distinguish

primary ore and enriched ore, and when in addition to this we recognize that the later effects of primary mineralization may sometimes closely simulate the products of descending surface waters, the difficulties of correct interpretation will be fully realized.¹ The distinction is made easier when the secondary sulphides form a distinct zone immediately below the oxidized part of the lode.

The conditions for the deposition of gold and silver are apparently much more favorable near the surface than at greater depths; on the other hand, deposition took place rapidly and the gold and silver contents of the solutions were doubtless exhausted before they reached the actual surface.

Types of Deposits.—The merging of the various types makes it difficult to establish a rigid classification.

One type, namely, the zeolitic copper ores in amygdaloid rocks presents certain controversial features, and has been described in the preceding Chapter XXV. The deposits are classified as follows:

1. *Cinnabar Deposits.*—Cinnabar, marcasite, stibnite, hydrocarbons, quartz, opal, calcite.
2. *Stibnite Deposits.*—Stibnite, pyrite, and some other sulphides; also quartz.
3. *Base Metal Deposits.*—Chalcopyrite, galena, zinc blende, tetrahedrite, in an abundant gangue of quartz, carbonate, or barite. Principal values usually in gold and silver.
4. *Gold Deposits.*—Native gold, alloyed with silver. Subordinate argentite, ruby silver, etc. Quartz.
5. *Argentite-gold Deposits.*—Argentite, silver selenides, ruby silver, tetrahedrite, etc.; native gold, quartz, calcite.
6. *Argentite Deposits.*—Argentite, ruby silver, tetrahedrite, etc.; quartz or calcite, barite, and fluorite.
7. *Gold Telluride Deposits.*—Gold tellurides, quartz, or quartz and fluorite.
8. *Gold Telluride Deposits with Alunite.*—Gold tellurides, gold pyrite, alunite, kaolin.
9. *Gold Selenide Deposits.*—Gold selenides, pyrite, quartz, calcite.

Older Representatives of This Class.—The types just enumerated almost wholly represent veins or similar deposits in Tertiary lavas of the Cordilleran or Pacific or Hungarian regions, but

¹ E. S. Bastin and F. B. Laney. The genesis of the ores at Tonopah, Nev., *Prof. Paper*, 104, U. S. Geol. Survey, 1918.

a close examination will easily discover examples of similar deposits of a greater geological age. Beck¹ described relatively unimportant deposits in the Mesozoic melaphyres and quartz porphyries at Imbach, in the German Palatinate, that carry chalcopyrite, galena, and tetrahedrite in a gangue of calcite, barite, and rhodochrosite and are probably ancient representatives of this class. The celebrated veins of Freiberg, or at least three types of them, namely, the "noble quartz formation," the "noble carbonate formation" and especially the "barytic lead formation," should be mentioned in this connection. There seems to be good evidence that these are Carboniferous representatives of veins formed near the surface, although the lavas in which they probably reached the surface are now eroded. Their structure and composition point clearly to a shallow deposition, and were the physiographic conditions in the Erzgebirge fully analyzed the results would probably confirm this view. The "barytic lead formation," for instance, carries barite, fluorite, quartz, and dense quartz as gangue minerals with beautiful crustification, while the ore minerals are argentiferous galena, tetrahedrite, bournonite, and chalcopyrite.

Other occurrences comprise the veins in the Triassic diabase flows at Bergen Hill, New Jersey, which contain pyrite and galena in a gangue quartz and adularia, with secondary zeolites; also the copper veins at Bristol, Connecticut.

Proof of Depth below Surface.—Physiography furnishes the data on the original surface during deposition. We may be able to trace the old surface of the volcanic plateau and ascertain the relation of the outcrops to the uppermost flow, or in dissected volcanic piles it may be possible to reconstruct approximately the old surface of the volcanic cone. Of this latter possibility Cripple Creek is an instance (Fig. 184); the present surface was probably less than 1,500 feet below the original surface of the volcanic cone. Ransome estimates that at Goldfield, Nevada, the surface has been degraded but a few hundred feet below the original contours of the flows. A fine example showing the connection of deposits formed near the surface with those of more deep-seated type is offered by the San Juan region, in Colorado, where erosion has not only intersected the flows but laid bare the intrusive masses forced into them—all within a vertical interval of 6,000 feet.

¹ R. Beck. *Lehre von den Erzlagernstätten*, 1. 1909, p. 334.

by fissures. According to Prescott, there are no vertical fissures feeding the pipes though the solutions seem to have ascended through the chimneys and worked their way outward (Fig. 238). It is interesting to compare these pipes with the somewhat longer pipes of the Iron Blossom mines at Tintic. Naturally there are many difficult problems in ascertaining how the solutions could have managed these long penetrations. The ores are apparently similar throughout the length of a pipe. The average composi-

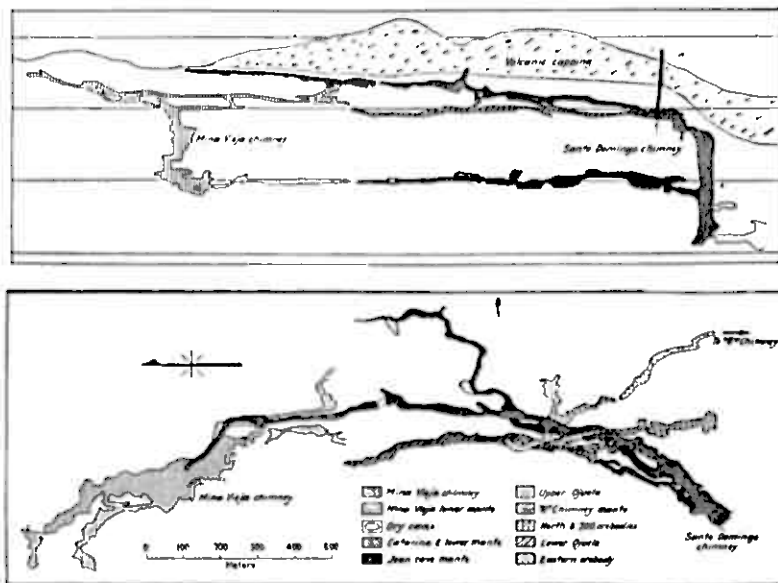


FIG. 238.—Plan and longitudinal section showing chimneys and pipes in flat limestone in the Santa Eulalia district, Mexico. After Basil Prescott.

tion of the Santo Domingo pipes is in per cent 13 lead, 2 to 6 zinc, 25 iron, and 8 lime. The silver averages about 300 grams per ton. In Tintic there is a great deal of silicification surrounding these pipes. At Santa Eulalia the silicification appears less well marked.

Two main types of ore are found: (1) an older, complex silicate gangue (ilvaite, hedenbergite, fayalite, and chlorite), with argentiferous pyrite and little lead and zinc; (2) the predominating Santa Eulalia ore containing pyrite, galena, and sphalerite, with lime silicates in minor amount or absent.

DEPOSITS WITH NATIVE SILVER

Native silver is not, as a rule, a primary mineral in the deposits which contain it, nor is it restricted to any particular class of deposits. As a secondary product due to reactions within the oxidized zone it is common in many kinds of deposits—for instance, in argentiferous galena ores, in tetrahedrite ores, and in the argentite veins. It is ordinarily found some distance below the surface; cerargyrite (AgCl) is more abundant in the outcrops. The native silver often occurs at depths far below the zone of oxidation, properly speaking. At Aspen, Colorado, it is abundant in fissures and vugs of limestone and shale 900 feet below the surface and is distinctly later than the primary lean galena-zinc blende ores; along the delicate threads of the metal small barite crystals are often suspended.

In certain deposits the native silver is, however, the predominating ore mineral and is evidently of primary (hypogene) origin. These occurrences may be divided into two groups:

1. The silver-bearing deposits with zeolites.
2. The silver-bearing cobalt-nickel deposits.

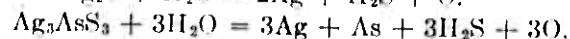
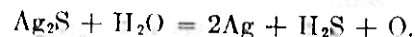
The Zeolitic Deposits.—Zeolites are ordinarily foreign to ore deposits connected with igneous rocks. Their occurrence in some contact-metamorphic deposits and in certain fissure veins is mentioned on page 500. Zeolites are found in the veins of Kongsberg, Norway; Andreasberg, Germany; Arqueros and Rodaito, Chile; and Guanajuato, Mexico, all of which are worked for silver. They are rarely noted in the western part of the United States. In general, it seems certain that the zeolites were deposited later than the other minerals, probably not, however, by descending waters, but rather by remaining stagnant parts of the original vein-forming solutions. A concentration of silver ores often accompanied their development. Calcite, quartz, barite, and fluorite are the principal gangue minerals in the typical localities, the presence of antimony and quicksilver is often mentioned.

The renowned silver mines of Kongsberg, in southern Norway, which have been worked for several hundred years and still remain productive, have been described by Vogt.¹ The deposits are narrow veins in gneiss and mica schist, often breaking up when entering amphibolite. Along certain lines following the schistosity the rocks contain disseminated sulphides, mainly

¹ J. H. L. Vogt, *Zeitschr. prakt. Geol.*, 1899, pp. 113-123; 177-181.

pyrite and pyrrhotite, and the veins become enriched where crossing these "fahlbands," probably on account of their precipitating influence. The mines have been worked to a depth of 3,000 feet. Quartz, chlorite, and axinite crystallize next to the walls, but the prevailing gangue is calcite with some barite and fluorite, rarely adularia and albite. Zeolites also occur and are among the latest gangue minerals, prehnite, stilbite, harmotome, and laumontite being among those identified. The principal ore mineral is native silver, mostly in wire form; this is believed to be derived from the more scarce argentite by a process of enrichment. Less prominent are ruby silver, stephanite, pyrite, pyrrhotite, arsenopyrite, chalcopyrite, zinc blende, and galena, the latter poor in silver. A certain part of the silver is believed by Vogt to result from primary deposition. The native silver contains quicksilver. Anthracite with 95.5% carbon is also one of the gangue minerals deposited during the early stages.

Vogt supposes the native silver to be derived from argentite and proustite by action of water according to Bischof's reactions which as shown by Moesta can take place at 100° C.



The list of minerals given shows clearly that the veins have had a complicated history, beginning with the deposition of high-temperature minerals like axinite and ending with that of minerals like zeolites, probably formed at about 100° C. This history has evidently not yet been followed in detail; it is stated by Vogt that axinite crystallized together with the zeolites, but this seems a curious association.

The other notable occurrence is at Andreasberg, in the Harz Mountains, best described by A. Bergcat.¹ The veins at Andreasberg are simple filled fissures, at most 0.5 meter thick, chiefly in Silurian clay slates and quartzites. They appear not far from the intrusive mass of the "Brocken" granite. The veins are included between two great divergent dislocations, forming impermeable walls, against which the silver veins split and cease. The mines, which attained a depth of 2,700 feet, are now closed.

In general the veins carry argentiferous galena and tetrahedrite; sometimes they yield large druses full of rich silver ores, calcite, and zeolites. Bergcat distinguishes five phases:

¹ Stelzner and Bergcat, *Die Erzlagertstätten*, 2, 1906, pp. 718-720.

1. In crevices near the veins, in part also in the fissures themselves, are garnet, epidote, axinite, and albite.

2. Earliest bituminous calcite with simple antimonides, arsenides, and sulphides: Niccolite, smaltite, löllingite, breithauptite (NiSb), zinc blende, galena, pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite.

3. Tetrahedrite with quartz (replacing calcite) and fluorite, chalcopyrite, galena, zinc blende; native silver and millerite, encrusting tetrahedrite.

4. Sulphantimonides and sulpharsenides: Pyrargyrite, proustite, miargyrite, polybasite, stibnite, argentite (in part from pyrargyrite), fluorite.

5. Native silver, realgar, calcite, apophyllite, analcite, chabazite, heulandite, brewsterite, harmotome, stilbite, natrolite; also fluorite and chalcopyrite.

This clear exposition of paragenesis indicates a long epoch of deposition with gradually diminishing temperature and emphasizes the connection of the native silver with zeolitization.

Zeolites occur in a number of Chilean silver veins, particularly at Arqueros and Rodaito, in association with native silver, calcite, barite, and silver amalgam. At the South Republic mine, Republic, Washington, where the gold selenide veins in andesite are filled by closely banded, chalcedonic quartz (p. 578), the vein has in part been replaced by a loose aggregate of calcite and laumontite much richer in silver than the original quartz.

The occurrence of native silver in the zeolitic copper and silver deposits of the Lake Superior region is described on page 506. In short, zeolitization, probably effected by warm or tepid waters, seems particularly adapted to the concentration of silver and the deposition of both native silver and rich silver minerals.

The Silver-bearing Cobalt-nickel Veins of Saxony.—In different parts of the world occur narrow veins with calcite or barite gangue and arsenides or sulphides of cobalt and nickel; the cobalt and nickel minerals contain silver, and this metal is often separated as seams of native silver enclosed in the older metallic minerals. Here, the silver is evidently primary and deposited by the same solutions from which the earlier arsenides were formed.

The cobalt veins of Annaberg,¹ in Saxony, appear in gneiss intruded by dikes of granitic and lamprophyric character; they

¹ H. Müller, *Die Erzgänge des Annaberger Bergrevieres*, Geol. Landesanstalt, Leipzig, 1894.

A

B

CD

E

F

G

H

IJ

K

L

M

N

O

PQ

R

S

T

U

V

W

XY

Z

AA

O

A
B
CD
E
F
G
H
IJ
K
L
M
N
O
PQ
R
S
T
U
V W
XY Z
ÄÅ Ö

K

Eighth day, September 3rd.

Arrive Trondheim early morning. Buses meet boat. Drive to Østmarksneset to view the Geochemical and Geophysical prospecting laboratories, to the Norwegian Technical University to inspect new geology building. Buses leave for north before lunch. Lunch in Steinkjer. Further to Gjersvik in the Grong mining area. Arrangements for visiting Gjersvik pyrite mine if time permits. Overnight at Gjersvik Guest House.

Ninth day, September 4th.

Leave Gjersvik by bus for Skorovas copper-pyrite mine. Exposures of Grong area rocks en route. Skorovas mine, surface and underground exposures of ore and country rocks. Late afternoon proceed by bus back to Steinkjer. Overnight there.

Tenth day, September 5th.

From Steinkjer to the Fosdalen mining operations. Lenticular magnetite bodies in volcanic country rocks. Surface and underground exposures. Milling operations. Late afternoon return via Steinkjer to Trondheim. Overnight.

Eleventh day, September 6th.

From Trondheim to the Løkken copper-pyrite mine. Underground and surface exposures of the massive sulphide ore and volcanic country rocks. Mining operations. Late afternoon return to Trondheim. Excursion ends. Members to make own travel arrangements from Trondheim.

HISTORY OF THE MINING INDUSTRY IN NORWAY

(Partly after Olge J. Adamson, 1952.)

One of the first mines known to have been worked is the Kongsberg silver mine, discovered in 1623. This mine has been in almost continuous operation until recently, having been closed down in 1958. Copper ore was discovered at Røros in 1644 and at Løkken in 1652. Iron ore mining started about the same time at several occurrences in southern Norway.

Until the end of the 18th century only iron, copper and silver ores were mined. There were 18 iron-works, most of them situated along the western side of the Oslofjord. The total annual production from all the iron-works was not much more than one day's production from a modern furnace, but at the time they were important industrial and

cultural centres. The old Norwegian iron industry, which was based on charcoal smelting, declined from 1850 onwards, as a result of the competition from coke-smelted foreign iron.

The town of Kongsberg was founded in 1624. The national importance of silver mining at the time is exemplified by the fact that Kongsberg as late as 1770 was the second largest town in Norway, with a population of 8 000; Bergen was the largest town, having 14 000 inhabitants, while Oslo and Trondheim had each 7 500. Today, Oslo has a population of nearly 430 000, while that of Kongsberg is approximately the same as it was 200 years ago.

The Kongsberg Mining Academy, founded in 1757, also deserves mention. It has the honour of being the oldest mining school in the world. But for Norway it represented more than a mining school; it was our first centre of academic life, and may well be said to be the precursor of the University of Oslo, which was opened in 1813.

In the first half of the 19th century Norwegian cobalt mining was of considerable international importance. The cobalt mines were situated in the Modum district near Hønefoss in South Norway, and at the height of their activity employed 3 000 workers. Cobalt was then used chiefly as a colouring agent in the glass and porcelain industries. After the invention of the synthetic pigment ultramarine, mining declined, and was definitely abandoned in 1898.

In the second half of the 19th century nickel mining started in several localities. Until 1874, when the New Caledonian mines went into operation, Norway was one of the chief nickel producers. At the beginning of the present century the world's nickel production increased phenomenally by the opening up of the Canadian Sudbury deposits. From then on the international importance of Norwegian nickel mining was small, although the output was much larger than in the 1870's. Nevertheless, Norway was still the largest nickel producer in Europe, until the beginning of World War II, when the Finnish (now Russian) Petsamo mines commenced operation. The two chief Norwegian nickel mines were the Flaat mine at Evje near Kristiansand and the Hosanger mine near Bergen. Both mines were abandoned in 1946, owing to the exhaustion of ore of commercial grade.

In the beginning of the 1860's the chemical industries started using pyrite as a raw material for the making of sulphuric acid. This has been the most important single factor for the prosperity of the Norwegian mining industry. It brought new life to the old copper mines, which produced copper ore from cupriferous pyrite, and new pyrite deposits

were opened up. The old Vigsnes mine started pyrite production in 1865 and the Sulitjelma mine was opened up in 1887. In 1904, Orkla Grube-Aktiebolag took over the Løkken mines, earlier worked for copper. The Føldal and Killingdal mines started large scale production of pyrite in 1907, followed by the Bjørkåsen and Stordø mines.

At the end of the 19th century pyrite mining completely dominated the Norwegian mining industry, but in the beginning of the present century iron mining again became important. The large magnetite deposits at Sydvaranger were opened up in 1910 and the Fosdalen mine near Trondheim started large scale production in 1912. Iron mining had at that date about the same production value as pyrite mining, and this was the case until the Second World War, when the Sydvaranger mines were destroyed.

Selective flotation was introduced in the late 1920's. High grade copper and zinc concentrates were then obtained as by-products of the processing of cupriferous pyrite ores. Although the output of copper and zinc concentrates has been comparatively small, it has been of great economic importance for many pyrite mines.

The two most important mines opened up in the period between the two world wars were the Sokndal ilmenite mine and the Knaben molybdenite mine. In the years before World War II Sokndal accounted for about 15 per cent of the world's production of titanium ore, and Knaben accounted for about 3 per cent of the world's production of molybdenum ore.

The Norwegian mining industry as it is today is essentially a result of the extensive pioneer work undertaken at the end of the last century and in the two first decades of this century.

Foreign capital has played an important part in the development of the Norwegian mining industry, particularly Swedish, German, British and American capital, but most of the mines which were previously controlled by foreign capital are now in Norwegian ownership. The largest transfer took place after World War II, when all the German interests in Norwegian mines became the property of the Government, including the Sydvaranger iron mine, the Fosdalen iron mine and the Stordø pyrite mine.

In respect both of quantity and export value, pyrite and iron ore have a dominating position. In 1938 the mining industry had a record production of 2 600 000 metric tons. In the same year 1 400 000 tons of iron ore concentrates were produced, to the value of about 27 million kroner, and 1 050 000 tons of pyrite to the value of 18,2 million

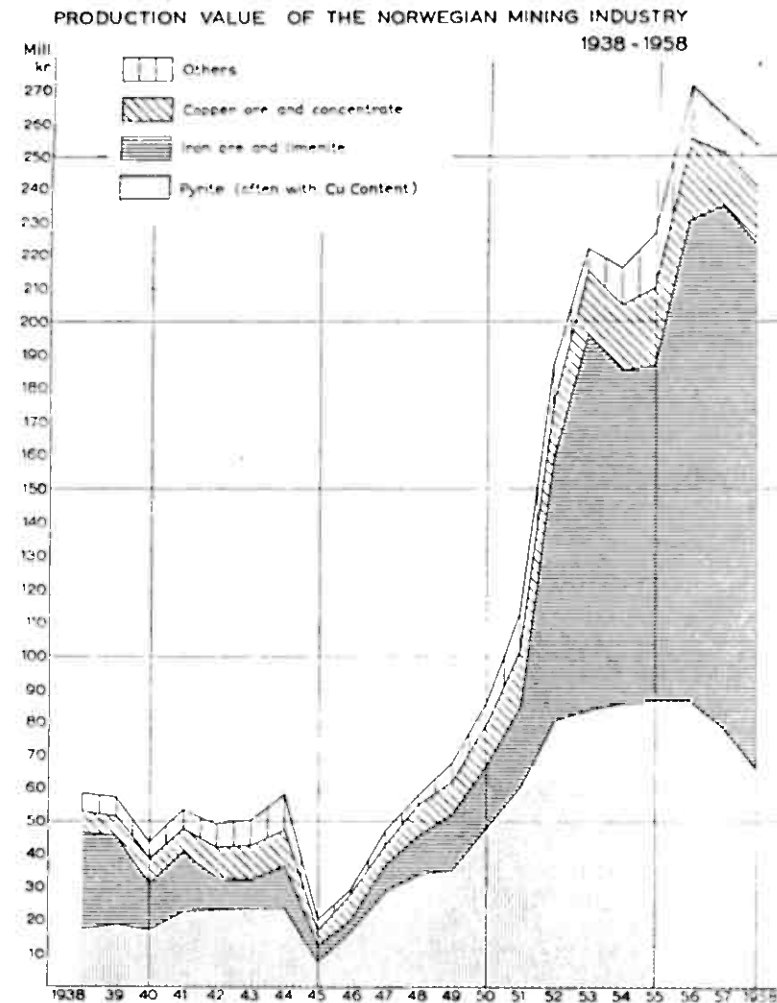


Fig. 3.

Graph showing the production value of Norwegian metallic ores, 1938-1958.

kroner. Copper and zinc ores had a production value of 5.7 million kroner. The value of iron ore and pyrite mining was therefore nearly 90 per cent of the total production value of the mining industry. Other ores produced were molybdenite (3.2 mill. kr.), ilmenite (1.5 mill. kr.), nickel ore (1.5 mill. kr.) and silver ore (0.4 mill. kr.).

During the German occupation the output at practically all the mines declined. Two mines were badly damaged by war operations: the Sydvaranger iron mine and the Knaben molybdenite mine. In 1944 the total quantity of ore produced was less than half the 1938 figure. In the liberation year 1945, production fell catastrophically. The output was only 16.7 per cent of the 1938 figure and less than in any year since the depression year 1921.

The accompanying graph (fig. 3) shows the yearly production values of the main Norwegian mining products for the years 1938–58. As can be seen from this graph the output has risen steadily, even rapidly, since 1946. Part of this rise reflects, of course, the increase in metal prices since the war, but it is mainly due to an absolute increase in production, especially as regards iron and pyrite. The tremendous increase in the value of iron production from 1951–52 onwards, following the resumption of full scale production at the Sydvaranger mines, is shown very clearly. The set back in 1954–55 was due to temporary difficulties in disposing of iron ore. In 1956 the total value of Norwegian ore production reached the record figure of 271 million kroner, 53 per cent of which was derived from iron and titanium concentrates.

The figures for the last two or three years show a marked fall in the value of Norwegian ore production. This may be ascribed to the fall in metal prices, chiefly of copper, lead and zinc which occurred the whole world over and to a markedly reduced demand for pyrite ore by the chemical industries of western Europe. In fact the position of several of the Norwegian pyrite producers at the time of writing is very uncertain and cut-backs in production, in some cases cessation of production, have been forced on most of the mines.

The future of the iron, ilmenite and molybdenum producers seems much brighter and increases in output are planned at most of these mines.

Reference:

Adamson, O. J., 1952. "The Mineral Industry, metallic ores" in "Industries of Norway", Oslo, Dreyers Forlag.

DESCRIPTIONS OF MINES AND DEPOSITS Contact-metamorphic deposits in the Drammen area

(After V. M. Goldschmidt.)

The area around Drammen offers excellent opportunity for study of contact metamorphism. On each side of the valley of the Drammen River there are to be found remnants of the sedimentary rocks and the granite laccolith.

South of the Drammen valley the laccolith roof is exposed and can be observed in numerous fine exposures. At an area about 10 kilometres long from east to west a wide, north-south, underlain by high grade contact metamorphic rocks, sediments. Imposed upon the normal contact metamorphic rocks, occur the numerous ore deposits, cutting the alluvium.

The roof rocks are composed of upper Silurian bedded (Ludlow) overlain by Devonian sandstone, and lie in a syncline fold over the granite.

The ore deposits (which have not been worked for many years) are mainly in two groups: those around Konnerudkollen immediately south of the Drammen valley, and those of the Aaserud area further to the south, towards the Sande valley.

The deposits of the Konnerud area, which were the first to be discovered, are intimately connected with lines of faulting. Two main north-south fault lines have caused a portion of the granite to be pressed in the form of a "graben", bringing Devonian rocks into contact with the underlying Silurian rocks. Granite is exposed north of the mine area and a tongue of it projects south along the line of the more westerly fault zone, seemingly indicating a connection between the faulting and the emplacement of the granite.

Mineral deposition, mainly sphalerite, with lesser galena and pyrite occurs in the actual fault zones, partly in a granitic matrix and partly as impregnations in Silurian rocks. Mineralization was observable in the Devonian sandstone.

In the Aaserud area two types of deposits have been discovered in the past: 1) sphalerite-galena impregnations in limestone at the immediate boundary of the granite; 2) sphalerite (and pyrite) in vertical fractures in limestone some distance from the granite.

Reference:

Goldschmidt, V. M., 1911. Die Kontaktmetamorphose im Kristianerfjeld. Selsk. Skr. I. Mat. Naturv. Klasse No. 1.

Kongsberg Silver Mines.

Unfortunately the famous old silver mines at Kongsberg are now closed down and it is no longer possible to study the ores and their geological setting at first hand. On this excursion we must content ourselves with a visit to the Silver mines' Museum, where specimens of the ores as well as old mining and metallurgical equipment are on display. In addition there is a small model mine designed to illustrate the methods of working used in the actual mines.

The following is a short summary of the main features of Kongsberg geology and mineralogy, taken mainly from Neumann (1944).

The official history of the Kongsberg silver mines begins in 1624, though it is probably that mining took place in the area even before this time. Since then there have been produced some 1300 tons (metric) of pure silver from about 130 large and small mines. Neumann states that the total amount of silver contained in the ores was about 2000 tons, the difference being accounted for by metallurgical losses and theft. The average production was about 4 tons per year, with variations from 1/3 of a ton to 15.7 tons.

The greatest depth, reached in the oldest mine, Kongens Grube (The King's Mine) is 1076 metres.

The silver deposits are situated in Precambrian rocks, a few kilometres west of the western boundary of the Permian and Cambro-Silurian rocks of the Oslo area. In order of their age, beginning with the oldest, the following units are recognized: 1) Banded gneisses and dioritic gneisses (grey Kongsberg gneiss), 2) Vinor amphibolites, 3) Granitic gneiss (Kongsberg granite). All the above rocks are intersected by diabase dykes which strike E-W and which are related to the Permian rocks of the Oslo area.

Characteristic for the area are the so-called "fahlbands" which are elongated narrow zones in which the rocks have been heavily metasomatized and impregnated with sulphides. They strike roughly N-S, almost parallel with the strike of the rocks as a whole. There are several fahlband zones, the most important of which are those of Underberget and Overberget. Most of the mines of the Kongsberg area are to be found in these two zones. In the Overberget zone the fahlbands reach a thickness of from 180 to 900 metres and are over 10 kilometres long.

The sulphides of the fahlbands are mainly pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite and some sphalerite. Less commonly occur arsenopyrite, cobaltite, galena, magnetite and ilmenite.

The ability to precipitate silver from solution has been attributed to these fahlbands and they are supposed to have improved the silver content of the cross cutting calcite-native silver veins.

Two groups of veins are found in the Kongsberg area: the older quartz veins carrying sulphides of iron, copper, zinc and lead, and the younger calcite veins carrying arsenides of cobalt and nickel and native silver. C. Bugge (1917) called these two groups veins of the first and second generation respectively. He also gave the name "sulphide bearing quartz breccia veins" to the first group.

Such quartz veins intersect the area in great numbers, not only in the immediate neighbourhood of the mines. They are especially common to the east where they can be traced right up to the boundary of the Oslo area. These veins are also found inside the Oslo area, being in all probability identical with the sulphide bearing quartz veins of the Konnerudkollen area near Drammen (see above). Their usual strike is ENE in the Kongsberg area, though a few strike N-S.

The veins of the second generation (native silver-nickel and cobalt arsenide-calcite type) are found almost only within the fahlband zones, never extending for more than a few metres into the surrounding gneisses. These veins are usually very narrow, seldom reaching more than 0.5 metres wide (average thickness 5-10 cm). The vein proper is often surrounded by parallel and crossing fissures, resulting in a complex mineralized zone or breccia, which in places may reach room size.

The veins usually strike about E-W and dip steeply towards the south. In addition steep northerly dips are sometimes found, and dips of 45° S are common in the northerly part of the Overberget fahlband zone. The veins often appear in definite systems, in sets of veins which occasionally form very beautiful "Fiederspalten".

These veins are usually homogeneous from one wall to another; only an inconsiderable minority show banded structures. Often, however crystals of quartz are found in contact with the vein walls, with their axes at right angles to them.

Vughs are comparatively frequent. In these the vein minerals are found as crystals of unusual beauty. Most of the ore samples from Kongsberg, as for example those in the Museum, come from these vughs.

The following is a list of the minerals which have been found in the Kongsberg veins (after Neumann 1944).

1. Native silver
2. Native arsenic
3. Dyscrasite
4. Argentite and acanthite
5. Jalpaite
6. Sphalerite
7. Chalcopryrite
8. Polybasite
9. Ruby silver ore
10. Marcasite
11. Diarsenides of Co + Ni
12. Chlorargyrite
13. Fluorite
14. Quartz
15. Anatase
16. Calcite
17. Barite
18. Erythrite
19. Epidote
20. Axinite
21. Tetrahedrite-tennantite
22. Niccolite
23. Pyrrhotite
24. Minerals of the Sternbergite group
25. Galena
26. Stephanite
27. Prehnite
28. Asbestos (Chrysotile)
29. Apophyllite
30. Chlorite
31. Armenite
32. Hyalophane
33. Albite
34. Datolite
35. Natrolite
36. Laumontite
37. Stellerite
38. Harmotome
39. Coal Blend

References:

- Bugge, G., 1917. Kongsbergfeltets Geologi. Norges Geol. Unders. No. 82.
 Neumann, H., 1944. Silver deposits at Kongsberg. Norges Geol. Unders. No. 162.
 (The latter contains complete bibliography.)

Søve Niobium Mine, Fen area.

Petrology

by Sveinung Bergstøl and Sverre Svinndal.

The Fen area lies near Ulefoss in Telemark, 119 km southwest of Oslo and 12 km west of the boundary of the Oslo region. The Precambrian basement in the area has been invaded by peralkaline rocks and carbonatites over an area of about 5 square kilometres. (Fig. 4.)

The area has been investigated and described by, inter alia, W. C. Brøgger (1921) and Egil Sæther (1957).

The geological mapping has been based on small and infrequent exposures since most of the area is heavily covered. Many of the rocks described below are only found as erratic blocks.

The age of the Fen area was considered by Brøgger to be Eocambrian; later attempts were made to correlate it with the Permian igneous

rocks of the Oslo Region on the basis of the similarities between the two. Faul and coworkers (1959) carried out K/Ar age determinations on biotite occurring in søvite and arrived at an age of 565 million years. Sæther (1957) determined Th/Pb ages on columbite, koppite and zircon. He obtained a result between 400 and 600 million years. An unpublished K/Ar determination on K-feldspar from a hollaite pegmatite gave an age of 413 million years (P. Schmidlin and W. Gentner). In this connection it may be mentioned that the petrologically similar Alnö area in Sweden has, in the opinion of von Eckermann, "a late or post-Jotnian" age. A preliminary determination of the maximum age of the Alnö rocks by U and Th in pyrochlore from søvite gave the result: 563 million years. (Eckermann & Wickmann 1956.)

The main rock types in the Fen area are:

Fenite

Urtite-ijolite-melteigite-vipetoite

Søvite

Rauhaugite

Hollaite

Rødberg

Kimberlite (damtjernite)

Fenite is an alkali syenite and is found in the peripheral parts of the Fen area. The main minerals in the rock are alkali feldspar, partly as a characteristic micropertthite, aegirine, aegirine-augite and minor Na-amphibole. Apatite, zircon and pyrite occur as accessory minerals. Quartz is not found in the most typical fenite, but otherwise it occurs in greatly varying amounts.

The gneiss which surrounds the Fen area is a granitic one with occasional layers of mica schist and some areas of amphibolite. The ratio oligoclase to microcline is generally 1 to 1. This gneiss is fenitized towards its boundary against the Fen area. The first sign of fenitization is that the biotite is replaced by aegirine and soda amphibole, at times also by iron oxide. Nearer to the complex the microcline of the gneiss, and later also the plagioclase, are substituted by a micropertthite. Nepheline and calcite are also usual in typical fenite.

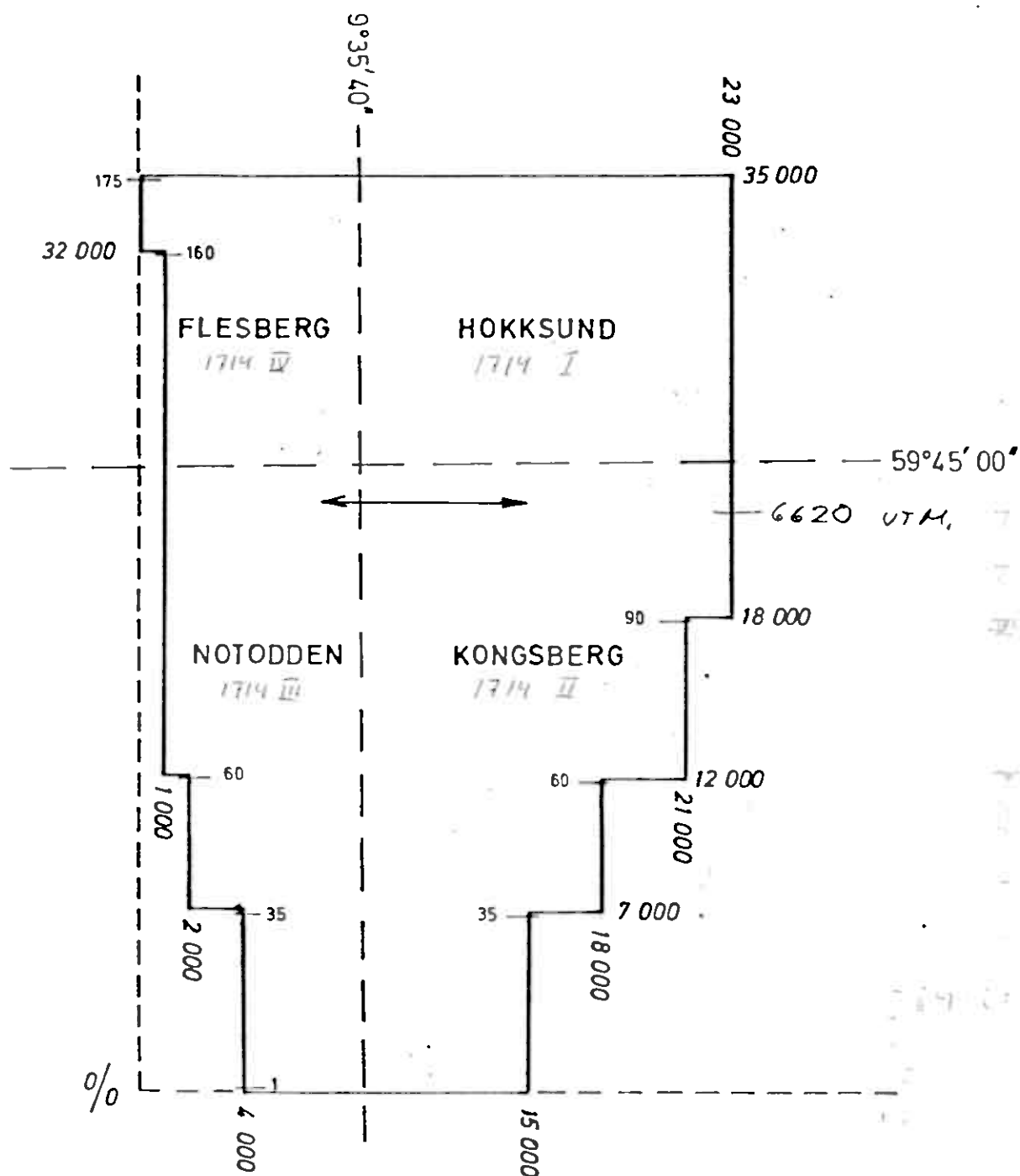
In some places the fenite constitutes only a narrow zone between the Fen rocks (see below) and the gneiss. Frequently granitic breccias also occur in this zone, consisting of gneiss fragments in a groundmass of finely crushed granitic material. These breccias also show transitions to kimberlite breccias (see later) where the gneiss fragments become

A
B
CD
E
F
G
H
IJ
K
L
M
N
O
PQ
R
S
T
U
V W
XY Z
AA O

NORGE - 83

1:250 000

(Flesberg, Hokksund, Notodden, Kongsberg)



Flögríktning 90°

Antal flyglinjer 175

Km (385 + 400 + 600 + 1540 + 345 =) 3 270

Km² 654

Flyget

~~STAT~~

Måh Stockholm 5/5

Flygningen vecka 22 preliminär (för ca 2 veckor)

Inkvarterig Notodden skryg i närheten av flygplats

preliminär kartmål järdigt 1-2 veckor
slutgiltigt - in 2-3 veckor

skala 1:50.000

Kan köras ut i samma skala på begäran

13 L4- { Mag
samma slingram rel in
kollar VLF
officer radiomaskin
hjul

Flygning inom 4 st karta 1:50.000
Flesberg, Høllsund, Notodden, Kongsvær

Bob. Malmström 08/225240

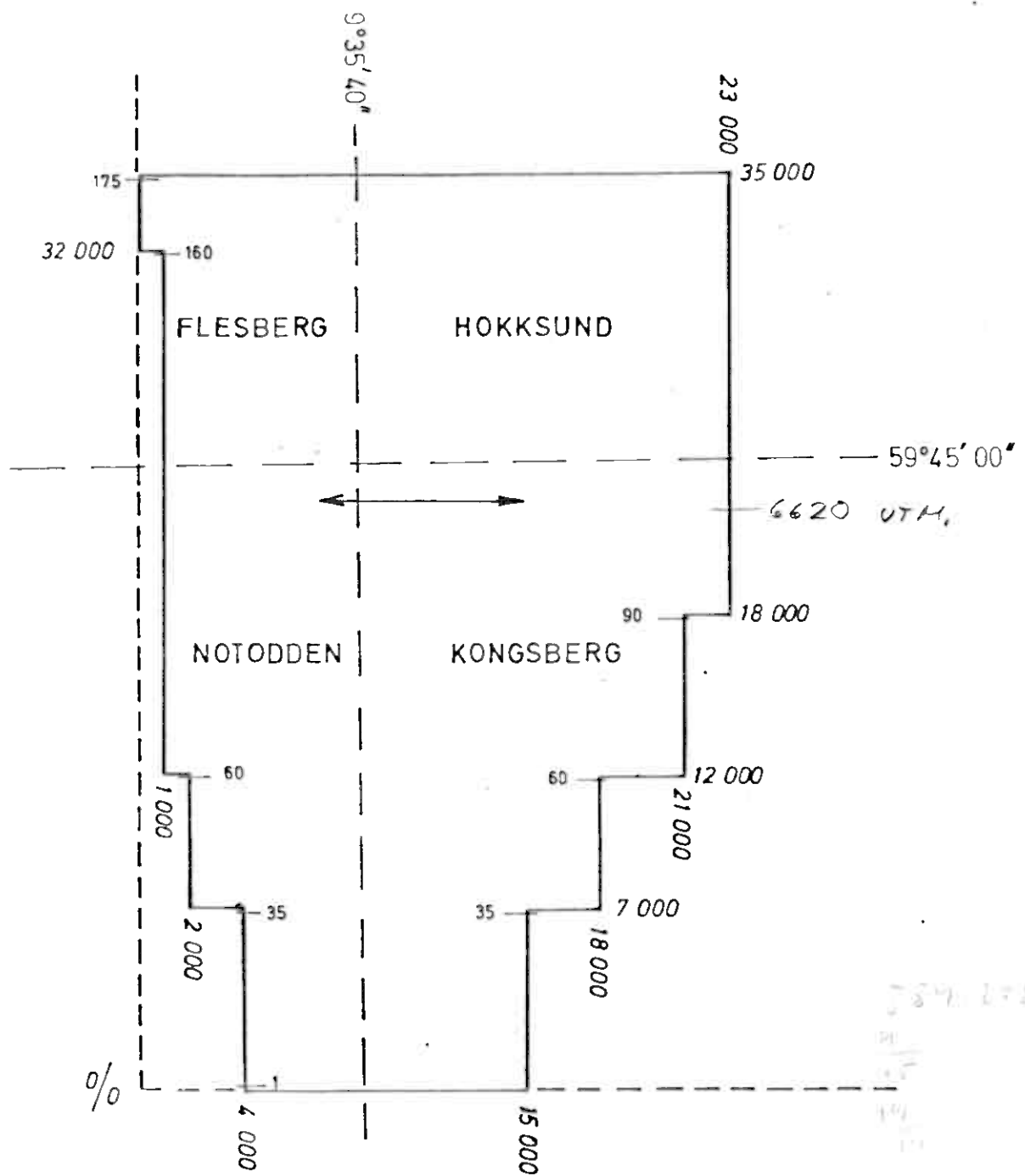
Rune Tursen, Leif Eriksen Kongsvær

Allen England kollar topografi i fjell
och skiter tolkning (2 veckor jobb)

NORGE - 83

1:250.000

(Flesberg, Hokksund, Notodden, Kongsberg)



Flygriktning 90°

Antal flyglinjer 175

Km $(385 + 400 + 600 + 1540 + 345 =) 3\ 270$

Km² 654

A
B
CD
E
F
G
H
IJ
K
L
M
N
O
PQ
R
S
T
U
V W
XY Z
AA Ö

M

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V W	
XY Z	
AA Ö	

N

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V W	
XY Z	
AA Ö	

ID	STAN: !BR1	8258XX422	8258XX423	8258XX424	STAN: !C+1
MET	ICP, HCL	ICP, HCL	ICP, HCL	ICP, HCL	ICP, HCL
DAT	820825	820825	820825	820825	820825
KLO	130636	131040	131239	131422	133143
X					
Y					
GLD					
KOM					
DE	0.0946	-0.0004	-0.0003	0.0000	0.1013
MG	10.0228	3.2286	1.9037	1.7254	10.7576
AL	9.6676	5.6765	9.5094	6.2452	10.5726
CA	9.8537	0.3611	1.7305	2.5359	10.4404
SC	0.0927	0.0020	0.0043	0.0021	0.0996
TI	1.9333	0.1955	0.2497	0.2709	1.9977
V	0.1152	0.0022	0.0266	0.0152	0.1215
MN	1.9513	0.0860	0.0528	0.1709	2.0314
FE	10.3368	26.7371	11.5626	6.5355	10.6623
CO	0.1009	0.1369	0.0021	0.0025	0.1055
NI	0.0888	0.0021	0.0040	0.0027	0.0907
CU	0.0930	1.7476	0.2404	0.3968	0.0975
ZN	0.0852	0.1458	0.5742	0.4010	0.0819
SR	0.1015	0.0021	0.0252	0.0159	0.1092
Y	0.0909	0.0020	0.0015	0.0017	0.0956
MO	0.1126	0.0017	0.0024	0.0010	0.1259
AG		0.0024	0.0092	0.0192	
CD	0.0866	0.0039	0.0037	0.0037	0.0900
SB	0.0980	0.0035	0.0035	0.0027	0.1033
BA	0.0949	0.0092	0.1568	0.2201	0.1015
LA	0.0886	0.0001	0.0001	0.0001	0.0942
CE	0.0895	0.0056	0.0010	0.0005	0.0952
W	0.1332	0.0050	0.0027	0.0026	0.1261
AU		0.000025	0.000000	0.000000	
PB	0.0971	0.0186	0.1568	0.1849	0.0992

Proj: 30419

Program: Jo+Ag+Au.

"Norge"

J.

Verlorene Sohn

"Mildheit Gottes" (Overberget)

"Sammelegruben" (Underberget)

As, Sc

2

A

B

CD

E

F

G

H

IJ

K

L

M

N

O

PQ

R

S

T

U

V

W

XY

Z

AA

O

R a p p o r t Bsg 312

RAPPORT FRÅN GEOLOGISKA, GEOFYSISKA OCH
GEOKEMISKA UNDERSÖKNINGAR INOM OSLOFÄL-
TET OCH KONGSBERGFÄLTET, NORGE, 1983

Kopior:

- 1 ex Svenska Petroleum Exploration
- 1 " Follidal Verk A/S
- 1 " LKAB International AB
- 2 " LKAB Prospektering AB, Stockholm
- 1 " LKAB Prospektering AB, Kiruna
- 2 " LKAB Prospektering AB, Håksberg

Håksberg 1983-12-10

Claes Boström
Geolog

INNEHALLSFÖRTECKNING

	<u>Sid.</u>
1. INLEDNING	1
1.1 Lokaltet	1
1.2 Målsättning	1
1.3 Utförande	1
1.4 Inmutningar	1
1.5 Total arbetsinsats	1
1.5.1 Geofysiska mätningar	1
1.5.2 Geokemisk provtagning	2
1.5.3 Geologiska arbeten	2
2. MERKEDAMMEN	2
2.1 Inledning	2
2.2 Målsättning	3
2.3 Utförda arbeten	3
2.3.1 Geologisk kartering	3
2.3.2 Berggrundsprovtagning	3
2.3.3 Regional moränprovtagning	3
2.4 Konklusion och rekommendation	3
3. GUTUDALEN	4
3.1 Inledning	4
3.2 Utförda arbeten	4
3.2.1 Stakning	4
3.2.2 Geologi	4
3.2.3 Geokemisk provtagning	4
3.2.4 Geofysiska mätningar	5
3.3 Konklusion och rekommendation	6
4. KONGSBERGFÄLTET	6
4.1 Inledning	6
4.2 Geologi, översikt	6
4.3 Målsättning och diskussion	6
4.4 Flygmätning	7
4.4.1 Inledning	7
4.4.2 Redovisning av kartmaterial	7
4.4.2 Utvärdering av flygmätningen	8
4.5 Syd-Vinoren	8
4.5.1 Inledning	8
4.5.2 Geologi	8
4.5.3 Utförda arbeten	8

Innehållsförteckning, forts.

	<u>Sid.</u>
4.5.3.1 Kartmaterial	9
4.5.3.2 Stakning	9
4.5.3.3 Geofysiska mätningar	9
4.5.3.4 Geokemisk provtagning	9
4.5.3.5 Konklusion och rekommendation	10
<u>4.6 Nord-Vinoren</u>	10
4.6.1 Inledning	10
4.6.2 Geologi	10
4.6.3 Utförda arbeten	11
4.6.3.1 Kartmaterial	11
4.6.3.2 Stakning	11
4.6.3.3 IP-mätning	11
4.6.3.4 Geokemisk provtagning	11
4.6.3.5 Konklusion och rekommendation	11
<u>4.7 Regionala undersökningar</u>	12
4.7.1 Inledning	12
4.7.2 Trollerud	12
4.7.3 Ramberg	12
4.7.4 Skara	12
4.7.5 Överberget och Underberget	13
4.7.6 Konklusion och rekommendation	14

BILAGEFÖRTECKNING

Bilaga 1	Översiktskarta	1:1.000.000
" 2	Merkedammen. Geologisk karta	1:5.000
" 3	Merkedammen. Geokemi Regional moränprovtagning	1:50.000
" 4	Gutudalen. Geologisk karta	1:2.000
" 5	Gutudalen. Geokemi Provnummer och lokalitet	1:2.000
" 6	Gutudalen, Geofysik Magnetiskt totalfält - isokarta	1:2.000
" 7	Gutudalen, Geofysik Inducerad polarisation Resistivitet isokarta	1:2.500
" 8	Kongsbergfältet Översiktskarta av flygmätning	1:50.000
" 9	Kongsbergfältet. Översiktskarta	1:100.000
" 10	Syd-Vinoren. Geologisk karta	1:5.000
" 11	Syd-Vinoren. Geokemi Berggrundsprov och moränprov Provnummer och lokalitet	1:5.000
" 13	Syd-Vinoren. Geofysik Inducerad polarisation. Resistivitet, Magnetiskt totalfält. Profiler	1:5.000
" 14	Nord-Vinoren. Översiktskarta Geologi	1:50.000
" 15	Nord-Vinoren. Geokemi Berggrunds- och moränprover Provnummer och lokalitet	1:10.000
" 16	Nord-Vinoren. Geofysik Inducerad polarisation, Resistivitet Profiler	1:5.000
" 17	Kongsbergområdet. Regional geokemi Trollerud, Ramberg, Skara Provtagning av gruvvarp	1:50.000
" 18	Kongsberg. Över- och Underberget Provtagning av fahlbanden Provnummer och lokalitet	1:50.000

TABELLER

Tabell 1	Merkedammen. Berggrundsprovtagning Analysresultat
" 2	Gutudalen. Berggrundsprovtagning Analysresultat
" 3	Syd-Vinoren. Berggrundsprovtagning Analysresultat
" 4	Nord-Vinoren. Berggrundsprovtagning Analysresultat
" 5	Trollerud, Ramberg, Skara Berggrundsprovtagning Analysresultat
" 6	Kongsberg. Över- och Underberget Gruvvarpprovtagning av fahlband Analysresultat

APPENDIX

I	Analysresultat. Samtliga berggrundsprover
II	Analysresultat. Samtliga jordprover, organiska prover, tungmineralprover bäcksedimentprover

Rapport från geologiska undersökningar, geofysiska mätningar och geokemiska undersökningar inom Oslofältet och Kongsbergfältet, Norge 1983

I. INLEDNING

1.1 Lokaltet

Under fältsäsongen 1983 har det bedrivits undersökningar in tre områden. Två områden ligger inom Oslofältet, projekt Gutudalen på kartblad Drammen 1:50.000 och projekt Merkedammen på kartblad Holmestrand 1:50.000. Projekt Kongsbergfältet, där en geofysisk flygmätning utförts, täcker delar av kartbladen Flesberg, Hokksund, Notudden och Kongsberg 1:50.000. Samtliga områden är lokaliserade mellan 50-100 km SW eller SSW om Oslo, se bilaga 1.

1.2 Målsättning

Tidigare undersökningar (rapport Grb 261 och Grb 287) har indikerat möjligheter för tenn-breccia pipe-mineralisering i Gutudalen och en "porfyr-molybden" mineralisering i Merkedammen. Syftet med flygmätningen i Kongsbergfältet har varit att få uppslag till massiva basmetallmineraliseringar.

Dessutom skulle Kongsbergfältets fahlbandzoner undersökas, med avseende på dess eventuella potential för disseminerat guld.

1.3 Utförande

Föreliggande rapport grundar sig på fältarbeten från maj till september 1983. Analysering, bearbetning och utvärdering har utförts under hösten 1983 av LKAB Prospektering AB. Fältpersonal har kommit från LKAB Prospektering AB och Follidal Verk A/S.

För utvärdering av flygmätningen i Kongsbergfältet har anlitats geofysiker Allan Englund, LKAB Prospektering AB, Kiruna och geofysiker Ole Bernt Lile, Geomentex A/S, Trondheim.

1.4 Inmutningar

Ett stort antal inmutningar inom Oslofältet lagda 1981 och 1982 på grundval av bäcksedimentprovtagningen 1980 och torvprovtagningen 1981 har övergivits p g a negativa undersökningsresultat under fältsäsongen 1982. Endast inmutningarna i Merkedammen och Gutudalen kvarstår. I Kongsbergfältet har sex inmutningar lagts under 1983 för att skydda våra undersökningsområden.

1.5 Total arbetsinsats

1.5.1 Geofysiska mätningar

Flygmätning:	Kongsberg	654 km ²
IP-mätning:	Kongsberg	13.8 linjekm
	Gutudalen	5.4 "-"
	S:a	19.2 "-"

Markmagnetisk mätning:	Kongsberg	6.2 linjekm
	Gutudalen	<u>4.4</u> "-"
	S:a	10.6 "-"
Stakning:	Kongsberg	14.3 linjekm
	Gutudalen	<u>4.4</u> "-"
	S:a	18.7 "-"

1.5.2 Geokemisk provtagning

Berggrundsprover:	Merkedammen	34 st
	Kongsberg	109 "
	Gutudalen	<u>10</u> "
	S:a	153 st
Moränprover:	Merkedammen	25 st
	Gutudalen	23 "
	Kongsberg	<u>126</u> "
	S:a	174 st
Minerogent bäcksediment:	Gutudalen	8 st
Tungmineralprover:	Gutudalen	10 st
Humusprover:	Gutudalen	86 st

1.5.3 Geologiska arbeten

Geologisk detaljkartering:	Merkedammen
	Gutudalen
Geologisk regional- kartering:	Kongsbergsfältet
Litteraturstudier:	Kongsbergsfältet

2. MERKEDAMMEN

2.1 Inledning

En geologisk kartering i skala 1:50.000 och ett omfattande moränprovtagningsprogram genomfördes i Merkedammenområdet under fältsäsongen 1982 (se rapport Grb 287). Under dessa arbeten framkom en cirka 3 km lång och 1 km bred zon med punktvis mycket anomala molybdenvärden. Zonen ligger i anslutning till bergartskontakten mellan en intrusiv breccia i norr och en rombporfyr i söder (se bil. 1). Stora partier av berggrunden i den östra hälften av den höganomala zonen är hydrotermalt omvandlade, främst i form av propylitisering och sericitisering.

2.2 Målsättning

Årets geologiska undersökningar inriktades på att detaljstudera den ovan nämnda molybdenanomala rombporfyrbrecciazonen och ekeriten norr därom. Berggrundsprovtagning skulle ske där kalifältspatomvandling och "kvarts-stockwork" hittades i fast klyft. Dessa två hydrotermala fenomen är de mest karaktäristiska kännetecknen för ett traditionellt porfyr-molybden-system.

2.3 Utförda arbeten

2.3.1 Geologisk kartering

Detaljerad geologisk kartering i skala 1:2000, inom befintligt stak-system, har genomförts i den geologiskt och geokemiskt intressanta zonen, bilaga 2. Södra delen utgörs av rombporfyr som i norra delen av området intruderas av en ekerit med en porfyrisk och en apofyrisk fas. I bergartsgränsen utbreder sig en ca 300 m bred och 3 km lång breccierad zon, huvudsakligen bestående av fsp-porfyr och fragment från omgivande bergarter. Hydrotermal omvandling i form av propylitiserings och sericitiserings är vanlig i östra delen av området.

2.3.2 Berggrundsprovtagning

34 berggrundsprover har insamlats under karteringen, bilaga 2. Representerade bergarter är porfyrisk och apofyrisk ekerit, rombporfyr, fältspatporfyrrer och breccia.

Samtliga prover äger ett fritt kvartsöverskott i form av mer eller mindre intensiv kvartsådring eller kvarts "stockwork"utbildning. Sju av proverna är dessutom medium till starkt hydrotermalt omvandlade, dock ej kalifältspatomvandlade. Tabell 1 innehåller provbeskrivning och analysresultat.

2.2.2 Regional moränprovtagning

25 moränprover insamlades längs 3 linjer väster om den molybdenanomala zonen i Merkedammen för att kolla om någon fortsättning av anomalin västerut existerar. Linjerna placerades i nord-sydlig riktning tvärs över bergartskontakten ekerit/rombporfyr med hundra meter mellan provpunkterna, se bil. 3. Analyserna visar ingen förhöjning av molybdenvärden eller några andra element.

Analysresultaten av moränproverna 83GXJ1: 001-025 finns redovisade i Appendix 2.

2.4 Resultat och rekommendation

Under årets detaljerade geologiska fältstudier i Merkedammen framkom inga nya uppmuntrande resultat. Vitala karaktäristika såsom omfattande molybden-kvarts "stockwork"system och kalifältspatomvandling har ej påträffats i håll under karteringen. Analyserna från berggrundsprovtagningen bekräftar också att området saknar potential för molybden eller andra metaller. Endast ett berggrundsprov (8358-617) av 34 stycken gav anomala värden för molybden. Provet innehöll 836 ppm Mo och härstammar från en 10 cm bred omvandlingszon i fältspatporfyr.

På grundval av ovannämnda resultat bör projekt Merkedammen kunna anses vara avslutat.

3. GUTUDALEN

3.1 Inledning

Gutudalen är belägen i norra delen av Sandecalderan, cirka 9 km söder om Drammen, bil. 1. Vid tidigare geokemisk provtagning i området har framkommit ett höganomalt bäcktorvprov på Ag+Sn och ett höganomalt moränprov på Ag (13 ppm). De två proven är insamlade mindre än 50 m från varandra. Vid en rekognosering i området hittades i nærheten ett stort antal lokala kvarts-kalk brecciablock.

Den vulkaniska miljön i området tillsammans med blockfynden och de anomala analysresultaten på tenn och silver indikerar potential för en xenotermal tenn-breccia-pipe-mineralisering med associerade sulfider.

3.2 Utförda arbeten

3.2.1 Stakning

En baspunkt etablerades i skärningen bäck och skogsväg (koor.: 31020/184910) och benämndes ØS/1000E, bilaga 4. Baslinjen ØS stakades ut längs skogsvägen i riktning 340^g. Från baslinjen stakades elva linjer i riktning 240^g var femtionde meter till 400 m syd och till 200 m norr, sammanlagt 6 linjekm.

3.2.2 Geologi

En detaljerad geologisk kartering inom staksystemet utfördes i skala 1:2000, bilaga 4. Odifferentierade rombporfyryr täcker större delen av området. I sydvästra hörnet intruderar ett massiv av grovkornig syenit, vilken ger upphov till mindre zoner av intrusiv brecciering och kontaktomvandlingar. En finkornig 2 m bred basisk gång genomslår området i 380^g riktning. En kvartssyenitisk gång intruderar rombporfyren i nordöst. Från tre hållar i den omvandlade kontaktzonen rombporfyr/syenit togs prover för analys, Tabell 2, provnummer 631-633. Inga förhöjda metallhalter registrerades.

I området omkring koordinat 1300E/50S påträffades ett stort antal block av kvartsbreccia. Blocken är lokala och visuell bedömning av sammansättningen gav 70 % kvarts, kalcit, brottstycken och ett svart-grönt skarnmineral. Området är här dåligt blottat men 150 m söderut finns kvartsbreccierade rombporfyrhällar av liknande typ. 5 st brecciablock och 2 st breccierade hällar provtogs för analys. Förhoppningen var att analyserna skulle ge en förklaring till den geokemiska tenn-silver-anomalin i området. Emellertid var analysresultaten negativa, så när som på att silverhalten var svagt förhöjd i kvartsbrecciablocken, 4-8 ppm Ag. Analysresultat och provbeskrivning finns redovisade i Tabell 2.

3.2.3 Geokemisk provtagning

Fyra olika typer av prover insamlades i Gutudalen, nämligen humusprover, moränprover, bäcksedimentprover och tungmineralprover, sammanlagt 127 stycken, se bil. 5. Samtliga analyser finns listade i Appendix 2.

- A. 86 st humusprover, insamlades från A1-horisonten som är speciellt känslig för silveranrikning. Proverna togs var femtionde meter längs de 11 staklinjerna.
- B. 23 st moränprover insamlades, dels från zonen där tenn och silver från tidigare provtagning visat anomala värden, omkring 1000E/200S och dels över den potentiella brecciapipen längs linjerna 1250E och 1300E.
- C. 8 st minerogena bäcksedimentprover togs i de två bäckarna som genomkorsar området.
- D. 10 st moränprover för tungmineralanrikning insamlades över den potentiella brecciapipen och längs en större bäck som rinner norr om området.

Analysresultaten var negativa. Inga anomala värden kunde konstateras för silver, tenn eller basmetaller. En mycket svag förhöjning av tennvärdena kan skönjas över den potentiella brecciazonen i nordöstra delen av området.

3.2.4 Geofysiska mätningar

En markmagnetisk totalfältsmätning utfördes inom staksystemet. Linjeavståndet är 50 m och mätpunktsavståndet är 12.5 m, bil. 6. Sydvästra och södra delen av mätområdet över den syenitiska intrusionen uppvisar en högre magnetisk nivå (susceptibilitet), än rombporfyren i norr. Ingen distinkt bergartsgräns mellan de två bergarterna framkommer emellertid på den magnetiska kartan.

En långsträckt svag magnetisk anomali kan skönjas inom rombporfyren, från 1000E/0S i sydöstlig riktning mot 1300E/200S.

Längs tre profiler, 1000E, 1250E och 1400E gjordes elektriska mätningar, bil. 7. En djupsondering på tre olika djup, 50 m, 100 m och 150 m registrerade IP-effekt och resistivitet.

Mätprofil 1250E mättes över den potentiella kvartsbreccian. Omkring koordinaten 100S uppmättes en 50-75 m bred zon med låg resistivitet, som blir lägre mot djupet. En enpunkts högaomal IP-effekt, 13.9 IP% registrerades på 150 m djup. Mätprofilen västerut, 1000E visar en 50 m bred zon med relativt låg resistivitet i området kring Ø syd.

Mätprofil 1400E uppvisar en zon med förhöjd IP-effekt omkring 100 syd som tycks öka mot djupet.

Den svaga magnetiska anomalin i rombporfyren sammanfaller med de zoner av låg resistivitet och förhöjd IP-effekt, som framkom vid IP-mätningar av profilerna 1000E och 1250E.

3.3 Konklusion och rekommendation

Vid den geologiska karteringen framkom ett område med koordinaterna 1250E-1300E/50S-200S där en sannolik intrusiv kvartsbrecciering förekommer. Detta kan eventuellt vara en brecciapipe. Att någon slags djupgående struktur förekommer här bekräftas av de geofysiska mätningarna. Analyserna från berggrundsprovtagningen och de varierande geokemiska provtagningarna gav däremot ett negativt resultat. Inga anomala metallhalter kunde konstateras inom området. På grundval av de mycket negativa geokemiska resultaten är ej någon diamantborrning motiverad och projekt Gutudalen kan anses avslutat.

4. KONGSBERGSFÄLTET

4.1 Inledning

En flygmätning genomfördes under juni 1983 över Kongsbergfältet för att spåra konkreta uppföljningsobjekt. Flyggeofysiken tillsammans med litteratur- och kartstudier samt fältkontroller utgör grunden för inriktningen av prospekteringen.

4.2 Geologi Översikt

Kongsbergformationens bergarter är av prekambrisk tidsålder och består av finkorniga bandade gnejser och dioriter samt skiffrar. Bergarterna är i allmänhet starkt metamorfiserade och stryker i nord-sydlig riktning. Gångar och mindre massiv av diabas samt gnejsig Kongsberggranit intruderar formationer.

Karaktäristiskt för området är de så kallade "Fahlbanden" som är konkordanta lager eller linser av sulfidimpregnationer i metamorf miljö. De är inte begränsade till någon speciell bergartstyp och uppvisar en karaktäristisk brun-rostig vittringsyta. Ett enstaka fahlband, Overberget, når en bredd på från 180 m till 900 m och är mer än 10 km långt. Sulfiderna i fahlbanden domineras av järnsulfiderna pyrit och magnetkis, kopparkis och zinkblände. Mindre vanligt förekommande är arsenikkis, koboltglans, blyglans, magnetit och ilmenit. På några enstaka platser har anrikningen av sulfider (Cu, Pb, Zn, Co) i fahlbanden varit tillräckligt stor för att möjliggöra ekonomisk gruvdrift (Kisgruvan, Grösli, Modum).

Kongsbergfältet är en känd gammal silverprovins. Från starten av gruvdriften 1623 till nedläggning 1957 har uppskattningsvis 2000 ton silver tagits ut från cirka 130 större och mindre gruvor. Silvret är associerat med kalklösningar som cirkulerat längs ENE-gående sprickor. Lösningarna har fällts ut där sprickorna korsat fahlbanden, vilka erbjuder en gynnsam reducerande miljö. En äldre generation gångar, basmetallrika kvarts-brecciegångar, är också närvarande i området, speciellt öster om älven Lågen.

4.3 Målsättning och diskussion

Målsättningen inom Kongsbergfältet har varit att undersöka fahlbandens potential för disseminerade ädla metaller (guld, silver) och massiva sulfidmalmer. Från litteraturen har konstaterats att guld har analyserats på några platser inom fältet med halter i storleksordningen 0.5-1.0 ppm (Kisgruvan, Overberget). Förutom några enstaka

analyser har inga andra arbeten på guld blivit utförda. Aldre tiders möjligheter att analysera guld har också varit begränsade i jämförelse med dagens förfinade analysmetoder. Priset på guld (~100 kr/gram) innebär att guldhalter i storleksordning 3-4 g/ton (ppm) är ekonomiskt mycket intressanta.

Flera tolkningar av fahlbandens genes existerar:

1. Hydrotermal bildning
2. Impregnationer relaterade till injektioner av basiska gångar
3. Vulkanogen-sedimentär syngenetisk bildning

Oavsett vilken tolkning som är den rätta så är guldmineraliseringar, potentiellt möjliga i alla de tre olika geologiska miljöerna.

Norska företag, Norsk Hydro och NGU, har under senare år gjort utvärderingar av några kända små basmetallfyndigheter i fahlbanden (Grösligruvan, Kisgruvan, Eiker Koppargruva) med hjälp av borrhningar och geofysiska mätningar. Resultaten visar att tonnage och basmetallhalter är för låga eftersom inga uppmundrande halter av guld och silver kan uppgradera malmvärdet. Borrhörneanalyserna från t.ex. Kisgruvan gav följande resultat: 1.5% Cu+Zn, 10 ppm Ag och <1 ppm Au (0.1-0.3 ppm Au). Dessa utvärderingar och andra äldre undersökningar ger vid hand att ett tillskott av guld (2-3 g/ton) eller silver (50-100 g/ton) måste till för att fahlbanden i Kongsbergfältet skall vara ekonomiskt intressanta.

4.4 Flygmätning

4.4.1 Inledning

En flygmätning genomfördes under juni månad av LKAB Prospektering AB över Kongsbergfältet. Flygningen berör fyra topografiska kartblad, nämligen Flesberg, Hokksund, Notodden samt Kongsberg. Sammanlagd areal omfattar 654 km². Bilaga 8 visar den geografiska täckningen av området. Under flygningen registrerades de magnetiska och de elektromagnetiska (slingram och VLF) fälten samt markens strålningsintensitet från uran, thorium och kalium.

4.4.2 Redovisning av kartmaterial

Flygmätningen redovisas i 13 st transparenta geofysiska kartor i skala 1:50.000. Dessa kartor finns arkiverade hos LKAB Prospektering AB i Håksberg och hos Follidal Verk A/S i Oslo.

1. Magnetiskt totalfält
2. Magnetisk residualanomali
3. Slingram-realkomponenten
4. Slingram-imaginärkomponenten
5. VLF-total, sändare GBR 16.0 kHz
6. VLF-ZRE-komponenten, sändare GBR 16.0 kHz

7. VLF-ZIM-komponenten, sändare GBR 16.0 kHz
8. VLF-total , sändare NAA 17.8 kHz
9. Spektrometermätning, totalstrålning
10. "- , uran
11. "- , thorium
12. "- , kalium
13. Höjd (över marken)

4.4.3 Utvärdering av flygmätningen

För tolkning och utvärdering av flygmätningen anlätades geofysiker Allan Englund, LKAB Prospektering AB och docent Ole Bernt Lile, Geomentex i Trondheim.

Generellt kan sägas att några starka anomalier ej har registrerats med undantag av en kraftig radiometrisk anomali över en kambrisk alunskiffer alldeles sydväst om Kongsbergfältet.

Svaga EM-anomalier uppmättes över fahlbandstråket vid Syd- och Nord-Vinoren. I övrigt gav flygmätningen inte upphov till några geofysiska anomalier över fahlbandstråken.

En kraftigt markerad magnetisk djupanomali breder ut sig i nordöstra hörnet av flygområdet. Bergarterna i området består av kvartsdioritiska och granodioritiska gnejser med inslag av amfiboliter.

4.5 Syd-Vinoren

4.5.1 Inledning

Området Syd-Vinoren är beläget 12 km NNW om Kongsberg på berget Dronningkollens sydsluttning, bil. 9. Vid flygmätning framkom här ett antal svaga, elektromagnetiska slingramsanomalier. Fahlbanden på Syd Vinoren är de kisrikaste inom hela Kongsbergområdet, med upp till 20% kismineral.

4.5.2 Geologi

Den undersökta bergartssviten kallas Knuteformationen, bil. 10. Den består av gnejser, hornblendeskiffer, granatglimmerskiffer och sericitiskiffer. Dessa bergarter representerar den äldsta berggrunden i området. På alla sidor omges Knuteformation av yngre djupbergarter. Intrusion av Vinordiabas i knuteformation, dels i mindre massiv och dels i breda och smala gångar kompletterar den geologiska bilden av området. Knuteformationen är starkt metamorfoserad och tolkas som en vulkanisk serie (andesit, dacit) med sedimentära inslag. De stora kismängderna, magnetkis med en del kopparkis, anses ha blivit injicerade i Knuteformation vid Vinordiabasens uppträngande.

En mängd mindre och medelstora gruvor finns i området. Brytning har ägt rum på silverhaltiga kalkspatgångar, men också på en del små kopparmineraliseringar.

4.5.3 Utförda arbeten

4.5.3.1 Kartmaterial

Flesberg 1714 IV	1:50.000	Topografiskt kartblad
Dronningkullen BX 042-5-4	1:5000	Ekonomiskt kartblad
Svartåsen BY 042-5-3	1:5000	-"
Nipetonatten BX 041-5-2	1:5000	-"
Lindbuaksla BY 041-5-1	1:5000	-"

4.5.3.2 Stakning

Ett staksystem etablerades med en baspunkt, ØN/ØW, på höjden Grååsen (koord. 64160/196940). Linje 300W valdes som baslinje och stakades till 500N i nordlig riktning och till 600S i sydlig riktning.

Från baslinjen stakades följande linjer i öst-västlig riktning, bil. 10.

Profil 500N / 500W-300E
 350N / 500W-300E
 200N / 1500W-400E
 0N / 1500W-400E
 200S / 1500W-400E
 400S / 1300W-400E
 600S / 1100W- 0 W

4.5.3.3 Geofysiska mätningar

En IP-mätning på sammanlagt 9.1 linjekm och en markmagnetisk totalfältsmätning på sammanlagt 6.15 linjekm genomfördes längs uppstakade profiler, bil. 10.

På samtliga IP-mätta profiler framkom zoner med låg resistivitet (0-1000 m) och med varierande hög IP effekt (6-30 IP%). Dessa zoner med disseminerade sulfider har i södra delen av Knuteformationen längs profilerna 200S, 400S och 600S en mäktighet av 500-600 m, bil. 13.

Den markmagnetiska totalfältsmätningen uppvisar distinkta magnetiskt anomala zoner, som är korrelerbara med zonerna där IP-effekten är hög och resistiviteten är låg, bil. 13.

4.5.3.4 Geokemisk provtagning

Provtagningen omfattar 58 berggrundsprover och 40 moränprover, bil. 11. Berggrundsproverna insamlades från geofysiskt anomala zoner med hög IP%, låg resistivitet och oroligt magnetiskt totalfält med en provtätthet av cirka ett prov per femtionde meter.

Samtliga prover härstammar från fahlbandzoner och innehåller disseminerade sulfider. Varje prov består av 5-10 bitar tagna från hållar eller varp omkring provpunkten. Proverna är analyserade på

Li, Be, B, Mg, Al, P, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Y, Zr, Mo, Cd, Sn, Ba, La, Ce, W, Pb, Ag och Au.

Provbeskrivning och analysresultat av de viktigaste elementen finns listade i Tabell 3. Fullständiga analysresultat redovisas i Appendix 1.

Längs linjerna 200N och 200S togs moränprover var hundra meter, sammanlagt 40 st. Dessa analyserades sedan på samma element som berggrundsproverna.

Berggrundsanalyserna från de kisrika fahlbanden var negativa. Förutom rikligt med järnsulfider konstaterades kopparhalter (1-2 %) från varp i ett område där små koppargruvor tidigare varit i drift. Inga anomala halter av guld och silver kan påvisas i fahlbanden.

4.5.3.5 Konklusion och rekommendation

Den äldre gruvdriften på Syd Vinoren baserades på silverrika kalkspatgångar och kopparrika (1-2% Cu) små linser i fahlbanden. Båda dessa mineraliseringstyper är i dagens läge oekonomiska.

Berggrundsprovtagningen bekräftar att kisinnehållet i fahlbanden nästan uteslutande består av järnsulfider. Mindre oekonomiska linser med kopparkisanrikning förekommer dock. Disseminerade ädelmetaller i fahlbanden kan ej påvisas.

Resultaten visar att området saknar ekonomisk potential för gruvdrift och det rekommenderas att inga fler undersökningar blir gjorda.

4.6 Nord-Vinoren

4.6.1 Inledning

Nord-Vinoren är beläget på Åslandsåsen, 17 km NNW om Kongsberg och 4 km norr om området Syd-Vinoren, bil. 9.

Vid flygmätning framkom här magnetiska anomalier samt svaga slingram- och VLF-anomalier.

4.6.2 Geologi

Endast djupbergarter är kända i Nord-Vinoren. Granodioriter och kvartsdioriter genomskäres av ett nord-sydligt kilometerbrett bälte av mer än 10 meter breda Vinor-diabasgångar. Vinordiabas är en grovkornig gabbroid bergart som även benämns olivinhyperit. Längs gångarnas gränser har disseminerade sulfider, fahlband, bildats genom injektioner. I dessa fahlbandzoner har silverrika kalkspatlösningar utfällts i tvärgående sprickor. Gruvbrytning har förekommit i fyra av dessa zoner, benämnda Aasland söder, Norra Segen Gottes, Skaltjern Skärp och Dyrebo Skärp. Finkornig Kongsberggranit som utgör den yngsta bergarten i området intruderar som gångar och mindre massiv i östra delen av fältet, bil. 14.

4.6.3 Utförda arbeten

4.6.3.1 Kartmaterial

Flesberg 1714 IV	1:50.000	Topografiskt kartblad
Aslandsåsen BX 043-5-4	1:5000	Ekonomiskt kartblad
Tveitsetra BX 042-5-2	1:5000	-"
Dyrebukollen BY 043-5-3	1:5000	-"
Ramnäs BY 042-5-1	1:5000	-"

4.6.3.2 Stakning

Fyra linjer stakades över kända fahlbandzoner där gruvverksamhet förekommit för att nyttjas vid geokemisk provtagning och en IP-mätning, bil. 14. Sammanlagd längd av stakningen är 4.7 linjekm. Linjerna benämns:

- Linje 1 - Norra Segen Gottes
- Linje 2 - Skaltjern Skärp
- Linje 3 - Dyrebo Skärp
- Linje 4 - Aasland Söder

4.6.3.3 IP-mätning

Vid IP-mätningen framkom endast obetydliga zoner eller punktanomalier med låg resistivitet ($\sim 2000 \Omega m$) på linjerna 1, 2 och 4. Zoner med förhöjd korrelerbar IP-effekt framträder endast på Linje 1 mellan 600W-1000W, bil. 16.

4.6.3.4 Geokemisk provtagning

I Nord-Vinoren insamlades 27 st berggrundsprover från häll, skärp och varp, bil. 14. Längs de fyra staklinjerna provtogs moränen var hundrade meter, sammanlagt 49 st moränprover, bil. 14. Tabell 4 redovisar analysresultat och ger provbeskrivning av berggrundsproverna. Appendix 2 har fullständig analyslista för moränproverna. Några intressanta metallhalter framkom inte i analyserna. Återigen konstaterades att fahlbandens disseminerade sulfider utgöres av järnsulfider. Svaga förhöjningar av basmetallhalter fanns i några prover. Element associerade till basiska intrusiva bergarter såsom kobolt, krom och nickel visade svaga förhöjningar i Vinordiabasen (en gabbroid bergart). Inga spår av guld registrerades.

4.6.3.5 Konklusion och Rekommendation

Den geokemiska undersökningen av fahlbanden i Nord-Vinoren visar att dessa helt saknar malmpotential för basmetaller, legeringsmetaller och ädla metaller. Därför rekommenderas att inga vidare arbeten genomföres i området.

4.7 Regionala undersökningar

4.7.1 Inledning

I anslutning till de detaljerade undersökningarna på Syd-Vinoren och Nord-Vinoren har ytterligare fyra områden i Kongsbergsområdet utvärderats geologiskt och med hjälp av geokemisk provtagning.

Berörda områden här benämns Trollerud, Ramberg, Skara och Över- och Underberget, se bil. 9.

Samtliga områden ligger i fahlbandstråk där gruvdrift förekommit i äldre tider.

4.7.2 Trollerud

Trollerudområdet är beläget ca 10 km NNW om Kongsberg, se bil. 9.

Ett antal mindre silvergruvor är lokaliserade till skärningen mellan öst-väst-gående kalkspatgångar och ett nord-syd-strykande fahlband.

Från varp, skärp och hållar har insamlats 12 st berggrundsprover av fahlbandet. Längs tre korta profiler har tagits 21 st moränprover, bil. 17.

Moränprovsanalyserna finns listade i Appendix 2.

Inga intressanta halter av basmetaller eller ädelmetaller framkom från berggrundsprovtagningen.

Tabell 5 redovisar provbeskrivning och analysresultat av berggrundsprovtagningen.

4.7.3 Ramberg

Ramberg-området är beläget 13 km norr om Kongsberg, bil. 9. Samma geologiska miljö och mineraliseringstyp som i Trollerud existerar här. Varp av fahlband från fem mindre gruvor provtogs och analyserades, bil. 17.

Inga intressanta analysresultat kan redovisas.

Tabell 5 redovisar provbeskrivning och analysresultat.

4.7.4 Skara

Skaraområdet är beläget 9 km nordöst om Kongsberg, bil. 9.

Fahlbandet i detta område korsas av en äldre generation SW-NE-gående basmetallrika breccierade kvartsgångar. Mäktigheten av gångarna är 2 m och dess sammansättning utgöres av bergartsfragment, kvarts, flusspat, kalkspat, svavelkis, basmetallerna Cu, Pb, Zn och silver.

Varpprover från sex olika gruvor insamlades, varav tre stycken från de breccierade kvartsgångarna och tre stycken från omgivande fahlband, bil. 17. Tabell 5 redovisar provbeskrivning och analysresultat.

Proverna 8358: 722-724 från kvartsgångarna visade höga halter av basmetaller och silver, Cu 1%, Pb 1-6%, Zn 5-10%, silver 30-180 ppm.

Några indikationer på guld framkom ej i analyserna. Basmetallerna är ojämnt fördelade i kvartsgångarna och saknar därför ekonomisk betydelse.

Analyserna av fahlbanden omkring kvartsgångarna uppvisar endast svagt förhöjda basmetallhalter.

4.7.5 Överberget och Underberget

Två av de största fahlbandsstråken i Kongsbergfältet, Överberget och Underberget, är belägna 3.5 km resp. 2.0 km rakt väster om Kongsberg, bil. 9. Fahlbanden stryker i nord-sydlig riktning och korsas av de silverrikaste kalkspatgångarna i fältet. Största delen av silverproduktionen i Kongsbergfältet kommer härifrån.

Varpprover av fahlbanden insamlades från 23 st olika gruvor för att bestämma metallinnehållet och kontrollera om några disseminerade ädelmetaller existerar i dem, bil. 18. Varje prov består av cirka 10 st mindre stuffer från olika delar av respektive gruvor varp. Vid provtagningen undveks varp med synliga gångmineral (kalcit, baryt, flusspat, kvarts), för att förhindra kontaminering av silver. Proverna uppvisar det karaktäristiska fahlbandutseendet. De är rostfärgade, finkorniga, sulfidimpregnerade och skiffriga eller gneissiga.

Tabell 6 redovisar analysresultaten för Cu, Pb, Zn, Co, Ag, Au, Ca och Fe. Fullständig analyslista finns listad i Appendix 1.

En enklare statistisk behandling av varpproverna visar medelvärdet av metallinnehållet i Underbergsfahlbandet och Överbergsfahlbandet.

Underberget, 8 st prover, provnr 445-452

<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Co</u>	<u>Fe(%)</u>	<u>Ag</u>	<u>Au</u>	<u>Ca(%)</u>
116	45	168	9	4.3	3	0	2.3

Överberget, 14 st prover, provnr 453-467

Prov 455 utesluts p g a ej representativa höganomala värden.

<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Co</u>	<u>Fe(%)</u>	<u>Ag*</u>	<u>Au</u>	<u>Ca(%)</u>
344	235	690	19	7.1	5	sp i 3 st prov	2.1

* 2 prover med anomala silverhalter uteslutna, 30 ppm resp. 60 ppm p g a trolig kontaminering av silver från kalkspatgång

4.7.6 Konklusion och Rekommendation

Den regionala varpprovtagningen omfattar 46 st prover från 5 olika fahlband. Analysresultaten i tabellerna 5-6 visar att de disseminerade sulfiderna i fahlbanden består nästan uteslutande av järnsulfider, pyrit och magnetkis. Basmetaller förekommer endast i accessoriska halter. Några ädelmetaller har ej kunnat påvisas.

Den regionala provtagningen bekräftar de negativa geokemiska resultaten som framkom vid undersökningarna på Nord-Vinoren och Syd-Vinoren.

Det rekommenderas att inga fler arbeten göres på fahlbanden i Kongsbergfältet.

T A B E L L I

MERKEDAMMEN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)					
			Mo	W	Cu	Pb	Zn	Fe(%)
8358-601	G23 -37130/157820	Porfyrisk, medelkornig ekerit med "veins and sticks" av kvarts ± "wad"	6	17	22	69	45	1.8
8358-602	G23 -37170/157925	Fsp-porfyr med kvartsvener ± "wad"	11	0	130	1	84	2.4
8358-603	G23 -37540/157610	Porfyrisk ekerit med "veins and sticks" av kvarts ± flusspat	13	15	13	105	62	1.4
8358-604	G23 -36250/157215	Starkt omvandlad, breccierad rombporfyr med "wad" och flusspat	9	14	8	53	78	2.7
8358-605	G23 -37110/157325	Pyritimpregnerad breccia med kvartsvener och "wad"	8	7	11	65	83	4.0
8358-606	G23 -368901/157640	Breccia med "stockwork" 0.1-3 mm tjocka qtz-vener ±pyrit, ± wad	64	16	13	67	71	3.3
8358-607	G23 -36415/157130	Starkt omvandlad breccierad rombporfyr med "sticks" av kvarts och flusspat ± wad	20	10	14	55	247	3.7
8358-608	G23 -36380/157390	Breccia hopläkt med kvarts och blå flusspat	7	16	18	45	123	3.0
8358-609	G23 -36465/157600	Breccierad fsp-porfyr, starkt omvandlad, sericitisering (qtz, py, ser.)	14	0	43	49	26	2.0
8358-610	G23 -36235/157185	Helt omvandlad rombporfyr. Propylitisering, ställvis kalifältspatomvandling. Kvartsvener.	12	26	21	69	71	3.3

T A B E L L I

MERKEDAMMEN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)					
			Mo	W	Cu	Pb	Zn	Fe(%)
8358-611	G23 -36340/157455	Fältspatporfyrisk bergart. Intensivt kvarts-stockwork (mm-tunna kvartsvener)	11	9	10	91	35	2.2
8358-612	G23 -37540/157610	Porfyrisk ekerit med kvartsvener	25	5	14	75	60	1.5
8358-613	G23 -37350/157535	Fältspatporfyr med intensivt kvarts stockwork (0.1-1.0 mm tunna vener)	9	23	18	45	84	2.7
8358-614	G23 -36375/157690	Breccierad fsp-porfyr med hopläkning av kvarts	4	0	4	65	77	2.4
8358-615	G23 -36730/157690	---	4	12	18	81	108	1.9
8358-616	G23 -35780/157670	Fsp-porfyr med enstaka kvartsvener	20	11	16	95	171	3.4
8358-617	G23 -35780/157670	10 cm bred omvandlingszon i fsp-porfyr. Spår av sulfider	836	0	21	201	241	10.4
8358-618	G23 -35525/157695	Breccierad fältspatporfyr med kvartsläkning	38	9	7	73	83	4.0
8358-619	G23 -35570/157380	Rombporfyr med enstaka kvartsvener ± flusspat, ± wad	26	18	23	127	127	4.2
8358-620	G23 -35480/157415	Leromvandlad breccierad rombporfyr. Flusspat och "wad" på sprickytor.	6	6	10	61	169	4.8
8358-621	G23 -35420/157380	Rombporfyr med enstaka kvartsvener. Spår av flusspat	2	6	6	35	58	3.1

T A B E L L I

MERKEDAMMEN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)					
			Mo	W	Cu	Pb	Zn	Fe(%)
8358-622	G23 -35405/157255	Svagt omvandlad rombporfyr med "veins and sticks" av kvarts	0	10	10	21	72	3.6
8358-623	G23 -35490/157900	Ekerit med kvarts-stockwork	23	4	19	83	190	1.5
8358-624	G23 -35480/157900	Ekerit, extremt omvandlad. Spår av kvarts, flusspat och wad i grå amorf massa.	4	17	15	83	136	2.2
8358-625	G23 -35530/158090	Ekerit med "sticks and veins" av kvarts, ± flusspat	21	13	18	59	196	1.8
8358-626	G24 -35280/158420	Ekerit med enstaka kvartsvener och lite flusspat	16	14	12	285	253	2.2
8358-627	G23 -35395/158100	Ekerit med enstaka kvartsvener	9	12	9	71	64	2.3
8358-628	H23 -35375/157900	Ekerit med stockwork. Rikligt med flusspat, kvarts och grönt mineal	2	6	13	79	169	2.5
8358-629	H23 -35375/157900	Ekerit med stockwork, innehållande kvarts, flusspat, grönt mineral	8	32	18	117	385	6.0
8358-630	G23 -35345/157845	Fsp-porfyr med enstaka kvartsvener ± flusspat och "wad"	115	5	7	75	78	2.7
8358-729	G23 -37370	Fsp-porfyr med stockworkutbildning. Mörk kvarts och lite wad i venerna.	42	27	10	49	99	2.8
8358-730	G23 -37075/157510	Kalifältspatbergart (syenit? eller omvandling?) med kvartssstockwork	132	23	18	102	131	2.5

T A B E L L I

MERKEDAMMEN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u>	<u>Kartblad</u> <u>Koord.</u>	<u>Provbeskrivning</u>	<u>Analysresultat (ppm)</u>					
			<u>Mo</u>	<u>W</u>	<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Fe(%)</u>
8358-731	G23 -37075/157520	Ekerit med <u>enstaka kvartsvener</u> . Gult amorft <u>sekundärt mineral</u> på sprickor (uranockra?, molyockra?)	86	19	16	102	41	4.4
8358-732	G23 -35525/157970	Ekerit med <u>kvartsstockwork</u> samt en brun tät <u>kvartsrik ådra</u> (>10 cm bred)	21	29	16	132	225	2.6

T A B E L L 2

GUTUDALEN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)											
			Cu	Pb	Zn	As	Sn	W	Mo	Ag	B	Ca(%)	Fe(%)	Zr
8358-631	CJ039 -31180/184700	Omvandlad gränsszon mellan rombporfyr och syenit. Aggregat av klorit, kvarts, hematit i finkornig matrix	20	83	160	147	32	7	0	2	487	4.6	6.7	806
8358-632	CJ039 -31140/184730	Svagt omvandlad rombporfyr med sliror innehållande kvarts och klorit	13	13	71	104	16	10	5	2	36	1.1	3.6	1160
8358-633	CJ039 -31330/184550	Omvandlad bergart i gränssonen mellan rombporfyr och syenit. Aggregat av klorit, hematit, magnetit	8	27	146	183	30	4	2	2	219	6.3	8.3	428
8358-634	CJ039 -30800/184700	Block (20x40x30 cm). Breccierad kvarts. Håligheter fyllda med wad och hematit.	41	19	28	249	39	45	13	3	27	5.7	11.9	4
8358-635	CJ039 -30920/184600	Pyritimpregnerad rombporfyr	70	81	23	208	19	14	16	1	252	1.3	6.0	1107
8358-636	CJ039 -30910/184625	Rombporfyr, svagt kvartsbreccierad. Cm-stora körtlar och sliror med kvarts. Svag pyritimpregnation. Spår av koppar i tunna kvartsvener.	177	49	39	122	0	2	15	3	221	0.6	4.8	1464
8358-637	CJ039 -30890/184640	Kvartsbreccierad rombporfyr. Cm-stora körtlar och sliror av kvarts. Granular wad cementerat i håligheter	37	59	95	127	54	9	7	2	37	0.7	4.0	719
8358-638	CJ039 -30820/184690	Block. Breccia. Amorf, finkornig matrix av kvarts, klorit, wad med cm-stora fragment av rombporfyr. Rombporfyrfragmenten har stockworkutbildning i form av tunna kvartsvener	25	69	46	198	0	19	10	8	17	7.5	10.4	23

TABELL 2

GUTUDALEN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)											
	Koord.		Cu	Pb	Zn	As	Sn	W	Mo	Ag	B	Ca(%)	Fe(%)	Zr
8358-639	CJ039 -30830/184680	Block. Breccia. Som block 8358-638	25	49	38	109	10	23	5	4	27	6.4	7.1	15
8358-640	CJ039 -30820/184720	Block. Kvartsbreccia. Mycket tungt. Ljusgrön amorf matrix av kvarts, grönt och svart mineral. Cm-stora brottstycken av rombporfyr. Håligheter med mörkbrun granular wad	26	16	98	523	21	66	21	5	0	21.8	19.8	26

T A B E L L 3

SYD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord. (staksystem)	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)								
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Co</u>	<u>Ca(%)</u>	<u>Fe(%)</u>
8358-641	200S/250W	Varp. Hornblende-gnejs	107	72	57	< 0.1	7	215	14	3.6	7.0
8358-642	ØS/150W	Skärp. Hornblendeskiffer	633	33	167	< 0.1	5	232	38	4.2	9.4
8358-643	ØS/350W	Häll. -"-	214	54	251	< 0.1	3	365	35	5.4	14.2
8358-644	200S/490W	Häll. -"-	161	57	54	< 0.1	1	215	20	5.3	9.8
8358-645	200S/720W	Varp. Hornblende-sericit- skiffer	15730	40	678	0.4	20	203	36	2.3	11.0
8358-646	300S/750W	Varp. Hornblendeskiffer	20420	55	772	< 0.1	19	233	81	3.0	12.4
8358-650	ØS/400W	Skärp. Vinordiabas	36	42	162	< 0.1	1	249	42	6.5	12.2
8358-651	75N/425W	Häll. Hornblende-kvarts- bergart	477	52	202	< 0.1	1	311	37	4.0	17.6
8358-652	25N/775W	Häll. Kvarts-sericit- skiffer	72	31	31	< 0.1	1	129	5	2.4	4.2
8358-653	5N/890W	Häll. Kvartsgång	13	8	11	< 0.1	1	144	25	0.9	6.7
8358-654	10S/910W	Häll. Kvarts-Hornblende skiffer	163	12	53	< 0.1	1	164	25	3.3	7.1
8358-655	200S/1185W	Varp. Kvarts-Hornblende- skiffer Hornblendeskiffer	354	33	100	< 0.1	2	207	42	3.4	10.5
8358-656	200S/875W	Skärp. Kvarts-glimmerskiffer	508	418	667	< 0.1	6	211	37	5.8	7.8

T A B E L L 3

SYD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u>	<u>Kartblad</u> <u>Koord. (staksystem)</u>	<u>Provbeskrivning</u>	<u>Analysresultat (ppm)</u>								
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Co</u>	<u>Ca(%)</u>	<u>Fe(%)</u>
8358-657	180S/850W	Skärp. Kvarts-biotitskiffer. Kvarts-Hornblendebergart	10580	2225	11340	< 0.1	20	271	51	2.9	12.5
8358-658	200S/700W	Häll. Hornblendeskiffer	543	35	772	< 0.1	2	192	39	5.9	8.7
8358-659	200S/600W	Häll. Kvarts-sericit-horn- blendeskiffer	122	46	69	< 0.1	2	248	28	4.2	11.5
8358-660	400S/400W	Häll. Finkornig gnejs	152	0	32	< 0.1	1	156	12	2.5	5.6
8358-661	410S/510W	Häll. Hornblendegnejs. Hornblendeskiffer	161	3	24	< 0.1	1	134	30	3.2	7.0
8358-662	400S/600W	Häll. Hornblendeskiffer. Biotitskiffer	213	38	102	< 0.1	1	135	25	3.5	10.5
8358-663	350S/675W	Häll. Grå gnejs. Kvarts-hornblendeskiffer	118	44	208	< 0.1	2	214	28	3.9	8.0
8358-664	390S/730W	Skärp. Finkornig gnejs. Hornblendeskiffer. Biotitskiffer	5805	25	280	< 0.1	4	222	307	2.6	11.4
8358-665	390S/990W	Häll. Hornblendeskiffer. Kvarts-Hornblendegnejs	67	65	62	< 0.1	2	1808	35	3.6	5.5
8358-666	400S/1050W	Häll. - " -	59	8	21	< 0.1	2	88	4	1.8	3.8
8358-667	350S/1025W	Varp. - " - Sericitskiffer	284	239	515	< 0.1	4	207	29	2.6	7.5

T A B E L L 3

SYD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord. (staksystem)	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)								
			Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Co	Ca(%)	Fe(%)
8358-668	100S/ØW	Skärp. Kvarts-hornblende- gnejs ± sericit	166	33	44	< 0.1	3	118	12	2.0	3.6
8358-669	ØS/55E	Häll. Kvarts-hornblende- glimmerbergart	339	246	147	< 0.1	1	136	14	3.2	7.1
8358-670	5S/125E	Häll. Kvarts ± hornblende- bergart	22	52	17	< 0.1	1	46	4	0.9	1.3
8358-671	190S/275E	Skärp. Kvarts-sericitbergart	133	123	79	< 0.1	1	69	8	2.4	3.3
8358-672	125S/310W	Skärp. Kvarts-sericitbergart	301	330	496	< 0.1	2	44	9	1.5	2.3
8358-673	220S/275W	Häll. Hornblendeskiffer	103	42	83	< 0.1	1	168	40	7.9	9.8
8358-674	200S/75W	Häll. Kvarts-hornblende- biotitbergart	69	82	50	< 0.1	6	140	7	2.9	4.2
8358-709	175N/75W	Varp. Hornblendeskiffer. Sericitskiffer	542	84	115	< 0.1	2	234	63	3.3	11.6
8358-710	250N/75W	Skärp. Sericit-Hornblende- skiffer	1519	2594	6053	< 0.1	37	692	132	1.0	18.6
8358-711	250N/ØE	Skärp. Hornblendeskiffer	695	84	319	< 0.1	6	311	225	2.9	12.6
8358-712	250N/750W	Skärp. Kvarts-hornblende- skiffer, hornblende- skiffer	477	350	1583	< 0.1	2	242	52	4.2	9.8
8358-713	210N/1025W	Skärp. Finkornig gnejs. Hornblendeskiffer	206	63	32	< 0.1	1	53	13	1.7	3.1

T A B E L L 3

SYD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u>	<u>Kartblad</u> <u>Koord.</u> (staksystem)	<u>Provbeskrivning</u>	Analysresultat (ppm)								
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Co</u>	<u>Ca(%)</u>	<u>Fe(%)</u>
8358-714	550S/850W	Skärp. Gnejsig diorit	146	80	61	< 0.1	1	111	12	1.7	4.0
8358-715	600S/775W	Varp. Finkornig gnejsig bergart	416	133	208	< 0.1	4	204	37	1.9	8.1
8358-716	600S/515W	Häll. Sericitskiffer	77	82	85	< 0.1	2	217	31	3.6	9.4
8358-717	600S/550W	Häll. Sericitskiffer. Hornblendeskiffer	146	80	200	< 0.1	2	135	10	3.4	6.0
8358-718	575S/625W	Skärp. Hornblendeskiffer	1221	0	129	< 0.1	3	391	124	1.4	8.3
8358-719	600S/690W	Skärp. Hornblendeskiffer	924	13	123	< 0.1	2	182	457	2.9	15.4
8358-720	600S/760W	Skärp. Finkornig dioritisk gnejs. Sericit-klorit-skiffer	87	39	122	< 0.1	1	149	9	1.2	5.8
8358-721	600S/1015W	Häll. Finkornig gnejs.	59	22	36	< 0.1	1	84	5	0.6	2.9
8358-733	500N/50W	Häll. Sericitskiffer. Hornblende-sericitskiffer	45	22	32	< 0.1	<1	49	6	2.9	4.2
8358-734	500N/ØE	Häll. Hornblendeskiffer. Granatglimmerskiffer	50	25	215	< 0.1	<1	161	44	4.8	12.3
8358-735	500N/75E	Häll. Finkornig kvarts. Glimmerskiffer	18	25	229	< 0.1	<1	118	31	6.8	7.2
8358-736	500N/120E	Häll. Finkornig kvartshornblendeskiffer	13	35	171	< 0.1	<1	55	6	3.3	4.3

T A B E L L 3

SYD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u>	<u>Kartblad</u> <u>Koord.</u> (staksystem)	<u>Provbeskrivning</u>	<u>Analysresultat (ppm)</u>								
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Co</u>	<u>Ca(%)</u>	<u>Fe(%)</u>
8358-737	330N/70E	Varp. Hornblendeskiffer. Kvarts-biotit-skiffer	154	37	167	< 0.1	< 1	131	25	3.3	7.1
8358-738	320N/0E	Varp. Hornblendeskiffer	293	45	132	< 0.1	< 1	173	34	3.4	9.7
8358-739	320N/150W	Häll. Hornblendeskiffer. Fin- kornig grå gnejs	12	56	116	< 0.1	< 1	52	15	2.3	5.1
8358-740	350N/245W	Häll. Hornblendeskiffer	1210	503	938	< 0.1	< 1	308	45	7.1	11.7
8358-741	360N/310W	Skärp. -"-	167	90	439	< 0.1	< 1	113	29	3.1	8.7
8358-742	200N/500W	Häll. Vinordiabas	86	43	187	< 0.1	< 1	148	52	6.6	10.5
8358-743	200N/600W	Häll. Glimmerskiffer	38	35	232	< 0.1	< 1	169	36	5.2	14.8
8358-744	200N/725W	Häll. Sericitskiffer. Horn- blendeskiffer	130	53	68	< 0.1	< 1	88	14	5.0	8.0
8358-745	200N/800W	Häll. Finkornig gnejs	39	19	60	< 0.1	< 1	84	11	4.2	4.9
8358-746	250S/180W	Skärp. Hornblendeskiffer. Granatglimmerskiffer	227	475	323	< 0.1	< 1	168	29	4.7	7.7

NORD-VINOREN. BERGGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)										
			Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Co	Cr	Ni	Ca(%)	Fe(%)
8358-647	By 043-5-3 64700/201840	Häll. Diorit-Gabbro	126	46	172	<0.1	1	254	62	0	7	6.6	13.5
8358-648	By 043-5-3 64500/20280	Häll. Gabbro (Vinordiabas)	175	123	498	<0.1	5	402	89	117	46	5.4	15.9
8358-649	By 043-5-3 64150/202570	Skärp. Gabbro. (Vinordiabas)	332	78	106	<0.1	3	384	197	17	39	4.8	20.7
8358-685	By 043-5-3 64800/202310	Skärp. Kvartsdiorit	177	56	110	<0.1	1	214	40	57	24	6.8	9.4
8358-686	By 043-5-3 64770/202270	Häll. Kvartsdiorit	308	84	94	<0.1	1	257	56	68	24	6.9	11.9
8358-687	By 043-5-3 64200/20280	Häll. Kvartsdiorit	385	88	88	<0.1	1	167	27	51	0	4.3	8.3
8358-688	Bx 043-5-4 63840/202310	Varp. Diorit	1907	1077	2236	<0.1	10	469	164	27	31	2.8	17.5
8358-689	Bx 043-5-4 63860/202490	Skärp. Diorit Kvartsdiorit	636	71	126	<0.1	1	249	45	35	4	6.8	10.9
8358-690	Bx 043-5-4 63790/202840	Varp. Diorit	258	56	65	<0.1	2	269	63	142	37	8.1	11.7
8358-691	Bx 043-5-4 63890/202860	Skärp. Kvartsdiorit	751	181	379	<0.1	2	255	69	82	31	5.0	10.4
8358-692	By 042-5-1 64360/200530	Skärp. Gnejs	136	181	103	<0.1	4	115	4	197	0	1.8	3.0
8358-693	By 042-5-1 64380/200515	Skärp. Gnejs Gnejsgranit	114	71	79	<0.1	2	90	10	171	4	1.9	3.0

NORD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)										
			Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Co	Cr	Ni	Ca(%)	Fe(%)
8358-694	By 042-5-1 64475/200515	Varp. Kvartsdiorit. Diorit	293	50	69	< 0.1	1	188	21	205	4	2.2	5.4
8358-695	By 042-5-1 64650/200600	Skärp. Gnejs	323	842	1277	< 0.1	4	102	6	134	0	1.2	2.7
8358-696	By 042-5-1 64710/200610	Skärp. Bandad gnejs	445	660	1462	< 0.1	3	142	10	99	11	2.3	4.9
8358-697	By 042-5-1 64340/200515	Skärp. Gnejs	424	236	292	< 0.1	3	113	21	274	24	1.8	3.8
8358-698	By 042-5-1 64260/200440	Skärp. Gnejs	199	170	188	< 0.1	2	105	8	129	0	2.2	3.8
8358-699	By 042-5-1 642251/200385	Varp. Gnejs Kvartsdiorit	113	135	335	< 0.1	2	83	9	272	4	1.2	3.0
8358-700	Bx 042-5-2 63970/201505	Häll. Gabbro (Vinordiabas)	249	108	73	< 0.1	1	225	41	191	0	7.7	9.1
8358-701	By 042-5-1 64230/201520	Skärp. Gabbro (Vinordiabas)	502	412	649	< 0.1	2	354	90	159	57	7.1	17.6
8358-702	By 042-5-1 64285/201475	Skärp. Gabbro	548	73	261	< 0.1	2	304	84	306	63	8.1	14.1
8358-703	By 042-5-1 64340/201410	Skärp. Skiffrig gabbro. (Vinordiabas)	586	187	399	< 0.1	2	333	98	30	57	5.4	15.4
8358-704	By 042-5-1 64390/201410	Varp. Gabbro (Vinordiabas)	2433	161	309	< 0.1	6	426	295	214	96	6.2	21.4

NORD-VINOREN. BERGGRUNDSPROV. ANALYSRESULTAT

Provnr	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)										
			Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Co	Cr	Ni	Ca(%)	Fe(%)
8358-705	By 043-5-1 64215/204300	Skärp. Skiffrig diorit-gabbro. (amfibolit)	519	84	105	<0.1	1	336	70	57	0	4.1	16.1
8358-706	Bx 043-5-4 63690/203650	Skärp. Skiffrig gabbro (amfibolit)	148	99	391	<0.1	3	342	26	44	0	6.4	16.4
8358-707	Bx 043-5-4 63620/203520	Skärp. Skiffrig gabbro (amfibolit)	65	217	525	<0.1	3	429	45	16	17	4.0	20.0
8358-708	Bx 043-5-4 63500/203470	Varp. Diorit	387	76	204	<0.1	3	205	25	27	0	4.0	10.3

T a b e l l 5

KONGSBERGSOMRADET (RAMBERG, TROLLERUD, SKARA). REGIONAL BERGGRUNDSPROVTAGNING. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u> <u>Område</u>	<u>Kartblad</u> <u>Koord.</u>	<u>Provbeskrivning</u>	<u>Analysresultat (ppm)</u>								
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Co</u>	<u>Ni</u>	<u>Ca(%)</u> <u>Fe(%)</u>
8358-675 Ramberg	CD 042-5-3 -62750/198450	Varp. Granatglimmerskiffer. Hornblendeskiffer	833	184	583	<0.1	8	343	104	52	3.0 17.0
8358-676 Ramberg	CD 042-5-3 -62650/199150	Varp. Hornblendeskiffer	581	347	341	<0.1	9	159	27	20	4.7 7.2
8358-677 Ramberg	CD 042-5-3 -62300/198970	Häll. Hornblendeskiffer	357	80	35	<0.1	1	88	19	20	4.9 5.5
8358-678 Ramberg	CD 042-5-1 -61920/199850	Varp. Hornblendeskiffer	4177	158	446	<0.1	120	261	66	13	4.3 12.3
8358-679 Ramberg	CD 042-5-1 -61860/199870	Block. Breccia med sulfider (Slagg ?)	9	7005	3357	<0.1	3	113	16	17	15.7 4.8
8358-680 Trollerud	By 041-5-3 -64080/194320	Varp. Hornblenderik skiffer	102	106	240	<0.1	1	263	43	17	2.9 12.6
8358-681 Trollerud	By 041-5-3 -64360/193900	Varp. Kvartsrik gnejs	130	106	88	<0.1	1	78	11	0	2.0 3.9
8358-682 Trollerud	By 041-5-3 -64370/193790	Varp. Finkornig gnejs, ställvis bandad	143	159	304	<0.1	2	116	11	0	2.6 4.0
8358-683 Trollerud	By 041-5-3 -64100/193210	Häll. Hornblenderik skiffer	239	58	283	<0.1	1	253	51	24	5.4 11.7
8358-684 Trollerud	CD 041-5-3 -63760/193070	Häll. Skiffrig till gnejsig horn- blenderik bergart	185	93	68	<0.1	1	192	25	31	5.5 9.2
8358-747 Trollerud	By 041-5-1 -64113/194465	Skärp. Skiffrig diorit	682	778	949	<0.1	10	175	102	25	6.4 12.5

T a b e l l 5

KONGBERGSOMRADET (RAMBERG, TROLLERUD, SKARA). REGIONAL BERGGRUNDSPROVTAGNING. ANALYSRESULTAT

Provnr Område	Kartblad Koord.	Provbeskrivning	Analysresultat (ppm)									
			Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Co	Ni	Ca(%)	Fe(%)
8358-748 Trollerud	By 041-5-1 -64115/194870	Skärp. Skiffrig diorit	318	129	529	<0.1	<1	171	66	51	5.6	12.1
8358-749 Trollerud	By 041-5-1 -64130/195367	Skärp. Skiffrig diorit	65	37	163	<0.1	<1	117	29	55	1.5	7.5
8358-750 Trollerud	By 041-5-1 -64110/195397	Skärp. Skiffrig diorit	136	46	235	<0.1	<1	176	51	20	5.1	13.4
8358-751 Trollerud	By 041-5-1 -64112/195421	Skärp. Granat-Hornblende- skiffer. Skiffrig diorit	541	101	226	<0.1	<1	165	54	30	5.8	11.1
8358-752 Trollerud	By 041-5-1 -64116/195437	Skärp. Skiffrig diorit	818	45	173	<0.1	<1	217	110	70	6.6	11.7
8358-753 Trollerud	By 042-5-3 -64200/196890	Skärp. Bioritskiffer. Skiffrig diorit	272	89	261	<0.1	<1	207	44	36	4.6	11.4
8358-722 Skara	CE 041-5-4 -54220/193140	Varp. Breccierad kvartsgång med sulfider	11460	157	53140	<0.1	62	337	168	43	7.2	8.5
8358-723 Skara	CE 041-5-3 -54870/192650	Varp. Breccierad kvartsgång med sulfider	9654	67430	103700	<0.1	180	339	60	16	0.02	4.7
8358-724 Skara	CE 041-5-3 -55020/193800	Varp. Breccierad kvartsgång med sulfider	444	16350	80560	<0.1	32	234	45	2	2.1	7.3
8358-725 Skara	CE 041-5-1 -55630/194420	Varp. Granat-hornblendeskiffer. Hornblendeskiffer. (Breccierad kvarts-kalcitgång)	373	134	388	<0.1	45	232	26	22	0.7	8.1
8358-726 Skara	CE 041-5-1 -55570/194720	Varp. Skiffrig diorit (Breccierad kvartskalcitgång)	501	205	440	<0.1	8	306	64	90	2.2	10.6
8358-727 Skara	CE 041-5-3 -55630/194320	Varp. Finkornig gnejs (Breccierad kvartsgång)	123	157	188	<0.1	1	116	11	22	0.1	3.2

T a b e l l 6

KONGSBERG. ÖVER- OCH UNDERBERGET. GRUVVARPPROVER AV FAHLBAND. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u>	<u>Kartblad Koord.</u>	<u>Provbeskrivning</u>	<u>Analysresultat (ppm)</u>							
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Co</u>	<u>Ag</u>	<u>Au</u>	<u>Ca(%)</u>	<u>Fe(%)</u>
8258-445	Kongsberg 1714 II 6615800/533800	Fahlband — Rostfärgade, sulfidimpregnerade, finkorniga, skiffriga eller gnejssiga bergarter	98	1	64	11	3	0	2.6	4.2
-446	Kongsberg 1714 II 6615000/534200	"-	129	131	234	7	3	0	1.7	2.8
-447	Kongsberg 1714 II 6614800/534250	"-	115	118	263	7	3	0	2.5	3.5
-448	Kongsberg 1714 II 6614650/534270	"-	68	21	74	7	3	0	1.3	2.6
-449	Kongsberg 1714 II 6614000/534480	"-	174	28	295	1	3	0	2.2	3.8
-450	Kongsberg 1714 II 6613640/534600	"-	111	37	283	15	3	0	3.8	6.3
-451	Kongsberg 1714 II 6616070/533550	"-	105	13	51	8	3	0	2.0	3.7
-452	Notudden 1714 III 6616900/533450	"-	129	13	84	16	3	0	1.9	7.1
-453	Notudden 1714 III 6616350/532650	"-	158	29	180	1	3	0	1.9	6.9
-454	Notudden 1714 III 6616800/532500	"-	172	169	488	6	3	0	1.8	3.1
-455	Notudden 1714 III 6617350/531650	"-	5131	1612	2751	69	130	0.003	3.7	6.3

T a b e l l 6

KONGSBERG. ÖVER- OCH UNDERBERGET. GRUVVARPPROVER AV FAHLBAND. ANALYSRESULTAT

<u>Provnr</u>	<u>Kartblad</u> <u>Koord.</u>	<u>Provbeskrivning</u>	<u>Analysresultat (ppm)</u>							
			<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Co</u>	<u>Ag</u>	<u>Au</u>	<u>Ca(%)</u>	<u>Fe(%)</u>
8258-456	Notudden 1714 III 6617950/532450	Fahlband- Rostfärgade, sulfid- impregnerade, finkorniga, skiffriga eller gnejssiga bergarter	314	36	128	12	3	0	1.7	5.3
-457	Notudden 1714 III 6613180/532150	---	727	527	1103	25	13	0	1.0	8.2
-458	Notudden 1714 III 6612970/532370	---	331	572	1167	10	9	0.002	1.5	4.7
-459	Notudden 1714 III 6612750/532500	---	72	274	644	7	7	1.00	0.7	3.0
-460	Notudden 1714 III 6613950/532800	---	744	307	669	29	60	0	2.3	9.7
-461	Notudden 1714 III 6615200/532700	---	279	117	162	9	4	0	1.8	6.7
-462	Notudden 1714 III 6614550/532750	---	219	308	2156	26	3	0	2.1	9.9
-463	Notudden 1714 III 6614060/533350	---	484	202	578	15	5	0	1.7	6.6
-464	Notudden 1714 III 6614060/533250	---	178	499	1088	33	30	0	3.5	9.6
-465	Notudden 1714 III 6612980/533500	---	374	13	108	23	3	0	3.7	9.4
-466	Notudden 1714 III 6613600/533250	---	263	11	195	20	1	0	2.0	7.4
-467	Notudden 1714 III 6613950/533150	---	508	231	999	34	8	0	3.6	8.8

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V	
W	
XY	
Z	
AA	
Ö	

R

MALMLETING INNEN KARTBLADENE

1513 I BANDAK, 1514 II ÅMOTSDAL, 1613 IV SELJORD OG

1614 III FLATDAL (1 : 50 000) I TELEMARK

Sammendrag

Oppfølgingen i felt av de geokjemiske anomalier førte ikke til funn av betydning. Det er foreslått fire forskjellige angrepspunkt for en eventuell videre prospektering.

INNLEDNING

Etter oppdrag har NGU foretatt prøvetaking, sikting (til $\pm 0,15$ mm) og analysering av sporelementer i bekkersedimenter innen de fire kartbladene Bandak, Åmotsdal, Seljord og Flatdal (NGU-rapporter nr. 1853 A, B, C og D). Det er tatt én prøve av hver bekk som krysser eller renner nær kjørbær veg. Følgende elementer (HNO₃-løslige) er tatt med i analysen: Si, Al, Fe, Ti, Mg, Ca, Na, K, Mn, P, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, V, Mo, Cd, Cr, Ba, Sr, Zr, Ag, B, Be, Li, Sc, Ce, La .

Denne rapport gir en tolking av de geokjemiske kartene, resultatet av oppfølgingen av geokjemiske anomalier i felt og et forsøk på å sammenstille resultatene med tidligere kjente data fra området.

GEOKJEMISKE OG GEOLOGISKE DATA

Utvalg

I første omgang ble de geokjemiske kartene for elementene Cu, Mo, Zn, Pb, Ag, Ni og Co vurdert.

For hvert element ble det i forhold til det totale kartbilde anslått en øvre terskel for bakgrunnsverdiene. Analyseresultater som var to sprang på NGU's verdiskala høyere enn bakgrunnsterskelen, ble regnet som anomale.

Utvelgelsen av bakgrunnsverdien er naturligvis forbundet med stor grad av usikkerhet, fordi elementkonsentrasjonene i de forskjellige bergarter varierer. En bergartsfiltrering av dataene er imidlertid vanskelig med den nåværende spredte prøvetaking og p.g.a. rask veksling av bergartslag i mange områder.

Kobber

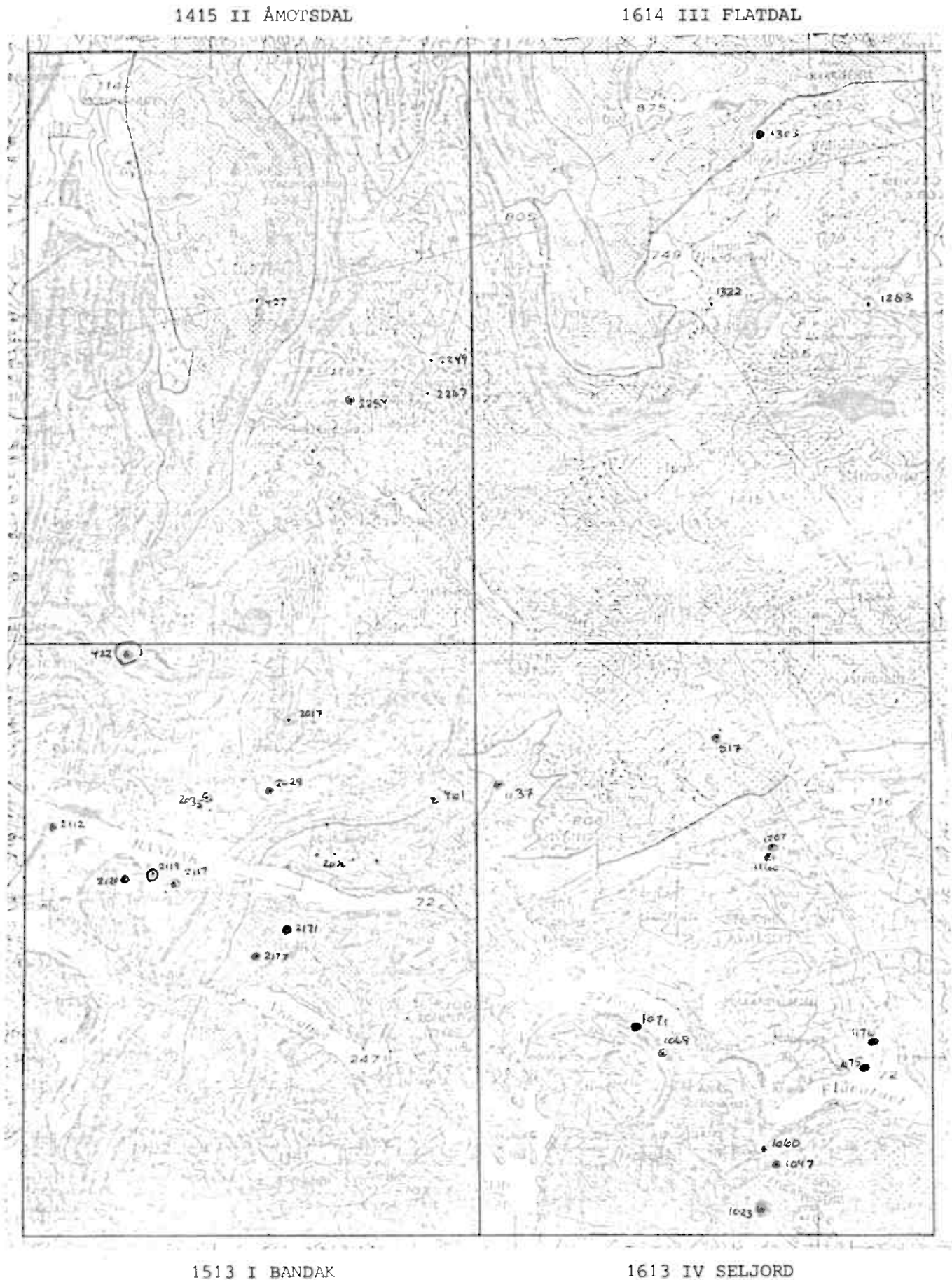
Bakgrunnsterskelen ble anslått til 25 ppm. Analyseresultater over 63 ppm ble regnet som anomale.

Høyeste resultat for 1514 II Åmotsdal var 29 ppm og for 1614 III Flatdal 51 ppm, d.v.s. at det ikke var noen anomale analyseresultater innen disse kartbladene.

Innen 1613 IV Seljord var høyeste analyseresultat 108 ppm (prøve 1207). Analysene av prøvene 517, 1023, 1137 og 1160 gav resultater mellom 63 og 100 ppm.

Innen 1513 I Bandak var høyeste analyseresultat 263 ppm (prøve 2029). Forøvrig var det ett resultat mellom 160 og 250 ppm (prøve 2177) og fire resultater mellom 63 og 100 ppm (prøvene 422, 461, 2112 og 2119)

Fig. 1. Oversikt over de undersøkte områder. Geologi etter kartblad Skien (1 : 250 000). Rjukangruppens grenser mot Seljord- og Bandakgruppen er framhevet. Prøvepunkter med anomale analyse-resultater er plottet på overlegg: • kobber, bly, • sink, • molybden, • sølv, • kobolt, • nikkel.



Seljord-kartbladet

Prøve 1207 er tatt i bekk fra Napatjønn til Dalsvatn.

Prøve 1160 er tatt lenger nede etter at to bekker har gått sammen. Bergarten i området er granittisk gneis. Kompakt, relativt dårlig utviklet foliasjon. Oppspreknings- og knusesoner med kloritt i sprekkenes. Kvarts i årer og linser. Noe feltspat og oksyder. Sulfider ikke observert.

Beliggende ca. 1 km syd for grense mot suprakrustalene. Ingen kobberforekomster er kjent i dette området.

Prøve 1023 stammer fra området med amfibolittiske bergarter i suprakrustalområdet øst for Nissedal. Det er i denne bergarten rapportert en del årer og linser av kvarts som inneholder en del sulfider (magnetkis, svovelkis, kobberkis). Sulfidene inneholder ofte noe nikkel og kobolt. Prøvetakingsområdet er ikke besøkt, men bør befares i forbindelse med en nøyere oppfølging av hele dette suprakrustalfeltet.

Prøve 1137 er tatt i et område med sur metalava fra Rjukangruppen, men bekken kommer fra områder med konglomerater og basiske metalavaer (Morgedalslava) fra Bandaksgruppen. I den basiske metalavaen er det ca. 600 m SV for prøvepunktet et skjerp med kobberkis og bornitt i kvartsårer.

Prøve 517 er tatt i område med Seljordkvartsitt. Kvartsitten inneholder enkelte steder amfibolittlag (antagelig opprinnelig intrusive ganger). Kobbermineraler ble ikke observert i nærheten av prøvepunktet, men i vegskjæring lenger syd langs Seljordvatn ble det funnet kvartsårer med kobberkis.

Bandak-kartbladet

Prøve 2029 er tatt i område med Gjuve lava. Ved prøvepunktet er det stort sett overdekning. I vegskjæringer mot øst ble det observert malakitt (og muligens kobberglans) i lavaen flere steder. Øst for Nykås ble det funnet malakitt og kobberglans på sprekker i konglomerat og sur metavulkanitt som stratigrafisk ligger like over Gjuve lavaen. To skjerp (et i lava og et i sediment) ligger i dette stratigrafiske nivå lenger nord og K.S. Nilsen (1980) rapporterte funn av kobber flere steder i Gjuve lavaen.

Prøve 2177 er tatt i område med gneisifisert sur metavulkanitt fra Rjukangruppen. I bekken et par meter ovenfor der prøven antagelig er tatt, lå en blokk på ca. 25 cm i diameter, som inneholdt ganske mye kobberkis. Blokken, som var rusten og forvitret, besto av grovkornet granittpegmatitt som lignet pegmatitten ved punkt 2171 (Mo). Det høye kobberinnholdet i prøven kan derfor skyldes fragmenter fra denne blokken. I en vegskjæring 2 - 300 meter lenger oppe ble det observert litt malakitt, kobberkis og flusspat på en sprekke og enkelte spredte korn av kobberkis i bergarten. Kisen synes å følge tynne (opp til 4-5 cm brede) biotittrike bånd i gneisen.

Prøve 2112 er tatt i bekk som renner ned ås med basisk metavulkanitt som trolig kan korreleres med Gjuvelavaen. I vegskjæringene er det observert en rekke kvartsårer med kobberkis, bornitt og kobberglans. Flere skjerp er kjent oppe fra åsen.

Prøve 2119 er tatt i område med kvartsskifer (Eidsborg sandstein i Bandakgruppen), men bekken renner ned fra Kløvereid granitten. En rekke små gruver og skjerp med molybden, kobber og vismut er kjent i og like inntil granitten. Samme analyseprøve gav også et relativt høyt resultat for molybden.

Prøve 422 er tatt i basisk metalava (Morgedalslava) i Bandakgruppen. Samme prøve hadde også anomale analyseresultater for sølv og nikkel. Litt malakitt ble funnet i kvartsårer.

Prøve 461 er tatt i basisk metalava (Morgedalslava). I veksling med kvartsskiferlag (med konglomerater). Mange kvartsårer, mye epidot og litt lyserød feltspat og kalkspat. Også kvarts-feltspat-amfibol-epidotårer. Åre/sprekk med kobberkis, malakitt, limonitt, kvarts, epidot, kloritt og amfibol.

Kommentar

Totalt sett var det få markerte og ingen sterke anomale analyseresultater for kobber. Utslagene var mindre enn ventet.

Resultatene for prøve 1207 og 1160, som ligger i granittisk gneis, kan ikke umiddelbart korreleres med kjente forekomster. Det samme er tilfelle med prøve 2177 som ligger i gneisifisert sur lava.

De øvrige anomale resultatene kan korreleres med basiske metalavaer (særlig Gjuvelava og Mørgedalslava) og Kløvereidgranitten. Dette kommer enda klarere fram når alle analyseresultater over bakgrunnsterskel (25 ppm) tas med i vurderingen. Da kommer også Bandakgranitten og de basiske metalavaene i Rjukangruppen tilsyne. Dette passer godt med beliggenheten av gamle gruver, skjerp og funn.

Bly

Bakgrunnsterskel ble fastsatt til 39 ppm. Analyseresultater over 100 ppm ble regnet som anomale.

Høyeste resultat på kartblad Seljord var 90 ppm.

Kartblad Flatdal har ett anomalt analyseresultat, nemlig for prøve 1283 (192 ppm) i Hjørtedal. Prøven er tatt i område med grovkornet amfibolitt. Høyere oppe renner bekken/elva gjennom lag med sur metavulkanitt og kvartsitt. Enkelte korn med kobberkis ble observert i amfibolitten og i kvartsåre i amfibolitten. Litt kobberkis ble også funnet i kvartsåre i sur metavulkanitt. Prøve 1283 inneholdt også relativt mye cobolt og molybden.

To anomale analyseresultater er registrert innen kartblad Åmotsdal. Prøve 2249 gav resultatet 172 ppm, mens prøve 2267 ligger i området 100 - 160 ppm. Begge prøver stammer fra Dyrlandsdalen. Prøvene er tatt i område med Seljordkvartsitt.

Kvartsitten inneholder enkelte amfibolittganger og lag med kalkholdig skifer. De to prøvene er tatt ved skiferlaget. To skjerp anlagt på bly- og kobberførende kvartsårer i Seljordgruppens bergarter finnes noen kilometer mot NV og SØ (392 Åmotsdal og 393 Fuglebekkåsen).

Innen kartblad Bandak gav prøve 2076 det eneste anomale resultat (205 ppm). Denne prøven er tatt inne i Bandakgranitten, hvor en rekke bly-førende kvartsårer er kjent.

Kommentarer

Ut fra kartbildene synes det klart å tre fram ulike bakgrunnsverdier for forskjellige bergarter: Bandakgruppens bergarter har lave bakgrunnsverdier og ingen anomalier. Bandakgruppen synes derfor ikke interessant når det gjelder bly.

Seljordkvartsitten har over store områder lav bakgrunnsverdi. Bakgrunnsverdien øker noe enkelte steder, men dette synes å ha sammenheng med opptreden av andre bergarter enn kvartsitt.

Områder med Rjukangruppens bergarter, granitter og gneisgranitt har mange steder relativt høye analyseresultater.

Bergartene i området hvor prøve 1283 er tatt, er av usikker stratigrafisk beliggenhet.

Som ventet, er det nordlige del av Bandakgranitten (antatt granittiserte sure meta-vulkanitter fra Rjukangruppen) og Rjukangruppens bergarter umiddelbart rundt denne som skiller seg ut på det geokjemiske kartet. Dette er i samsvar med fordelingen av

kjente blyførende forekomster. Alt Vogt (1888) skilte ut dette område som en PbS-provins.

Et område i Dyrlandsdalen med Seljord-gruppens bergarter skiller seg også ut.

Molybden

Bakgrunnsterskel ble stipulert til 6 ppm.

Analyseresultater over 16 ppm ble regnet som anomale.

Høyeste analyseresultat på kartblad Åmotsdal er funnet for prøve 2244 (13 ppm).

Prøven er tatt i område med sur metavulkanitt fra Rjukan-gruppen. Ingen andre resultater viste over 6 ppm.

Kartblad Flatdal har ett anomalt resultat (prøve 1303, 19 ppm). Det har forøvrig ett resultat mellom 10 - 16 ppm (prøve 1311) og fem mellom 6 - 10 ppm. Begge prøver med høyeste resultat er tatt i Seljordkvarstittområde. Ved prøve 1303 er det Rjukanbergarter (sure og basiske metalavaer) høyere oppe i lia.

Kartblad Seljord har tre anomale analyseresultater mellom 16 og 25 ppm (prøve 1071, 1175 og 1176). Høyeste resultat er 24 ppm. To av prøvene stammer fra gneisgranittområde med hyppig opptreden av granittpegmatitter nord for Flåvatn, mens den tredje er tatt inne i Vrådal granittplutonen hvor det også er granittpegmatitter, amfibolitter og gneisgranitt. Ved Flåvann er det ikke kjente skjerp. I Vrådalgranitten er det et molybdenskjerp i granittpegmatitt og rapportert et par funn av molybdenglans. Flere Mo-skjerp ligger i gneisgranitt vest for plutonen.

Forøvrig er det sju analyseresultater mellom 10 og 16 ppm innen kartbladet. Tre av

disse prøvene er tatt inne i Vrådalplutonen, mens alle de andre ligger i gneisgranitt, hvorav en nord for Flåvatn. To av prøvene stammer fra området ved Grytvatn. I perioden 1958 - 1961 ble det funnet og undersøkt en del molybdenglansmineraliseringer i området Grytvatn - Mørkvasshei.

Kartblad Bandak har tre anomale analyseresultater mellom 16 og 25 ppm (prøve 2119, 2120 og 2171). Høyeste resultat er 19 ppm. To av disse punktene ligger i eller like utenfor Kløvereidgranitten, mens det tredje ligger i sydlige del av Bandakgranitten og har ganske sikkert sammenheng med en stor granittpegmatitt.

Ni analyseresultater ligger mellom 10 og 16 ppm innen kartbladet. En prøve er tatt like utenfor Kløvereidgranitten, fem prøver er tatt inne i eller like utenfor Bandakgranitten og tre i område med gneisgranitt. De tre siste prøver er tatt i nærheten av Berge Mo-gruve og Sinnes Mo-skjerp. To av prøvene ved Bandakgranitten er tatt i område med sur metalava fra Rjukangruppen og de tre prøvene i gneisgranittområdet er tatt nær grensen mot den sure metavulkanitten.

I Kløvereidgranitten er Haugholmen (Bandaksli) molybdengruve og flere skjerp kjent fra tidligere. I og like utenfor nordlige del av Bandakgranitten er Lindtjern og Listulli molybdenskjerp kjent fra før.

Kommentarer

Ingen analyseresultater over 10 ppm er rapportert fra området med Bandakgruppens bergarter, selv om en forekomst med molybdenglansførende kvartsårer (Nordaberg) er kjent på Bandak-kartbladet.

Selv om store områder med Seljordkvartsitt er prøvetatt, er det bare to resultater som viser over 6 ppm. De ligger helt nord på Flatdalkartbladet, nær områder med kalkholdig skifer og Rjukanbergarter.

Noen relativt høye analyseresultater kan ha sammenheng med sur lava i Rjukan-gruppen. På den annen side er det store områder med denne bergart hvor det ikke er noen analyseresultater over 6 ppm.

De fleste relativt høye molybdenanalyseresultater kan settes i sammenheng med granitter, granittpegmatitter og gneisgranitter.

Sølv

Bakgrunnsterskel ble anslått til 0,6 ppm.

Analyseresultater over 1,6 ppm ble regnet som anomale.

Prøve 427 (1,8 ppm) gav eneste anomale resultat inne kartblad Åmotsdal. Forøvrig var det 6 resultater mellom 1,0 og 1,6 ppm. Prøve 427 er tatt i bekk som renner i basisk metavulkanitt nær grensen mot sur metavulkanitt. Begge bergarter tilhører Rjukan-gruppen.

Innen kartblad Bandak gav prøve 422 resultatet 3,3 ppm og resultatet for prøve 2017 lå mellom 1,6 og 2,5 ppm. Prøve 422 ligger i område med Mørgedalslava ved Oftevatn. Samme prøve ^{gav} også anomalt resultat for kobber og ganske høye resultater for sink og kobolt. Prøve 2017 ligger i Gjuvelava og har også ganske høye resultater for kobber og sink.

Innen kartbladet er det 25 resultater mellom 1,0 og 1,6 ppm.

Kartblad Seljord har ingen anomale resultater, men fem resultater mellom 1,0 og 1,6 ppm, hvorav tre er lokalisert til Vrådal granitten.

Kartblad Flatdal har 1,1 ppm som høyeste resultat.

Kommentarer

Anomalieresultatene for sølv er svake.

De fleste noe høyere resultater synes å stamme fra basiske metalavaer fra de forskjellige grupper og fra granitter (ikke Bandakgranitten).

Seljordkvartsitten skiller seg ut som et område med lav bakgrunnsverdi og ingen anomale eller høye resultater. Gneisgranittområdet har også gitt lave resultater.

På grunn av Seljordgruppens lave resultater ellers, markerer resultatene fra den intrusive basiske bergarten hvor Bleka og Blengsdalen gullforekomster befinner seg, på kartbildet. Selv om høyeste resultat bare er på 1,1 ppm.

Sink

Bakgrunnsterskel ble anslått til 63 ppm.

Analyseverdier over 160 ppm ble vurdert som anomale.

Kartblad Flatdal har ingen anomale analyseresultater, mens Åmotsdal har et resultat (prøve 2284: 162 ppm). Denne prøven er tatt i Seljordkvartsittområde nord for Sundsbarmvatn.

2 anomale resultater er funnet på kartblad Bandak (prøve 2117 og 2186: verdier mellom 160 og 250 ppm). Prøve 2117 ligger i område med Eidsborg kvartsskifer, øst for Kløvereidgranitten. Prøve 2186 ligger i område med gneisgranitt.

Kartblad Seljord har fire anomale resultater. Prøve 1069 (263 ppm) ligger ved grensen til Vrådalgranitten, hvor bergartene er granitt, gneisgranitt og basiske lag. Prøvene 1023, 1047 og 1060 gav verdier mellom 160 og 250 ppm. Prøve 1023 ligger i område

med basiske suprakrustaler i Nissedal suprakrustalfelt. Samme prøve gav også anomalt resultat for kobber. Prøve 1047 er tatt i område ved grensen av suprakrustalene og gneisgranitten, og prøve 1060 er tatt fra gneisgranittområde med basiske lag like nord for Nissedal suprakrustalfelt.

Kommentarer

Ingen av prøveområdene med sinkanomalier har kjente mineraliseringer med sink. Områdene hvor sinkførende forekomster er kjent, har ikke gitt anomalier.

Kobolt, nikkel og krom

Bakgrunnsttersklene ble anslått til 25, 18 og 16 ppm. Anomale analyseresultater blir ut fra dette over 63, 56 og 39 ppm.

To prøver (1283 og 1322) fra Flatdal-kartbladet hadde analyseverdier for kobolt mellom 63 og 100 ppm, og to prøver (422 og 2035) fra Bandak-kartbladet hadde verdier for nikkel mellom 56 og 100 ppm.

Prøve 1283 er tidligere beskrevet som anomal vedrørende bly. Prøve 1322 er tatt i et område med Seljordkvartsitt hvor det ikke er kjente ertsforekomster. Prøve 2070, som ligger i et område nord for Bandakgranitten med basiske metavulkanitter fra Rjukangruppen og ca. 0,8 km nedfor (syd for) Listulli arsenkisforekomst, hvor det i enkeltanalyser er funnet en del kobolt, har også et relativt høyt analyseresultat for kobolt (mellom 39 og 63 ppm).

Prøve 422 er tidligere omtalt som anomal vedrørende sølv, og den har også gitt relativt høye analyseresultater for kobber (mellom 63 og 100 ppm) og kobolt (mellom 39 og 63 ppm). Prøve 2035 ligger i et område med Eidsborg kvartsskifer hvor det ikke er kjente ertsforekomster. Begge prøver har relativt høye analyseresultater for krom (mellom 67 og 100 ppm).

Relativt høye kromresultater (over 39 ppm) er også registrert i området med basiske metavulkanitter fra Rjukangruppen nord for Bandakgranitten (prøve 462, 2068 og 2070) og i samme bergart øst for Kviteseid (prøve 1143). Forøvrig er det ett relativt høyt resultat i Seljordkvartsitt (prøve 517) og ett i gneisgranitt (prøve 527) like nord for Nissedal suprakrustalområde. Høyeste analyseresultat er 78 ppm. Det er ingen høye verdier innen kartbladene Åmotsdal og Flatdal.

Kommentarer

Bakgrunnsverdiene for kobolt synes å være noe lavere i områdene med gneisgranitt og de yngste granittene (Vrådal, Kløvereid) enn i suprakrustalområdene. Nikkelresultatene er lave over hele feltet, men med noen litt høyere resultater i områdene nord for Bandakvann.

KONKLUSJON

Det er ingen geokjemiske anomalier som peker seg ut som spesielt lovende.

Prøvepunktene er de fleste steder langt fra hverandre, slik at det ut fra de geokjemiske data er vanskelig å skille ut spesielt interessante, mindre feltområder.

Den feltmessige oppfølging av de geokjemiske data er vanskelig p.g.a. ertstypen.

De fleste mineraliseringene inneholder lite eller ingenting av svovelkis og magnetkis.

Fast fjell, bergarter og blokker som inneholder kobber ruster derfor ^{ertsmineralene} ~~gjeld~~ og

vanskelig å observere dersom kobberet ikke er konsentrert i kvartsårer. Særlig vanskelig er tilfellene hvor kobbermineralene er kobberglans, digenitt og bornitt.

Særlig de to førstnevnte kan være vanskelig å skille fra bergartenes oksyder om det ikke er malakitt tilstede. Dette gjør det vanskelig å finne ertsimpregnasjoner i felt, men det er mulig at impregnasjonsmalmer av en størrelse som er økonomisk interessant vil tydelig markere seg ved omvandlingssoner og sterk supergen malakittutfelling (og eventuelt rust hvis mineralet er kobberkis). Den samme vurdering kan gjøres gjeldende for de andre metallene som vi er på jakt etter.

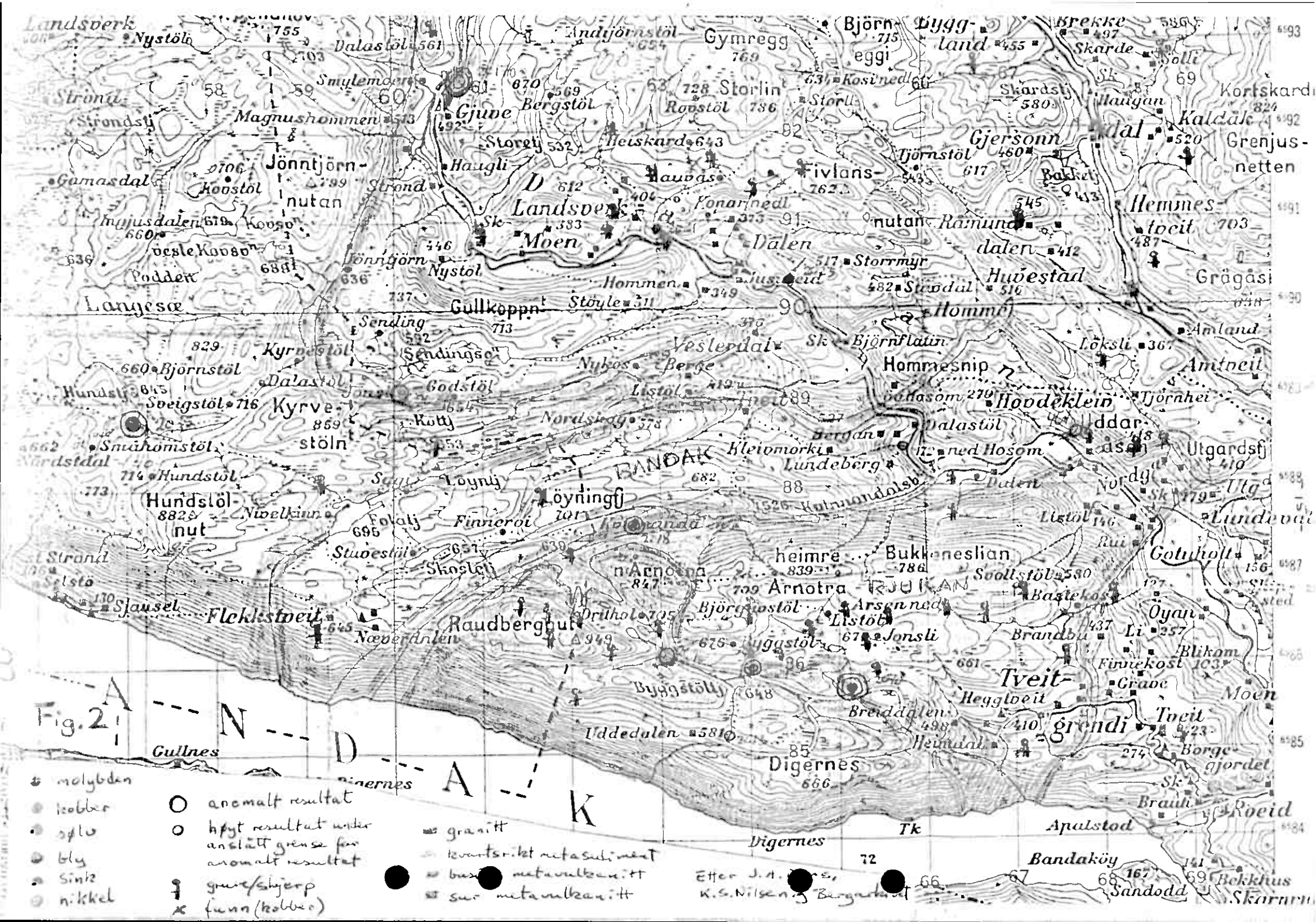
I felt er det funnet kobbermineraler en rekke steder og molybdenglans noen steder.

De fleste funn er gjort i vegskjæringer, men noen funn er gjort utenom vei. Det gjelder da særlig funn av kobberkis. De fleste funn er gjort i kvarts- og pegmatitt-ganger, men det er også funnet kobbermineraler som spredte korn i bergart, på sprekker i bergart og i antatt deformerte (sammenpressede) gassblærerom (eller skumlag) i metavulkanitter.

De mest interessante områder for en videre prospektering synes å være følgende:

- 1) Områdene i Rjukangruppens bergarter øst og nordøst for Bandakgranitten nord for Bandakvann (fig. 2). Foruten kvartsårer med kobber, bly og sink og kvarts-skapolittårer med kobber, er det her også å delvis massive og tilsynelatende stratabundete forekomster med arsenkis (som også inneholder noe svovelkis, kobberkis, elektrum etc.). Det er også to steder funnet opp til 10 cm tykke lag med svovelkis, kobberkis og sinkblende som også synes å være stratabundete (Nilsen 1980)*.

* BVL Bergforskningen, Tekn. rap. 50.



- 2) I Gjuvelavaen (basisk) er det en rekke steder funnet kobberglansmineraler og malakitt (fig. 2). Disse mineralene er ofte funnet langs sprekker og i flattrykke hulrom eller porøse lag. Selv om funnene er mange, er mengden av kobber på hvert enkelt funnsted svært liten. Svake impregnasjoner vil det være så og si umulig å observere.

Både i Gjuvelavaen og Morgedalslavaen (basisk) er ^{de er funnet} kvartsårer med kobbermineraler. Det ^{er} geokjemisk anomale resultater fra områder med begge disse bergarter.

- 3) Ved nordøstdelen av Kløvereidgranitten er det kommet fram anomale geokjemiske resultater både fra områder inne i og like utenfor granitten (fig. 3). Kvartsårer og kvarts-feltspatårer med kobberkis, molybdenglans og vismutmineraler er funnet en rekke steder i og like utenfor granitten. En del nye årer ble observert ved feltarbeidet, men det er ikke funnet impregnasjoner utenom i omvandlingssonene rundt kvartsårene. Kvartsårene ligger ganske spredt.
- 4) Et par steder i Den Telemark-Setesdalske ertsprovins er det registrert uranmineraler sammen med kobbermineraliseringer. Dalane forekomst med gedignet kobber og sølv i sandstein, er en av disse som ligger på kartblad Banda. Denne mineraliseringen, som er ca. 1,5 km lang, kan visstnok lokaliseres ved hjelp av scintillometer. Mineralene ^{tyg} ^{menitt} og carnotitt er rapportert (Sverdrup et al. 1967)*. Både forekomsttypen og ^{det} ledsagende uran-vanadium synes å være verd en nøyere vurdering. Hva som er gjort av radioktive målinger og hva som kunne være verd ^{i området} å utføre, burde vurderes.

Ingen av de områder eller mineraliseringstyper som det her er pekt på, kan sies å være spesielt lovende, bl.a. fordi ingen forekomster av noen størrelse er kjent fra denne provinsen. Ved en fortsatt prospektering i området anser jeg imidlertid de fire nevnte punkter som de viktigste undersøkelsesobjekter.

* NGU 250A

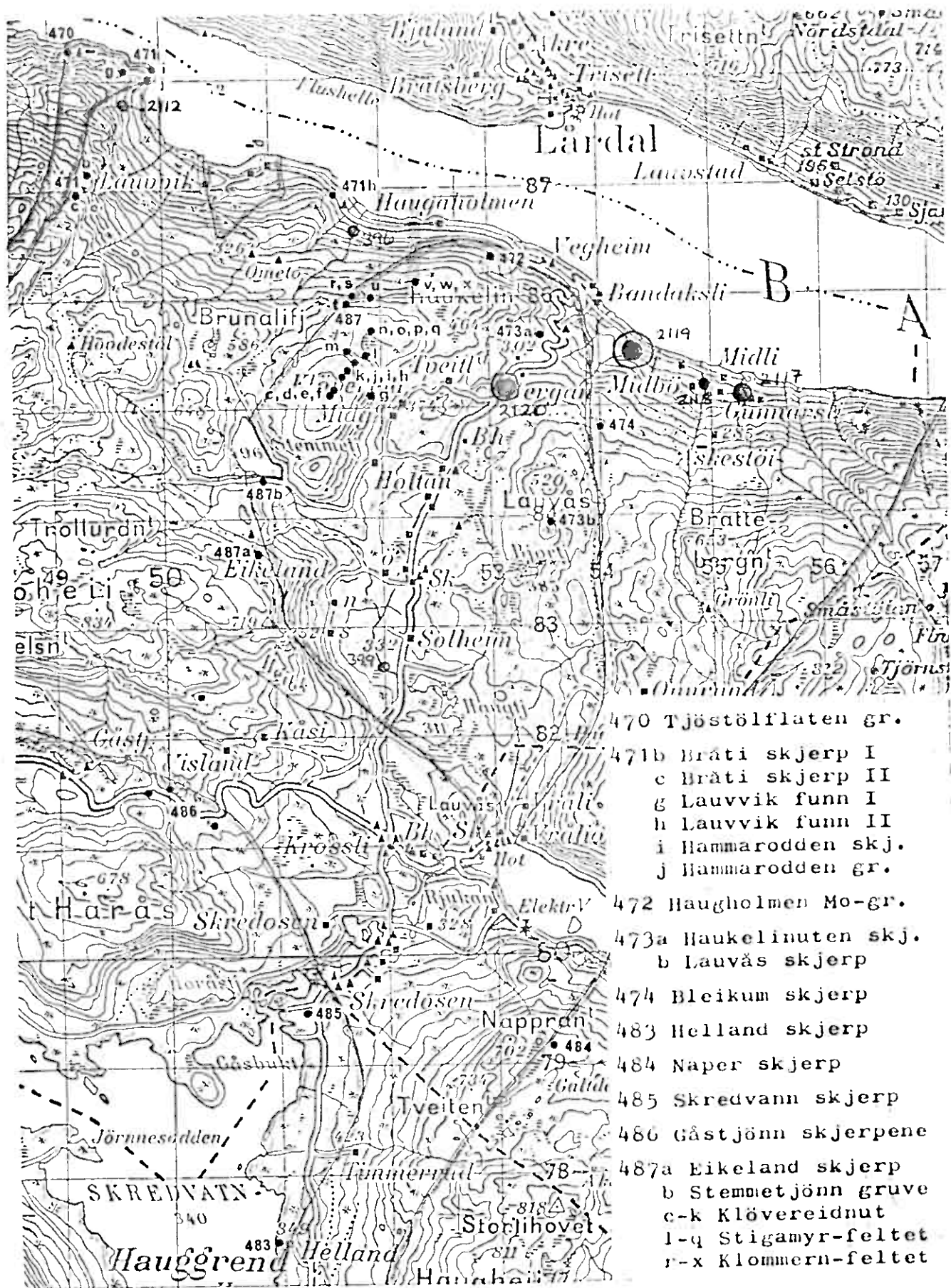


Fig. 3. Forekomster i Kløvereid - Skredvann - Lauvvik området (kartblad 1513 I Bandak, M. 1 : 50 000).

granitt ● molybden
 Eidsborg kvartsskifer ● kobber
 Gjuve lava (basisk) ● sink
 Bergartsgrenser etter Györy (1972).

○ anomalt resultat
 o høyt resultat under
 anslått grense for
 anomalt resultat

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V	
W	
XY	
Z	
AA	
O	

PRISLISTA FÖR KEMISKA ANALYSER GÄLLANDE FR O M 1983-01-01

Provberedning av mineralprover exkl industrimineral kr 32/prov
Anm. Laboratoriet utför provberedning endast på enstaka
 prover i undantagsfall.
 Bestämning av glödningsförlust kr 13/prov

ANALYSER UTFÖRDA PÅ ICP

Organiska prover

(Ti, Fe, Ca, Mg, Al, Mn, W, Co, Ce, Cu, Y, Mo, Zn, Cd,
 Ni, Pb, Be, V, Sn, Ba, Ag, La, As, Sb, Sc) kr 58/prov

Mineralprover, jord- och tungmineralproverProgram A (Jor, HCl)

(Ti, Fe, Ca, Mg, Al, Mn, W, Co, Ce, Cu, Y, Mo, Zn Cd,
 Ni, Pb, Be, V, Sr, La, Sb, Sc, Ba), As, P kr 110/prov

Program B (Fuse, Jas)

(Fe, Ca, Mg, Al, Ti, Mn, Cr, Sn, As, Zr) kr 115/prov

Program C (HF)

(Fe, Al, Ca, Mg, Mn, Ti, Nb, Ta, Zr, Ge, Bi, Sb, Sc) kr 110/prov

Anm. Vid analyser utförda enligt fler än ett program
 sker debitering enligt följande:

A + B, C + B kr 177/prov
 A + C kr 173/prov
 A + B + C kr 240/prov

Var vänlig observera att huvudelementens analys är endast
 halvkvantitativ vid bestämning enligt program A och C.

BESTÄMNINGAR MED ATOMABSORPTION

Au

Färre än 10 prover kr 95/prov

Flera än 10 prover kr 74/prov

Ag kr 93/prov

Element med hydridgenereringsmetoden kr 95/element

(As, Bi, Sb, Se, Te)

Hg

kr 95/prov

Övriga element

kr 68/element

Industrimineral

kr 168/prov

Anm. Vid seriebestämningar kan priset reduceras enligt
 särskild överenskommelse.

För expressprover kommer 150 % pristillägg ovillkorligen att debiteras.
 Ovanstående priser inkluderar ej databehandling!

Georg Patzauer

Varje provserie skall börja och sluta med en standard.
 An till Finland, neutronaktivitets, ppb-sensitiv
 Frig. Dennis

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V	
W	
XY	
Z	
AA	
O	

A	
B	
CD	
E	
F	
G	
H	
IJ	
K	
L	
M	
N	
O	
PQ	
R	
S	
T	
U	
V W	
XY Z	
ÄÅ Ö	

U

ENTREPRENADKONTRAKT

Mellan LKAB Prospektering AB, 772 00 GRÄNGESBERG, nedan kallad beställaren och Hagby Bruk AB, 713 00 NORA, nedan kallad entreprenören, har överenskommelse träffats beträffande utförande av diamanthörning, kärnhörning, enligt följande i Bergslagen med Grängesberg som centrumort.

§ 1

Förutsättningar

Börningarna omfattar 3 000 bormeter och utföres med dimension Ø 46 mm.

Tillräckligt spolvatten finns inom 500 m.

Borrbarheten samt den borrhörniska svårighetsgraden förväntas vara normal.

I den händelse att icke normala bergarts- och borrhörnighetsförhållanden uppstår förbehåller vi oss rätt att diskutera den uppkomna situationen.

§ 2

Entreprenörens åtaganden

Entreprenören skall utföra börningarna med egna borrhörnaggregat jämte tillhörande utrustning och med av honom anställd personal.

Entreprenören åtar sig att utföra arbetena på ett fackmannamässigt sätt så,

att fullständigast möjliga borrhörnärnor erhålles,

att erhållna borrhörnärnor i ordningsföljd blir placerade i kärnlådor,

att varje fylld kärnlåda blir märkt med borrhörns- resp lådnummer,

att i lådorna finns uppgifter angående lägen och borrhörnsdjup för upptag.

Entreprenören tillser,

att god ordning hålles på arbetsplatser och i förråd,

att hans personal följer de säkerhetsföreskrifter som beställaren utfärdar med avseende på arbeten inom beställarens områden.

Entreprenören översänder till beställaren vecko-, resp
borrhålsvis rapporter över utförda arbeten.

Entreprenören förbinder sig att varken han eller hans
personal ger några som helst upplysningar till utomstående
angående erhållna undersökningsresultat.

§ 3

Beställarens åtaganden

Beställaren tillhandahåller utan kostnad för entreprenören:

- a) Erforderliga tillstånd från myndigheter och eventuella
markägare för utförande av borrhålsarbeten, spol-
vattenanskaffning och transporter.
- b) Betalning av de kostnader som uppkommer på grund av
oundvikliga eller svårligen undvikbara skador på grund
av under a) nämnda arbeten.
- c) Utsättning av samtliga borrhål med tydligt angivande
av läge, riktning och lutning jämte information till
entreprenören om planerat håldjup m m, av betydelse ur
borrningssynpunkt.
- d) Vid beordrad kärnlådetransport står beställaren risken
för godset under lastning, lossning och transport.
- e) Utförande av samtliga borrhålsmätningar.
- f) Tillhandahållande av behövt spolvatten.
- g) Öppethållande av befintlig traktorväg till borrhålsplatsen.
- h) Beställaren betalar till entreprenören för utförda
prestationer enligt § 4.

§ 4

Priser för utförda prestationer

A Jordborrning

<u>Djupsektion</u>	<u>Kr/borrm</u>
0,00 - 10,00 m	425:-
10,00 - 20,00 m	500:-

Anm 1: Kostnad för nersättning och upptagning av foderrör
i samband med planerad diameterminskning ingår i
borrmeterpriset ovan.

Anm 2: På beställarens order i borrhål kvaratta foderrör
och foderrörskronor eller eljest i borrhål för-
lorade sådana betalas av beställaren enligt
gällande prislista.

B Bergborrning

<u>Diupsektion</u>	<u>Kr/borrm</u>
0,00 - 100,00 m	265:-
100,00 - 200,00 "	285:-
200,00 - 300,00 "	325:-

Anm 1: Entreprenören medges rätt att tillsätta additiver till spolvattnet, t ex såpa.

Anm 2: Borrning i mullmalmzoner ingår ej i borrmeterpriset. Bedömning göres från fall till fall av båda parter och fastställs om borrning skall fortsätta eller avbrytas för resp hål.

C Flytter och transporter

- a) Flytt mellan borrhål inom borrområdet betalas av beställaren med

Kronor 5 000:-

- b) Flytt mellan borrområden i Bergslagen

Kronor 8 000:-

- c) För inhyrt transportfordon betalar beställaren för den kostnad han haft.

D Väntetid

På grund av beställarens order eller uteblivna order samt väntetid på utsättning och avbrytande av borrhål betalar beställaren till entreprenören:

Kronor per mantim 135:-

Kronor per maskintim 80:-

E Vattenvärmare

Vid de tillfällen då särskild vattenvärmare måste användas betalar beställaren till entreprenören:

Per vattenvärmare, inkl elgenerator

Kronor per gångtim 45:-

- F Hantlangning åt beställarens personal och skogsröjning, m m betalas av beställaren enligt följande:

Kronor per mantim 135:-

Kronor per traktortim 100:-

H Störningar i borrhålen beroende på bergartsförhållanden av extraordinär svårighetsgrad

a) Övervunna svårigheter med resultat fortsatt borrning

Beställaren svarar för de kostnader som eventuellt kan uppkomma i samband med sådana svårare störningar i borrhålen, exempelvis i Stollberg, som för fortsatt borrning kräver t ex rensningsarbeten, cementinjektering, borrning med mudd, riktningsändring, upprymning, ned-sättning av foderrör.

Utöver förbrukade verktyg och material för ovan nämnda arbeten betalar beställaren till entreprenören enligt nedan:

Kronor per mantim	135:-
Kronor per maskintim	100:-

b) Svårigheter vilka ej tekniskt rimligen kan övervinnas

Befinnes vid samråd mellan beställaren och entreprenören förhållandena i borrhål vara så svåra att fortsatta arbeten enligt ovan ej kan möjliggöra utförandet av ifrågavarande borrhål till avsett djup må entreprenören avsluta borrhålet. Entreprenören skall då erhålla betalning för i borrhålet utförda bormetrar jämte de kostnader han haft för gjorda försök att övervinna de i samma borrhål påträffade svårigheterna.

I Betalning

För utförda prestationer betalar beställaren till entreprenören enligt från denne erhållen månatlig faktura.

Betalningsvillkor: per 30 dagar netto

Priserna gäller fasta och från utgången av gällande kontrakt av 10/3 1981, exkl lagstadgad mervärdeskatt och eventuellt tillkommande statliga pålagor.

§ 5

Vid hinder för entreprenadarbetets fullgörande, såsom krig eller mobilisering, strejk eller blockad hos entreprenören beställaren eller leverantör, av arbetsgivareorganisation godkänd lockout, eldsvåda, större olycka eller naturkatastrof eller ingripande av myndighet - allt med väsentlig inverkan på arbetenas fullgörande - är de kontraktslutande parterna fritagna från de förpliktelser, som de härav rimligen ej kan uppfylla.

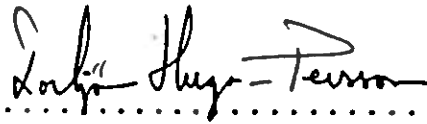
§ 6

Twist rörande tolkning eller tillämpning av detta kontrakt får ej föras inför domstol, utan skall hänskjutas till avgörande av skiljemän enligt lag.

§ 7

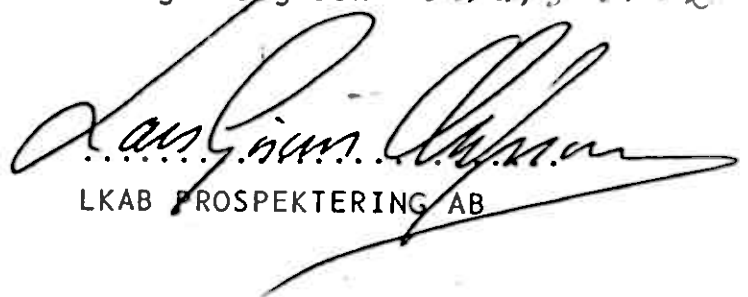
Detta kontrakt är upprättat i två likalydande exemplar, av vilka parterna erhållit var sitt.

Nora den 22 mars 1982



HAGBY BRUK AKTIEBOLAG

Grängesberg den 26 mars 1982



LKAB PROSPEKTERING AB