

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 137.

PLATINA I SULFIDISK NIKKELMALM

AV

STEINAR FOSLIE OG MIMI JOHNSON HØST

MED 3 TEKSTFIGURER OG 5 PLANCHER
RESUMÉ IN DEUTSCHER SPRACHE



OSLO 1932

I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.

NORGES STAATSBANKER
HOVEDSTYRET

Innhold.

	Side
Forord.....	5
I. Lillefjellklumpens nikkelforekomst.....	6
Geologi.....	6
Malmforekomsten.....	9
Mikroskopisk undersøkelse av bergartene.....	13
Malmens karakter og sammensetning.....	15
Mikroskopisk undersøkelse av malmen.....	19
Den anvendte metode for platina-analysene.....	24
Platina-analyser fra Lillefjellklumpen.....	27
Flotasjonsforsøk.....	31
I hvilken forbindelse fins platinametallene?.....	33
II. Andre norske nikkelforekomster.....	38
III. Platinametallenes utvinning av sulfidiske malmer.....	42
Platina som biprodukt ved nikkelraffineringen i Canada.....	42
Direkte utvinning av platina i Sydafrika.....	46
IV. Utenlandske nikkelmalmers platinainnhold.....	48
Sudburyfeltene i Canada.....	48
Sudburygrubenes platinainnhold.....	50
Sydafrikanske nikkel-sulfidmalmer.....	57
V. Markedet for platinametaller.....	59
Resumé.....	61

Våren 1931 fikk Norges Geologiske Undersøkelse utført en rekke edelmetallbestemmelser ved Statens Råstoffkomitès laboratorium for edelmetallanalyser. Analysene blev utført på malmer og isolerte ertsmineraller fra en rekke malmforekomster i Ofoten- og Grongdistriktene, som på forhånd var undersøkt og kartlagt av N. G. U., og hvis geologiske forhold derfor var kjent.

Analysene blev alle utført efter den mikrodochimastiske metode, som tidligere under professor V. M. GOLDSCHMIDTS ledelse var utarbeidet til praktisk brukbarhet av dr. G. LUNDE.

Særlig bemerkelsesverdig blandt de interessante resultater av disse analyser var påvisningen av et mere enn almindelig høit innhold av platinametaller i den eneste nikkelforekomst som er kjent i Grongdistriktet, nemlig Lillefjellklumpen.

De teoretiske og praktiske problemer som reiste sig i denne forbindelse gav foranledningen til en mere generell undersøkelse over hvad man for tiden vet om platinametallenes optreden i sulfidiske nikkelmalm i sin almindelighet. Når man bortser fra de systematiske og fullt offentlige undersøkelser over de forholdsvis nyopdagede sydafrikanske platinaforekomster har nemlig kjennskapet til disse ting vært meget mangelfullt. Om der overhodet har vært gjort spesialundersøkelser fra de store nikkelselskapers side, har de iallfall ikke vært offentliggjort, og hvad man finner i litteraturen er bare statistiske og en del spredte analytiske data.

Av nærværende arbeide har fru HØST utført edelmetallanalyser fra Lillefjellklumpen og konstatert det høie platinainnhold, samt beskrevet analysemetoden, for det øvrige er FOSLIE ansvarlig.

Mikrofotoграфиene er optatt av bergingeniør J. STADHEIM.

I. Lillefjellklumpens nikkelforekomst.

Geologi.

Den forekomst som her skal omtales inntar for tiden en helt isolert stilling innen Grongdistriktet.

Dette vidtstrakte distrikt er kjent for sine tallrike forekomster av mere eller mindre kobberholdig svovelkis og med dem nær forbundne forekomster, hvor magnetkis er overveiende. Denne gruppe av forekomster er geologisk identisk med tallrike lignende i Trondhjemsfeltet og andre deler av vår fjellkjede. De er overalt karakterisert ved, at deres magnetkis enten er helt fri for nikkel eller bare har et ganske ubetydelig innhold av dette metall. Adskillige edelmetallanalyser på dem i Grongdistriktet viser, at de ikke fører det minste spor av platina-metaller.

I skarp motsetning til disse står Lillefjellklumpens forekomst, som med kvalitativt samme mineralsammensetning forøvrig, dessuten fører rikelig nikkel i form av pentlanditt samt et ualmindelig høit innhold av platinametaller.

Hovedmassen av de sulfidiske nikkelforekomster både i Norge og andre land er forøvrig knyttet til grunnfjellet. I fjellkjeden er der forholdsvis få av dem. Som vi senere skal se er der også flere trekk ved denne forekomst, som adskiller den fra denne hovedtype av nikkelforekomster.

Nu er det ganske påfallende, at til tross for denne skarpe motsetning mellom de to grupper av forekomster er de i Grongdistriktet knyttet til samme gruppe av hovedbergarter og finnes meget nær hverandre. Allerede få 100 meter fra Lillefjellklumpen finner vi små forekomster av den typiske nikkelfri svovelkis-magnetkis-malm, og bare 5¹/₂ km i luftlinje borte har vi en av distriktets største svovelkisgruber, Skorovas.

Den omtalte bergartsgruppe er et bredt belte av overveiende basiske eruptiver, som strekker sig gjennom hele Grong-distriktet, og i det her omhandlede område har en bredde av over 20 km. Innen dette belte finnes der ikke sedimentbergarter av nogen art, og det samme er tilfellet innen det 85 km² store utsnitt av det geologiske kart, som gjengis på fig. 1.

Disse basiske eruptiver består dels av oprinnelige lava-bergarter, dels av oprinnelige dyperuptiver. De er alle metamorfe og helt omkrystalliserte, som regel uten nevneverdige rester av den oprinnelige mineralsammensetning. Der er kjemisk meget liten forskjell mellom disse lavaer og dyperuptiver, så liten at en analyse ikke er tilstrekkelig til å identifisere dem. Metamorfosen i vest er gjennomgående noget sterkere enn i øst, men innen samme område har de åpenbart alle gjennomgått samme metamorfe påvirkning. Hvor der overhodet er nogen forskjell i deres nuværende mineralselskap beror denne bare på mere eller mindre bevarte relikter fra et tidligere metamorfosetrin, som atter kan henge sammen med en forskjell i bergartens oprinnelige struktur og tekstur. Men dette er et nokså usikkert grunnlag for en adskillelse, og det vil lett innsees at det meget ofte er vanskelig og undertiden helt umulig å avgjøre, om der foreligger en oprinnelig lava eller dyperuptiv. De eneste helt sikre kjennetegn er bevarte agglomerater, varioliter og andre tegn på dannelse nær overflaten. På grunnlag av spredte forekomster av sådanne kan det konstateres, at iallfall en betydelig del av de grønnstener man finner i dette belte er oprinnelige lavaer av spilitisk karakter, og det som antas sikkert å kunne henføres til sådanne, er på hosstående kart betegnet ved diagonalstrekning. Det som på kartet er betegnet ved krysstrekning og kalt gabbroide bergarter *kan* være dyperuptiver, men det er ikke sikkert at de i sin helhet er det.

Noget utenfor kartets område i sydvest møter vi derimot store felter av helt sikre dyperuptiver, som i sine centrale partier omkring Heimdalshougen endog kan være sågodt som uforandrede. Det viser sig her at de ikke er noriter, men normale gabbroer. I forbindelse med disse finner man også de eneste bevarte olivinbergarter i området, en del mindre

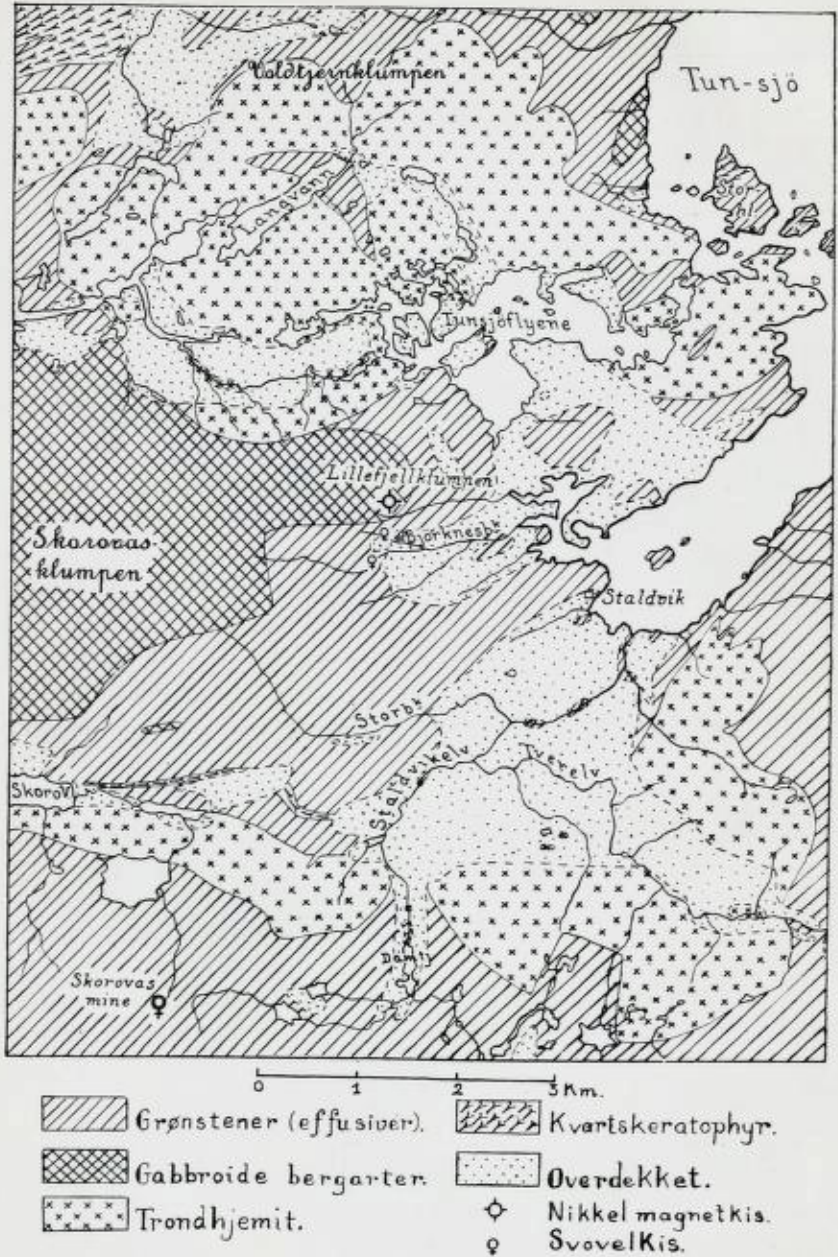


Fig. 1. Utsnitt av geologisk kartblad Trones. Av Steinar Foslie.

kupper av *troctoliter*. En undersøkelse av disse på platina-metaller viste helt negativt resultat.

De sure eruptiver som finnes innen det her omtalte eruptivbelte er *trondhjemiter*, helt typiske både kjemisk og mineralogisk. De finnes i til dels store og grovkornige felter, og deres regionale utbredelse er så nøie knyttet til de basiske eruptivers, at vi iallfall foreløbig må gå ut fra at begge tilhører samme eruptionscyklus. De er yngre enn alle de basiske eruptiver, men aldersforskjellen er neppe særlig betydelig. Når de gjennomgående langt bedre har bevart sin oprinnelige mineralsammensetning, skyldes dette sikkerlig i mindre grad aldersforskjellen, enn at deres mineralparagenese har en langt mere stabil karakter.

Dessuten finner vi på flere steder nær beslektede *kvartskeratofyrer*, typiske albitiske bergarter med meget lavt kali- og kalkinnhold, og med feldspaten listeformig i grunnmassen, til dels også som porfyriske individer. Hvorvidt disse i andre deler av området kan opptre som sure lavabergarter skal ikke berøres her. Sikkert er det at i nærheten av Lillefjellklumpen finnes de bare i form av små ganger, som må tilhøre samme eruptionscyklus, som de basiske eruptiver de gjennomsetter.

Kort resumert er altså distriktet opbygget av en serie basiske lavabergarter, gjennemsatt av sine egne dyperuptiver av meget nær samme alder, og det hele gjennemsatt av trondhjemitiske massiver og nær beslektede sure gangbergarter.

Malmforekomsten.

Denne ligger bare vel 1 km fra sydvestligste bukt av Tun-sjøen, 120 m over dennes nivå, og knappe 2 km fra veien Staldvik—Skorovas.

Den blev opdaget i 1912 og anmeldt av LARS og PEDER STALDVIK. Det Norske Aktieselskap for Elektrokemisk Industri fikk håndgivelse på forekomsten, og drev somrene 1916 og 1917 et litet undersøkelsesarbeide. En 2 m bred skjæring blev drevet efter forekomstens strøk, i alt 18 m, og nådde i sin indre del ca. 4 m dyp. Dessuten blev drevet et 6 m langt tverrslag mot hengen (nord). Fig. 2. Den utbrutte malm ligger for det meste

på stedet. Ved håndgivelsens utløp blev forekomsten oppgitt, feltet falt senere i det fri, og siden har intet vært gjort med det.

Malmen var til dels dekket av en markert jernhatt, som lokalt kunde nå henimot 1 meters tykkelse. Forøvrig er fjellet

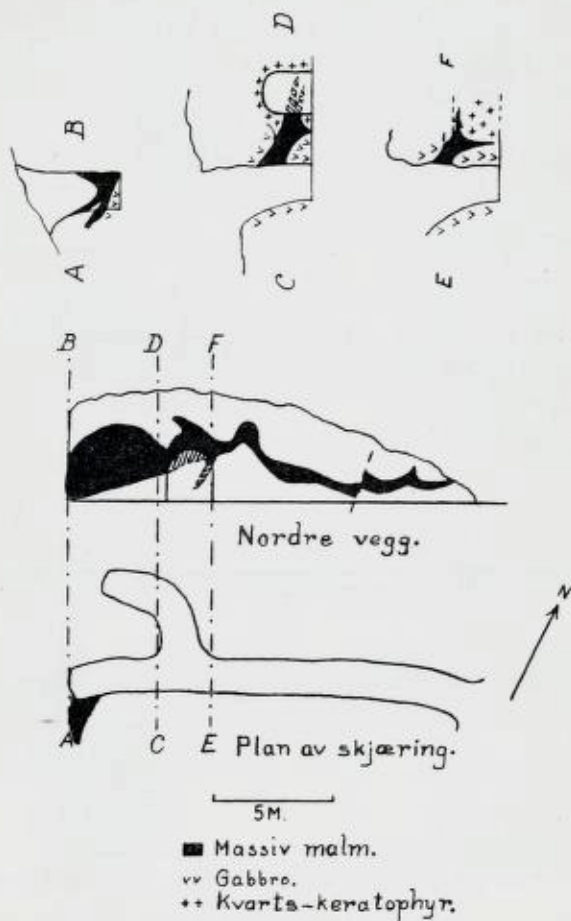


Fig. 2. Skisse av Lillefjellklumpen grube. Av Steinar Foslie.

omkring godt blottet, så det lille undersøkelsesarbeide kan sies å ha klarlagt malmens utbredelse i dagen meget bra. Den har bare en lengde av ca. 20 m, med utkiling i begge ender, og nogen fortsettelse av den oppe i dagen kan ikke sees. Ganske

vist har man knappe 100 m i hengen (nord) for den en svakere rustsone, som med adskillig bredde kan følges 250 m efter strøket op til toppen av Lillefjellklumpen. Denne har ikke vært bearbejdet, men efter det lille man kan se i den rustne overflate dreier det sig antagelig om en svovelkisimpregnasjon av den i hele distriktet så vanlige type, der som nevnt er helt forskjellig fra den her omtalte forekomst.

Malmen optrer i basiske eruptiver. I den umiddelbare ligg av den, forholdsvis glatt og skarpt markert, står en ensartet, godt kornig bergartstype av liten utbredelse, som sikkerlig har vært en gabbroid dypbergart. Den er praktisk talt fri for enhver ertsimpregnasjon, helt inn til den skarpe malmgrense.

De basiske bergarter i hengen er av mere urolig, sliret karakter, med varierende strukturforhold. Innover mot det hengende finner man adskillig av de helt finkornige typer som minner om grønnstenene, men også massivere typer med rester av feldspatstrøkorn. Deres oprinnelige karakter er ikke helt klar, men det er åpenbart at de har vært gjenstand for sterk tektonisk påvirkning før avslutningen av metamorfosen. Også på denne side er grensen mot den massive malm forholdsvis skarp. Den ertsimpregnasjon vi av og til finner i en smal sone her består vesentlig av kobberkis på tynne hårspalter inn i bergarten, som en distinkt yngre dannelselse.

Malmen selv er i motsetning til de fleste andre nikkelforekomster en *ren sulfidmalm*, omtrent fri for silikater. Som vi senere skal se fører den bare 2,15 % uopløst, og av dette skyldes en god del små fliker av sidebergarten inn i malmen, som er kommet med i gjennomsnittsprøven. Ved en enkel håndskedning kan man derfor få en praktisk talt bergartsfri malm. Denne når en største mektighet av noget over 2 meter, men som billedet av skjæringens nordre vegg (fig. 2) viser, er der adskillige uregelmessigheter på grunn av tektoniske bevegelseser før og efter malmdannelsen.

Malmens skarpe begrensning, dens rene sulfidsammensetning og i det hele nærmest gangformige karakter viser med tydelighet, at det her ikke dreier sig om nogen utdifferensiasjon in situ. Malmen må være epigenetisk, yngre enn de tilgrensende basiske bergarter. Den er åpenbart trengt frem efter en

svakhetslinje på grensen mellom den mere massive bergart i liggen og de tektonisk sterkt gjennearbeidede bergarter i hengen.

Når malmen ikke desto mindre genetisk må tilhøre det eruptivkompleks hvori den forekommer, viser forholdene her, at sulfidene er utkrystallisert på et meget sent stadium. Som en tynnflytende utsondring fra moderbergarten har de i stor utstrekning kunnet følge sine egne veier.

I de vanlige nikkelforekomster av typen „marginal deposits“ er det et meget ofte iaktatt fenomen, at sulfidene kan brecciere sin egen moderbergart. Her er vi kommet ennu et skritt videre, idet bergartene åpenbart har vært utsatt for fjellkjedefoldingens stress-krefter allerede *før* sulfidenes endelige konsolidering. Både dette forhold og dens mineralogiske sammensetning skiller den ut fra hovedtypen av sulfidiske nikkelforekomster, og det er all grunn til å anta, at årsaken hertil nettop er dens dannelse under en utpreget fjellkjedefolding, og under forhold som kommer nærmere op til dem, hvorunder våre vanlige svovelkisforekomster er dannet.

Av særlig interesse er forholdet til kvartskeratofyren. Nogen 100 m fra malmen finner vi en del små og uregelmessige gangslirer av denne bergart i de basiske eruptiver av det hengende, men i nærheten av malmforekomsten sees intet spor av dem i dagen. Det var derfor helt overraskende at det lille tverrslag mot nord meget snart kom inn i en typisk, massiv finkornig kvartskeratofyr, allerede like under overflaten.

Dens form og utbredelse kan ennu ikke iakttas, men malmen gafler ut i denne bergart, og forsvinner på dette sted, iallfall foreløbig. Fig. 2.

Av det lille man kan iaktta ser det bestemt ut, som om malmen er *ynge* også enn kvartskeratofyren. Denne viser også en smal impregnasjonsrand vesentlig av kobberkis, likesom i den basiske bergart i hengen. Man kunde naturligvis tenke sig, at denne kobberkis var helt sekundær, og tilhørte en cementasjonssone, men imot det taler som vi skal se dens platinainnhold. Senere skal omtales lignende sure differentiatier ved andre norske nikkelgruber.

Den malmmengde som hittil er påvist i Lillefjellklumpen er altså meget liten. Før dens forhold mot dypet og særlig til den omtalte kvartskeratofyr er klarlagt ved videre opfaring, kan man imidlertid ikke oppgjøre sig nogen endelig mening om dens betydning.

Mikroskopisk undersøkelse av bergartene.

Kvartskeratofyren.

I tverrslaget ved malmen er denne bergart upresset, og består av et aggregat av smale feldspatlister av i middel 0,5 mm lengde, med enkelte større, mere isometriske porfyriske individer på over 1 mm. Pl. I, fig. 1.

Utslukning $\beta : 010 = \div 16^\circ$, optisk +, lysbrytning $\gamma = C. B.$ Feldspaten er altså en praktisk talt ren *albitt*, $Ab_{95}An_5$. Dette gjelder for alle feldspater. Mellom listene er der en granofyriske mellemmasse av *kvarts + albitt*. Utenom denne er der forholdsvis litet av selvstendige kvartsindivider. Av sekundære mineraler er der små mengder av en grynet *epidot* og av *kloritt*. Kalifeldspat finnes ikke.

Strukturen og feldspatens urene utseende viser, at bergarten ikke er omkrystallisert, men at feldspaten har utskilt sitt kalkinnhold under dannelse av epidot. Oprinnelig må den ha vært en porfyrisk gangbergart av oligoklas + kvarts.

I de tilsvarende slirete ganger lenger borte fra malmen er den oprinnelige struktur for en stor del utvisket under dannelse av et aggregat av små isometriske albittkorn. Dertil kommer en del muscovitt.

Grønnstenen.

En typisk representant for denne bergartgruppe, som innenfor det østlige metamorfoseområde er forholdsvis ensartet, med meget finkornige men litet skifrige bergarter viser:

Bestanddeler er ca. $\frac{1}{3}$ av hvert av mineralene *albitt*, *epidot* og *kloritt*, alle i klare, mere eller mindre isometriske korn. Albiten er oftest uten tvillingstripping og kornene bare 0,02—0,1 mm. Epidoten er i sin helhet jernrik, kornene i middel 0,04 mm. Kloriten er grønnlig, svakt pleochroitisk, op-

tisk +, 2-akset med liten aksevinkel. Dessuten finnes der litt *magnetitt* og sparsomt med *kvarts* i klare korn, derimot ingen hornblende av noget slags.

Bergarten er i sin helhet omkrystallisert til en lavtemperatur facies.

Kornig gabbro-bergart i liggen av malmen.

I denne lyst grålige, massive bergart utgjør feldspaten enu temmelig store, tvillingstripete individer på op til 2,5 mm størrelse, men i den grad opfylt av sekundærmineraller, at der er temmelig litet å se av den, og vanskelig å bestemme dens sammensetning. Den utgjør åpenbart de eneste rester av den oprinnelige mineralsammensetning.

Utslukning $\beta:010 = \div 14^\circ$, lysbrytning γ ubetydelig over C.B.

Også denne feldspat er derfor *albitisk*, $Ab_{92}An_8$.

I feldspaten er der rikelig *clinozoisitt*, i bergarten forøvrig adskillig *epidot*, til dels zonarbygget med jernrikere kjerne. Kvantitativt dominerende er en nesten farveløs hornblende, nydannet som store, frynsete individer op til 1 mm, og som filt-rike aggregater.

Pleochroismen er meget svak: β —olivengrønnt skjær
 γ —blåliggrønnt skjær,

optisk \div , utslukning $c : \gamma = 18^\circ$, lysbrytningen (bestemt ved immersjon) $\beta = 1,640$. Det er altså en meget nær *aktinolitisk hornblende*.

Under disse omstendigheter er det påfallende at kloritt sågodtsom mangler. Den ved den langt fremskredne actinolitisering frigjorte lerjord må åpenbart i hovedsaken være inngått i epidoten.

Bergarten må antas oprinnelig å ha vært en gabbroid dypbergart.

Mørkere gabbroid bergart fra berghalden.

Denne er like massiv som den foregående, men av betydelig mørkere grå farve enn noget steds i den normale liggbergart.

Mikroskopet gir samme generelle billede som for foregående, men feldspaten er mindre opfylt av sekundærmineraller og hornblendene er betydelig sterkere farvet. Dessuten finnes der adskillig mere *magnetitt*.

Plagioklasen er optisk +, lysbrytning β ca. = C. B., utslukning $\beta : 010 = \div 10^{1/2^\circ}$, sammensetning $Ab_{80}An_{20}$, altså ikke fullt så albitisk som foregående. *Hornblenden* viser markert pleochroisme:

- α næsten farveløs
- β tydelig olivgrønn
- γ utpreget blåliggrønn.

Utslukning $c : \gamma = 16^\circ$, lysbrytning $\beta = 1,660$.

Det er altså en normal, ennu adskillig lerjordholdig hornblende.

Epidot finnes i moderat mengde, men kloritt mangler.

Bergarten befinner sig altså et litet skritt nærmere den opprinnelige tilstand enn foregående. Det er sannsynlig at den er kommet fra malmens hengende, men nogen typisk representant for bergartene her er den ikke. Hengbergartene er nemlig gjennomgående så slirete og uensartete, at det er meget vanskelig å få nogen representativ prøve.

Hengbergartenes grense mot malmen.

Disse viser flere steder i en smal grensesone fullstendig hornfelskarakter. De utgjør et finkornig aggregat av en *sur plagioklas*, en del *epidot* og overveiende en *grønn hornblende* av nogenlunde samme type som den sist omtalte, men med en helt annen struktur, idet den danner en vrimmel av små uorienterte korte nåler. Dessuten er der rikelig av et ytterst finkornig *magnetittpigment*, som tilter i mengde mot selve malmgrensen.

Inne i malmen nær grensen finner man vesentlig *epidot* og *kloritt* samrøen med de yngste sulfider i smale årer. Efter diaklaser i malmen er der utfelt kalkspatt.

Malmens karakter og sammensetning.

En gjennemsnittsprøve, som blev tatt for dette arbeide sommeren 1931 av den friske malm i bunnen av hele skjæringen, og som representerer alle malmtyper og hele den kjente del av forekomsten, blev analysert av E. & M. KLÜVER med følgende resultat:

	%
Uopløst	2,15
Fe, total.....	53,71
S, total.....	38,44
Cu.....	1,19
Ni	4,18
Co	0,034
Zn.....	0,03
As	0,015
Cr ₂ O ₃	0,035
TiO ₂	null
V ₂ O ₅	null
Sb	null
Bi	null
	99,784

Malmen er en smeltemalm av høi kvalitet. Analysen viser et par interessante eiendommeligheter. Først og fremst fester man sig ved det ekstraordinært lave koboltinnhold (kobolten kunde bare bestemmes ved en særskilt innveining på hele 5 gr.).

Mens forholdet Co: Ni ved de vanlige norske og canadiske malmer oftest er som 1:10 à 15, er forholdet her 1:112. Også i forhold til kobber er malmens nikkelinhold noget høiere enn vanlig.

Derneft fester man sig ved det absolute fravær av titan, hvad der er ganske påfallende i betraktning av malmens relativt høie magnetittinnhold.

En nøiaktig mineralberegning av ovenstående analyse er vanskelig, da den som nevnt representerer forskjellige malmtyper, hvis innbyrdes mengdeforhold ikke er kjent. Forholdet magnetitt: magnetkis: svovelkis lar sig nemlig ikke direkte beregne av analysen, uten på forhånd å kjenne mengden av ett av disse mineraler.

Magnetiten er det av disse som lettest kan anslås. Efter arealmåling av en del preparater varierer den mellem ca. 3 % og ca. 10 % av det hele, og efter forholdet i hovedmalmtypene anslås midlet for hele forekomsten til ca. 4 %. På dette grunnlag kan så analysen beregnes, idet der regnes med en midlere sammensetning av magnetkisen på 61 % Fe og 39 % S, og

for pentlanditen benyttes midlet av alle kjente analyser fra Sudburygrubene, nemlig 35,5 % Ni + Co, 30,5 % Fe og 34 % S.

Vi får da som middel for hele Lillefjellklumpens forekomst, opført efter alderen:

	%
Uopløst	2
Magnetitt	4
Svovelkis	15
Magnetkis	64
Pentlanditt	12
Kobberkis	3
	100

Til sammenligning anføres sammensetningen av en kobberrikere malm, (den båndete malm, se senere), som blev underkastet flotasjonsforsøk. Av analysen av produktene kan denne råmalms innhold beregnes og viser:

Cu ... 1,67 %	Kobberkis ... 4,6 %
Ni ... 3,85 „	Pentlanditt .. 11,0 „

Det som mineralogisk særpreger malmen fra Lillefjellklumpen fremfor de vanlige sulfidiske nikkelmalm, er den relativt rikelige optreden av svovelkisindivider, som ofte gir den et nesten porfyrisk utseende. For øvrig er den ikke helt ensartet gjennom hele forekomsten. Man kan utskille en del malmtyper, som imidlertid bare betinges av varierende struktur og mengdeforhold, mens ertsmineralene kvalitativt over alt er de samme, en forholdsvis enkel paragenese, efter aldersfølgen bestående av:

Magnetitt, svovelkis, magnetkis, pentlanditt, zinkblende (ytterst ubetydelig) og *kobberkis*, samt som sekundærmineral *bravoitt*.

De primære mineraler faller i 2 distinkte hovedgrupper. Magnetitt og svovelkis, som er de eldste, er utsondret i opprinnelig mer eller mindre idiomorfe korn, spredt i malmmassen. Alle de andre er helt allotriomorfe. Kobberkisen, der som vanlig er det yngste ertsmineral, fortrenger i adskillig utstrekning de eldre mineraler eller setter inn i dem på tynne spalter.

Felles for alle malmtyper er, at magnetkisen som regel er kvantitativt overveiende, at pentlanditt optrer rikelig og nogenlunde jevnt fordelt og at magnetitt optrer over alt som en idiomorf førsteutsondring.

De største variasjoner betinges av svovelkis og kobberkis, og gir føldende malmtyper:

1) *Normal magnetkismalm*, som utgjør det meste av malmen, består av kompakt magnetkis med rikelig pentlanditt og magnetitt, som så vidt er synlig for det blotte øie. Svovelkis trer helt tilbake og finnes bare i ganske små og spredte korn, kobberkisen er helt underordnet.

2) *Kobberrikere malm*. Førstnevnte malmtipe blir i enkelte partier betydelig kobberrikere, uten at der dog kan påvises nogen lovmessig fordeling av kobberet på forekomsten. Dels inngår kobberkisen rikeligere direkte i den allotriomorfe grunnmasse, dels gjennomveves malmen av et nettverk av kryssende, svømmende, uskarpt begrensede årer, som er rikere på kobber enn omgivelsene, men for øvrig fører de samme mineraler, deri også innbefattet en del idiomorfe magnetittkrystaller. Dette viser at der her ikke er tale om nogen sekundær anrikning, men om en restopløsning, anriket på det yngste mineral.

I enkelte typer har man istedenfor disse kryssende årer i magnetkisen parallelle kobberrikere bånd, hvert på nogen mm bredde. Disse bånd viser sig for den overveiende del å bestå av rundete svovelkisindivider med kobberkis grunnmasse. Man får inntrykk av, at det er svovelkisen som oprinnelig har vært anordnet i sådanne bånd, og senere vært den letteste vei for den yngre kobberkis å følge.

3) *Svovelkisrik malm*. I denne karakteristiske malmtipe optrer svovelkisen som dråpelignende rundete krystallindivider av op til 5 mm tverrsnitt i en mere finkornig grunnmasse, og kan utgjøre op til halvdelen av den hele masse. Malmtypen synes vesentlig å finnes i nærheten av forekomstens grenser. Umiddelbart mot sidebergarten finner vi undertiden en type, som er en finkornig blanding av svovelkis, magnetkis og kobberkis uten porfyrisk struktur.

Mikroskopisk undersøkelse av malmen.

Magnetitt

finnes i alle preparater i en mengde, som varierer mellom ca. 3 og 10 0/0. Kornene viser ofte idiomorf begrenning, oftest er de imidlertid rundete, men med glatt og jevn grense, og bare i liten utstrekning fortrenget av de yngre mineraler. Kornstørrelsen er alltid liten, fra 0,03 mm og normalt ikke over 0,3 mm. De er klart innesluttet i alle de øvrige ertsmineraler, Pl. I, fig. 2, dog forholdsvis sjelden i svovelkisen, som i hovedsaken optrer på samme måte. Hvor svovelkisen er helt underordnet sees i et par tilfeller små svovelkiskrystaller påvokset større magnetittkrystaller. Nær malmgrensen, hvor svovelkisen optrer rikelig i store krystaller, har vi derimot klare inneslutninger av magnetitt i den. Pl. II, fig. 1.

Der er derfor ingen tvil om, at magnetiten er det eldste ertsmineral. Som bekjent finner man i nikkelmagnetkisforekomster meget ofte titanomagnetitt og magnetoilmenitt. Her synes imidlertid magnetiten selv ved sterkeste forstørrelse å være helt homogen. Generalanalysen viser, at malmen er helt fri for titan og bare har en ytterst ubetydelig kromgehalt. Vi kan derfor gå ut fra, at der bare foreligger ren magnetitt.

Svovelkisen

optrer som nevnt langt mere varierende, både i mengde og kornstørrelse, I de porfyrlignende malmtyper når individene op til 5 mm. At det her ikke er tale om porfyroblaster fremgår uten videre av, at de nu ikke er idiomorft begrenset, men avrundete, uregelmessige, til dels med frynsete kanter, og i adskillig utstrekning fortrenget av de andre sulfider, særlig kobberkisen, som også trenger inn i dem efter kiler og spalter, og derved til dels deler dem op i flere individer. Bortsett fra magnetitt inneholder de ikke eldre inneslutninger av andre ertsmineraler. Det er derfor utvilsomt, at svovelkisen er det eldste sulfidmineral, oprinnelig utkrystallisert som idiomorfe individer og nu optrædende som fortrengningsrester av disse. Imellem disse store individer har man en mengde små, av størrelses-

orden op til 0,2 à 0,3 mm som mere eller mindre avrundete individer i grunnmassen. Pl. II, fig. 2. En del av disse kan nok være fortrenningsrester av de store porfyriske individer, men for en stor del synes de dannet selvstendig i grunnmassen, hvor de bare sjelden har bevart antydning til idiomorf begrenning. Disse kan påvises omtrent over alt, også i den typiske magnetkismalm, men her blir dog svovelkisen helt underordnet, og sees ofte bare som nogen helt spredte, ubetydelige korn av ned til 0,01 mm. I enkelte preparater finnes der ikke spor av dem. Disse aller minste korn, som ligger helt beskyttet inne i pentlanditt og magnetkis eller påvokset magnetittindivider, er de eneste som undertiden kan vise god idiomorf begrenning. Pl. III, fig. 1.

Svovelkisen ser i mikroskopet helt normal ut. Da der flere ganger har vært beskrevet primær svovelkis fra sulfidiske nikkelmalm med et betydelig innhold av *nikkel* eller *kobolt*, skulde man kunne vente et sådant innhold her, hvor den er utkrystallisert i en meget nikkelrik malm.

For å bringe dette på det rene blev der under binokularmikroskopet utplukket en del svovelkis av de større individer nær grensen. Det var forholdsvis lett å befri disse for den omgivende grunnmasse av magnetkis og pentlanditt, hvilket var det viktigste. Derimot var det ikke mulig ad denne vei å befri dem for de mikroskopiske inneslutninger av magnetitt og for den kobberkis som var trengt inn i selve krystallene.

Analysen viste:

Cu . .	1,02 %
Ni . .	0,13 „

Nikkelmengden er så minimal at det er nærliggende å tilskrive den en mekanisk tilblanding av pentlanditt sammen med de ca. 3 % kobberkis. Stoffmengden (0,2 gr) var for liten for en koboltbestemmelse, men selv om malmens samlede koboltinnhold fantes i svovelkisen, vilde det allikevel bare utgjøre et par tiendedels prosent.

Den viktige slutning av dette er, at *den primære svovelkis er praktisk talt fri for nikkel og kobolt*.

Magnetkis og pentlanditt.

Magnetkisen er over alt helt frisk og med normale egenskaper. Pentlanditten finnes påfallende rikelig i omtrent alle malmtyper, og som det synes i et nogenlunde konstant mengdeforhold til magnetkisen. Den alt overveiende del av den optrer som et primært og selvstendig mineral, Pl. III, fig. 2, skarpt avgrenset fra og litt yngre enn magnetkisen, som den undertiden kan sees å gjennomsette. Bare overfor kobberkis kan den en sjelden gang vise spor av krystallbegrensning.

Dertil kommer i langt mindre mengde pentlanditt som er utskilt av fast oppløsning i magnetkisen. Denne optrer på den vanlige måte som spindler og fakkelformige utvekster fra spalter og korngrenser i magnetkisen.

Zinkblende

har bare kunnet påvises i et par ubetydelige korn i nær forbindelse med kobberkisen.

Kobberkis

optrer som nevnt i sterkt varierende mengde, og har en eiendommelig evne til å trenge sig inn over alt, dels efter opknusningsspalter, men også ofte som fortrengningsmineral. Mest påfallende er dette overfor svovelkisen, mens magnetittkornene i malmen er forholdsvis intakte.

Hvor magnetiten nær malmgrensen lokalt kan optre mere samlet og massiv, er den derimot i høi grad fortrengt av kobberkisen, Pl. IV, fig. 1, og disse to kan optre i en meget intim og finkornig sammenvoksning.

På samme måte forholder den sig som nevnt overfor de nærmeste sidebergarter i det hengende.

Kobberkisen er helt homogen, og der kan ikke påvises nogen utsondring av cubanitt eller andre mineraler i den.

Bravoitt.

Ved gjennomgåelse av malmhalden utenfor gruben, som i 15 år har ligget i fri luft, viste der sig en eiendommelig forskjell i malmstykkenes forhold. En del av dem hadde bevart

sitt oprinnelige utseende, var faste og hårde og bare dekket av en tynn brun rusthinne. En annen del var sterkt forvitret, hadde en tykkere, nesten sort, overflateskorpe, og var gjennom hele sin masse ganske løs i kornsammenføiningen, så det var meget vanskelig å slå håndstykker av den.

Makroskopisk var der ingen forskjell å se i mineralinnholdet, hverken kvalitativt eller kvantitativt. Mikroskopet viste at forskjellen utelukkende var betinget av pentlanditens tilstand. Alle de andre mineraler var identiske og helt friske i begge typer, mens pentlanditten i den ene var helt forandret til et nytt mineral, bravoitt. Dette mineral angripes meget lett ved atmosfærienes påvirkning. Mens således et polerslip av frisk pentlanditt holder sig blankt i lange tider, anløper bravoitten i løpet av få dager, og skiller sig ut fra de andre mineraler.

Ved å fotografere et sådant slip i vanlig mikroskop, får man derfor et godt overblikk over pentlandittens fordeling i magnetkisen, Pl. IV, fig. 2. De gråhvite samlede flater er her den oprinnelige pentlanditt, mens alle de små hvitt lysende punkter og linjer bare er lysreflekser fra kanter i slipets overflate.

Det har allerede lenge vært kjent i Sudburydistriktet, at der ofte optrådte et grått mineral i forbindelse med pentlanditten, men det blev tidligere alltid antatt for *polydymitt*.

WANDKE & HOFFMAN¹ påviste i 1924 i malm fra de øvre deler av Levackgruben ved Sudbury, at mineralet der er sekundært og dannet av descenderende oppløsninger, men anså det fremdeles som *polydymitt*.

LINDGREN & DAVY² påviste, at dette mineral ikke kunde være *polydymitt*, men antok det for et rent nikkelbisulfid, NiS₂, og kalte det *violaritt*.

BUDDINGTON³, som har behandlet det mest inngående, påviste at dette sekundærmineral som regel er *bravoitt* (Ni, Fe) S₂, hvad der senere er bekreftet av SCHNEIDERHÖHN & RAMDOHR.

Det synes på det rene, at den bravoittrike malm på berg-halden ved Lillefjellklumpen må skrive sig fra den øverste del

¹ Econ. Geol. 1924, p. 191.

² — — — p. 317.

³ — — — p. 521.

av forekomsten nærmest overflaten. Da skjæringen ved gruben bare når inn til maksimum 4 m dyp var det rimelig å vente tegn til en lignende bravoittdannelse også i den anstående friske malm. Dette viste sig også å være tilfellet. Mikroskopet viser i disse stuffer en rekke overgangstrin.

I malm hvor den overveiende del av pentlanditten er helt frisk og uforandret finner man ved sterk forstørrelse at bravoitt begynner å dannes i den efter hårfine spalter eller som en uregelmessig brem langs korn grensene. Pl. V, fig. 1. Disse spalter er undertiden pentlandittens ordinære spalteretninger, men vel så ofte bukter de sig frem som helt uregelmessige sprekker, hvor den åpne hårspalte fremdeles sees i midten, med en smal brem av bravoitt på begge sider.

Bravoiten ligner i mikroskopet meget magnetkis, så man ved første øiekast kan forledes til å tro, at magnetkisen er yngre enn pentlanditten og gjennomsetter denne. Imidlertid viser bravoitten, særlig i oljeimmersjon en litt lysere farve enn magnetkisen og mangler dennes rosaskjær, tenderer mere mot blåliggrått. Hårdheten er litt større enn pentlandittens, og kommer magnetkisen meget nær.

Ved videre fremskreden bravoittdannelse utgjør denne små flater, forbundet ved hårspalter. Pl. V, fig. 2. Det er karakteristisk, at det er den primære pentlanditt, som først angripes, mens den pentlanditt som er sekundært utskilt inne i magnetkisen holder sig lenger.

I den før omtalte overflatemalm er den primære pentlanditt helt forandret til bravoitt, ofte uten gjenværende spor av modermineralet. Den danner da et kornig aggregat, som fremdeles viser pentlandittens oprinnelige spaltbarhet. Pl. III, fig. 1 og 2.

Det er ganske påfallende, hvor selektiv denne omvandling er. Bravoitten inntar nøiaktig pentlandittens gamle plass, og trenger aldri inn i sideminerale. Disse er helt friske. Der kan således ikke påvises tegn til markasittdannelse i magnetkisen.

Forandringen kan derfor neppe være forbundet med nogen nevneverdig stofftransport eller sekundær anrikning av malmen på nikkel. Nogen praktisk betydning har den altså ikke, men det er allikevel av interesse å være opmerksom på den forandring pentlanditten undergår under atmosfærienes påvirkning.

Limonitt.

I enkelte smale sprekkesoner i preparatene er utfelt et sekundærmineral med meget liten refleksjonsevne, tydelig mørkere enn magnetitten. Disse gjennomsetter alle andre mineraler, også bravoiten. Pl. V, fig. 3. Da det imidlertid ikke blir helt sort i oljeimmersjon, kan det neppe være noget silikat, i likhet med den av SCHNEIDERHÖHN påviste sekundære serpentin i pentlanditt fra Sydafrika. Antagelig er det et limonitisk jernhydroksyd, i forbindelse med den kort ovenfor liggende oksydasjonszone.

Den anvendte metode for platina-analysene.

Nærværende analyser er utført efter den mikrodokimastiske metode, således som denne av G. LUNDE¹ er utarbeidet for bestemmelsen av små mengder edelmetall i mineraler og bergarter. Således anvendt har metoden sin begrensning og sine mangler, som det er nødvendig å være oppmerksom på ved bedømmelsen av de her anførte resultater.

Metoden bygger på den almindelige dokimastiske fremgangsmåte — ved opslutning av materialet med alkalier og blysalt å samle alle edelmetaller i den utreduserte blykonge og siden ved avdrivning å fjerne blyet fra de gjenværende edelmetaller —, men tar sikte på å gjennomføre en slik analyse på ganske små stoffmengder med anvendelse av tilsvarende små mengder av reagenser med lavest mulig edelmetallinnhold. Det på denne måte fremstilte edelmetall blir for litet til å kunne bestemmes ved veining. Det blir i stedet i en borsyreperle smeltet til en kule, hvis diameter blir målt under mikroskopet. Av diameterens størrelse og kulens spesifikke vekt utregnes edelmetallmengden.

¹ GULBRAND LUNDE. Über das Vorkommen des Platins in norwegischen Gesteinen und Mineralien. Beitrag zur Geochemie der Platinmetalle. Z. anorg. u. allg. Chemie 161 (1927), 1—20.
GULBRAND LUNDE og MIMI JOHNSON. Vorkommen und Nachweis der Platinmetalle in norwegischen Gesteinen II. Z. anorg. u. allg. Chemie 172 (1928), 167—195.

Feil ved bestemmelsene vil kunne innløpe på forskjellige stadier av analysen og hitledes av følgende faktorer:

1) Opplutningen. 2) Rundsmeltningen. 3) Utmålingen.
4) Edelmetallperlens art (spes. vekt).

1) *Opplutningen*. Ved opplutning av en almindelig bergart går alt edelmetall så godt som kvantitativt inn i blykongen. Noget anderledes er forholdet når det gjelder røstete, sulfidiske ertser av kobber, jern, nikkel og kobolt. Her har erfaring vist, at hvis man arbeider med forholdsvis store innveininger, slik at man får en slagg med relativt høit innhold av de ovennevnte metaller, vil en ganske stor prosent av edelmetallet kunne gå over i slaggen; således vil sølv være tilbøielig til å forslagges sammen med kobber, platinametaller sammen med nikkel og kobolt. For å forminske denne forslagging av edelmetall er det nødvendig å nedsette konsentrasjonen av de nevnte metaller i slaggen, altså å forminske innveiningene av analyse materialet i forhold til reagensene. Ved nærværende analyser har imidlertid innveiningene av andre grunner, som nedenfor er anført, måttet gjøres så små at tapet av edelmetall ved forslagging kan settes ut av betraktning.

2) *Rundsmeltningen*. Så lenge man her har å gjøre bare med gull og sølv, er forholdene meget enkle. Begge disse metaller lar sig lett befri for de siste rester av bly, og rundsmeltningen i borsyre vil kunne utføres helt tilfredsstillende. Platinagruppens metaller har derimot alle så høie smeltepunkter at avdrivning av alt bly ved den sedvanlige fremgangsmåte ikke vil lykkes; man får å gjøre med en legering av bly og edelmetall. Er edelmetallet et rent palladium kan man ved gjentagen nedsmeltning i borsyre efterhånden få løst vekk blyet og få palladiumperlen rund og skikket for måling. De øvrige platinametaller vil heller ikke under smeltningen i borsyre avgi alt sitt bly og vil under ingen omstendigheter kunne rundsmeltes i denne. Jo blyfattigere det lykkes å fremstille en slik perle, desto mere krystallisert og uskikket for måling vil den bli. Vanskeligheten overvinnes ved å tilsette en kjent mengde gull, hvorved man laver sig en platinametall-gull-legering med tilstrekkelig lavt smeltepunkt til, at de siste rester av bly kan drives bort innen perlen størkner, og at perlen ved størkningen

antar kuleform. Den tilsatte gullmengde må være 2—4 ganger platinametallets mengde, men som regel vil blandingsperlen, om enn rund, ha en mere eller mindre krystallisert overflate, som vil nedsette utmålingens nøiaktighet.

3) *Utmålingen*. Når man bestemmer en kules vekt efter dens diameter, vil den absolute nøiaktighet ved vektsbestemmelsen være proportional kvadratet av diameteren, den relative nøiaktighet omvendt proportional diameteren, således som nærmere utredet i LUNDES citerte avhandling. Regner man med en avlesningsnøiaktighet $\pm 5 \mu$ ($5 \cdot 10^{-6}$ cm), vil dette for en platinakule med diameter 30μ (vekt ca. $0,3 \gamma$)¹ — forutsatt at en slik perle kunde rundsmeltes — bety en absolutt nøiaktighet $\pm 15 \cdot 10^{-9}$ gr, mens den absolute nøiaktighet for en kule med diameter 100μ (ca. 11γ) kun vil være $\pm 168 \cdot 10^{-9}$ gr og for en med diameter 200μ vil reduseres til $\pm 672 \cdot 10^{-9}$ gr. Herav vil sees, at bestemmelsen blir nøiaktigst når perlene er forholdsvis små ($0,5 \gamma$ — 10γ). Ved riktig små perler, under $0,1 \gamma$ blir den *relative* nøiaktighet betydelig nedsatt. Analysemetoden er derfor best skikket for bergarter og mineraler, hvis edelmetallinnhold ligger mellom $0,1 \gamma$ og 10γ pr. gr. Man kan her arbeide med en rimelig innveining (1 gr.) og få perler hvis størrelse betinger en nøiaktig utmåling og vektsbestemmelse.

Foreligger derimot til analyse et materiale som det nærværende med relativt høit edelmetallinnhold, må man for å opnå edelmetallperler av gunstige dimensjoner arbeide med tilsvarende små innveininger, og ved bestemmelse av platinmetaller må innveiningen i sådant tilfelle ytterligere forminskes av hensyn til nødvendigheten av å tilsette anselige gullmengder. De her anførte analyser måtte derfor utføres på stoffmengder fra $0,05$ — $0,02$, sjeldnere $0,01$ gr., og de anførte verdier er opstått av de funne ved multiplikasjon med henholdsvis 20 , 50 og 100 , eventuelle feil i bestemmelsen følgelig også forstørret efter samme forhold. Videre må nevnes, at forutsetningen for at man kan tillate sig å arbeide med så små stoffmengder som $0,1$ gr. er, at edelmetallet eller de edelmetallførende mineraler

¹ $1 \gamma = 0,000001$ gram. 1γ pr. gram = 1 gram pr. tonn.

finnes jevnt fordelt gjennom hele materialet. Det er mulig, at når enkelte analyser gir avvikende resultater kan årsaken være, at denne forutsetning ikke er til stede. Hvor slik uoverensstemmelse har vist sig er det som regel foretatt en tredje analyse for å komme det riktige forhold så nær som mulig.

4) *Edelmetallperlens art* (spec. vekt). Metoden er ikke utarbeidet så langt, at man kan utføre en tilfredsstillende adskillelse og bestemmelse av platinagruppens enkelte metaller. En slik adskillelse forutsetter bl. a. et kjennskap til platinmetallenes gjensidige legeringer som ennå mangler. Ved nærværende analyser er summen av platinmetallene bestemt efter spec. vekt av platina, idet forskjellige prøver syntes å godtgjøre, at dette metall utgjorde en vesentlig del av edelmetallene. Hvis senere undersøkelse skulde vise at nogen av de lettere platinametaller inngår i større mengde, vil de her anførte tall måtte reduseres.

Alt tatt i betraktning vil man forstå, at de her opførte analyser ikke gjør krav på å opfattes som presisjonsbestemmelser. De først utførte analyser godtgjorde tilstedeværelsen av et forholdsvis anselig platinmetallinnhold; de senere analyser må betraktes som et forsøk på å opnå en foreløbig orientering over størrelsesorden av edelmetallinnholdet, samt et innblikk i hvorledes det fordeler sig på de forskjellige ertsmineraler.

Platina-analyser fra Lillefjellklumpen.

Prøve:	Innveining i gr. roset erts	Platinametaller i gr. pr. tonn roset erts	Platinametaller i gr. pr. tonn uroset erts
S. F. 41. <i>Malm med store, porfyriske svovelkisindivider.</i>			
Ved utplukning blev den skilt i 2 grupper:			
a. Svovelskristaller, med en del kobberkis	0,1	7,8	(5,3)
b. Mellemmassen, bestående av magnetkis, pentlanditt og en mindre del svovelskis og kobberkis.....	0,1	4,8	(4,1)

Prøve:	Innveining i gr. rosetet erts	Platinametaller i gr. pr. tonn rosetet erts	Platinametaller i gr. pr. tonn urrosetet erts
S. F. 42. Båndet kobberrik malm.			
1. Ved håndplukning blev utskilt:			
a. Kobberkis, ledsaget av adskillig svovelkis, men praktisk talt uten pentlanditt	0,05	56,0	(42)
b. Magnetkis og pentlanditt med en del kobberkis	0,1	8,6	(7,7)
2. Ved hestekomagnet blev malmen delt i:			
A. Magnetisk fraksjon, bestående av magnetkis og magnetitt, samt medrevne partikler av de andre mineraler	0,1	5,6	(5,0)
B. Umagnetisk fraksjon, kobberkis, svovelkis og pentlanditt	0,04 0,1	28,51 38,8)	31,2 (27)
S. F. 54. Hovedtype av magnetisk malm med rikelig pentlanditt og adskillig jevnt fordelt kobberkis. Ca. 10 % magnetitt, men nesten uten svovelkis.....			
	0,1	7,3	6,5
Ved hestekomagnet blev malmen delt i:			
A. Magnetisk fraksjon, 94 % av det hele og innbefattende alle mineraler ¹	0,1	4,2	4,07
B. Umagnetisk fraksjon, 6 % av det hele, innbefattende en mindre del av kobberkisen og pentlanditten	0,05	72,0	71,0
Summen av A og B gir 8,25 gr. mot de ved direkte analyse funne 7,3 gr.			
S. F. 55. Magnetisk malm med rikelig pentlanditt som foregående, men med 6 % svovelkis, 3,5 % magnetitt, og meget litet kobberkis			
	0,1	3,35	3,0
Ved hestekomagnet blev malmen delt i:			
A. Magnetisk fraksjon, 93,4 % av det hele, innbefattende alle mineraler ¹	0,1	4,9	4,12
B. Umagnetisk fraksjon, 6,6 % av det hele, innbefattende en mindre del av pentlanditt, svovelkis og kobberkis	0,1	7,2	5,8
Summen av A og B gir 5,04 gr. mot de ved direkte analyse funne 3,35 gr.			

¹ På grunn av den rikelige mengde små magnetittkorn, innesluttet i alle andre mineraler, er det bare de som tilfeldigvis er fri for sådanne inneslutninger, som gir den umagnetiske fraksjon.

Prøve:	Innveining i gr. rostet erts	Platinametaller i gr. pr. tonn rostet erts	Platinametaller i gr. pr. tonn urostet erts
S. F. 62. Malmens umiddelbare grense mot kvartskeratofyr.			
Den består av helt overveiende kobberkis og svovelkis, med litet magnetkis og nesten ikke pentlanditt.		14,5 31,5	23,0 ¹ 19,0
Der bød sig en gunstig anledning til å plukke ut ren kobberkis og svovelkis uten tilblending av de andre 2 mineraler. Under binokularmikroskopet blev meget omhyggelig utplukket ca. 0,05 gr. av hvert mineral.			
a. Kobberkis med en mindre tilblending av svovelkis og magnetitt, men uten magnetkis og pentlanditt	0,05	167,4	133
b. Svovelkis, som var helt fri for de omgivende mineraler, men ikke kunde befries for de små magnetittkorn, som var innesluttet i den og for den kobberkis, som var trengt inn i krystallene	0,034	7,6—13,2 ²	5,2—9,0
Det var svovelkis fra samme utplukning, som blev analysert (se foran) og viste 1,02% Cu (2,94% kobberkis). Denne siste har naturligvis samme platinainnhold som a, og betinger altså et fradrag av <i>minst</i> 4 gr. pr. tonn. Svovelkisen selv holder derfor ialfall <i>under</i> 5 gr. pr. tonn, sannsynligvis betydelig mindre.			
En annen svovelkis, utplukket lenger fra grensen, gav lignende resultater.			
S. F. 63. Finkornig malm nær grensen , bestående av en blanding av ca. 50% svovelkis, resten magnetkis og temmelig rikelig kobberkis		9,2	8,7
Gjennomsnittsprøve. Denne er tatt av det for generalanalysen nedknuste pulver, og skulde representere hele forekomsten.....	0,1 0,1 0,1	3,9 4,4 4,8	4,3 3,8

¹ Den betydelige forskjell mellem de to parallellanalyser skyldes åpenbart, at malmen består av et meget platinarikt og et platinafattigt mineral i blanding.

² Grenseverdier, idet perlen gikk tapt før behandlingen var helt avsluttet.

Ovenstående analyser av enkeltstuffer fra Lillefjellklumpen viser altså et meget bemerkelsesverdig innhold av platinametaller. De viser også at platinainnholdet er temmelig ujevnt fordelt på de enkelte malmtyper, eller rettere mellom de forskjellige ertsmineraler.

En systematisk bestemmelse av innholdet i hvert enkelt ertsmineral har ikke vært mulig, da enkelte av disse med de til rådighet stående midler ikke kunde utskilles i ren tilstand. Dette gjelder særlig for magnetkisen og pentlanditen.

Imidlertid viser analysene med sikkerhet, at *hovedmassen av platinaet må følge kobberkisen*. Analyse 62 a viser således, at den helt rene kobberkis her må holde ca. 150 gr. platina-metaller pr. tonn, da prøven ennu holder litt tilblandet svovelkis.

Den nevnte analyse var riktignok fra forekomstens grense, men de to analyser 42 og 54 fra helt normale malmtyper viser også et meget høit innhold i kobberkisfraksjonene, så denne i ren tilstand også vilde kunne nå op mot det foran nevnte tall.

Det først utskilte sulfidmineral, svovelkisen, inneholder relativt litet. (Analyse 62 b og 41 a). For magnetiten er der ingen som helst grunn til å formode noget platinainnhold. De magnetiske fraksjoner holder også alltid meget mindre enn de umagnetiske.

For magnetkis og pentlanditt foreligger ingen direkte bestemmelse, men synderlig meget kan de efter foranstående analyser ikke inneholde. (Kfr. analyse 55 og s. 33).

Gjennomsnittsprøven for hele forekomsten gav efter nogenlunde overenstemmende analyser ca. 4 gr. platinametaller pr. tonn råmalm. Efter resultatet fra de foran nevnte representative enkeltstuffer (nr. 41, 42, 54 og 55) skulde man efter en anslagsvis bedømmelse av deres gjensidige mengdeforhold ha ventet et middel på nærmere 6 gr. pr. tonn. Nu er det naturligvis en vanskelig sak å skaffe et pålitelig gjennomsnitt for en hel forekomst i 0,1 gr.s innveining, men efter foranstående skulde det kunne tåle, 4 gr. pr. tonn, neppe være for høit.

Alle foranstående analyser viser bare relativt små sølv-mengder. Direkte bestemt blev sølv bare i nr. 54 B og 62 a med henholdsvis 35 og 20 gr. Ag. pr. tonn.

Mengdeforholdene mellom platinametallene innbyrdes kan ikke nærmere bestemmes ved denne metode, men perlenes krystalline utseende syntes å tyde på, at platina var det overveiende av disse metaller. Ved analysene 62 og 63 viste der sig forhold som tyder på at et flyktig platinametall er til stede, osmium eller ruthenium.

For å få det relative forhold mellom platinametallene bestemt blev et par større porsjoner av generalprøven avdrevet av hyttemester R. STØREN, Kongsberg.

Henholdsvis $\frac{1}{2}$ og $\frac{1}{4}$ kg. blev dørøstet, utlutet med fortynt svovelsyre for å få fjernet hovedmassen av nikkel, kobber og jern, avdrevet på vanlig måte og platinametallene opsamlet i sølvperler.

Ved elskverdig imøtekommenhet av Reg. rat Dr. W. NODDACK Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin, blev disse sølvperler røntgenspektrografisk analysert.

Midlet av disse to analyser, som naturligvis bare gir tilnærmete resultater, viser følgende relative forhold:

Pd.....	59	0/0
Pt.....	38,5	"
Ir.....	1,5	"
Rh.....	1,0	"
	<hr/>	
	100,0	0/0

Av osmium og ruthenium kunde bare såvidt påvises spor.

Det synes altså å fremgå, at palladium allikevel er overveiende over platina, likesom ved alle andre norske nikkelforekomster.

Da disse resultater først innløp under korrekturlesningen på dette arbeide var der ikke anledning til å ta hensyn til dem under utarbeidelsen.

Flotasjonsforsøk.

For å få undersøkt hvor langt platinametallene kunde anrikes ad mekanisk vei, og i håp om å kunne opnå et nogenlunde rent pentlandittprodukt for analyse, overtok FERD. EGEBERG

å utføre et par flotasjonsforsøk ved sitt forsøkslaboratorium. Hertil blev benyttet den „båndete“ malm, S. F. 42, en forholdsvis kobberrik, ren sulfidmalm med bare ca. 1% uopløst.

Den blev nedknust med 20 kg kalk og 50 gr kalium-metylxanthat pr. tonn malm til ÷ 65 mesh, derav 76% ÷ 200 mesh. Den blev flotert i en MacIntosh rougher og cleaner laboratoriecelle med 50 gr Minrec og 50 gr dampdestillert Pine oil pr. tonn malm. Pulptykkelse 4:1. Der blev lagt an på mest mulig anrikete produkter uten hensyn til ekstraksjonsgraden. Resultatet var følgende:

	Menge %	Cu		Ni		Pt-metaller	
		%	% av total	%	% av total	gr pr. tonn	% av total
I. Cu-koncentrat ...	9,6	10,13	58	10,81	27	91,2 ¹	63,5
II. Ni-Cu- " ...	4,15	4,39	11	10,67	11,5	29,2	9
III. Ni- " ...	8,4	2,95	15	6,89	15	18,0	11
IV. Avgang	77,85	0,34	16	2,30	46,5	2,9	16,5
Råmalmen	100	1,67	100	3,85	100	13,7	100

De 3 konserter omfatter 22% av råmalmen, og gir en samlet utvinning av 84% av kobberet, 53,5% av nikkelet og 83,5% av platinametallene.

Som bekjent floterer kobberkisen betydelig lettere enn pentlanditen, hvad der også fremgår av ovenstående tall. Forsøkene viser, at det heller ikke ad denne vei er mulig å opnå et nogenlunde rent pentlandittprodukt for bestemmelse av dennes platinainnhold.

Det fremgår med tydelighet, at der er en ganske påfallende parallellitet mellom utvinningen av kobberkisen og av platinametaller. Skulde man dømme bare efter dette forsøk, kunde praktisk talt malmens hele platinainnhold henføres til kobberkisen alene, som isåfall vilde inneholde ca. 250 gr pr. tonn med små variasjoner i de 5 produkter.

¹ Middell av 4 godt overensstemmende platinaanalyser.

For en så ekstrem slutning er der imidlertid ikke tilstrekkelig materiale, men ialfall bekreftes det tidligere opnådde resultat, at hovedmassen av platinaet må følge kobberkisen.

Analysen av avgangen, som for den overveiende del består av magnetkis, viser at dette mineral ialfall ikke kan inneholde mere enn et par gram platinametaller pr. tonn.

Som det vil sees holder I flotasjonskoncentrat ca. 29 % kobberkis og 30,5 % pentlanditt. De resterende 40 % er for den overveiende del magnetkis. Det blev derfor underkastet en magnetisk separasjon med en sterk elektromagnet for å få fjernet den resterende del av magnetkisen og derved få en videre anrikning. Resultatet var ca. 60 % magnetisk og 40 % umagnetisk, som imidlertid begge viste meget nær samme platinainnhold. Analyseresultatene var:

	Innveining	gr Pt-metaller pr. tonn røstet erts	Do. pr. tonn urøstet
Magnetisk fraksjon	0,02 gr.	112	112
	0,02 "	112	
	0,01 "	112	
Umagnetisk fraksjon	0,01 "	120	116
	0,02 "	112	
			91,7
			95,1

Tilsammen gir disse et middel av 93 gr pr. tonn eller meget nær det før funne.

Årsaken er den samme som tidligere omtalt, at de jevnt fordelte inneslutninger av små magnetittkorn er helt bestemmende for separasjonen, som derfor får et helt tilfeldig forløp.

I hvilken forbindelse finnes platinametallene?

Vi har av ovenstående fått et visst begrep om, hvordan platinaet fordeler sig på de enkelte ertsmineraller. Derimot fremgår det ikke i hvilken form platinaet finnes.

Siden opdagelsen av sperrylitt i enkelte Sudburygruber i 1888 har man i almindelighet stiltiende gått ut fra, at det vesentlig var i dette mineral, at kismalmenes platinainnhold inngikk. Når den praktiske erfaring både i Canada og Norge

i en rekke tilfelle har pekt på, at det først og fremst var den kobberrike malm, som holdt mest platina, har man gått ut fra at sperylliten vesentlig fulgte kobberkisen. Nogen mere eksakt undersøkelse av problemet blev ikke gjort, på grunn av vanskelighetene ved platinaanalyser i små stoffmengder.

Det var først SCHNEIDERHÖHN¹ som i 1928 ved sine glimrende undersøkelser av de sydafrikanske sulfidiske platinamalmer skulde bringe vår erkjennelse på dette område et langt skritt videre. Han påviste der, at i de primære høitemperaturs malmer danner platinmetallene ikke selvstendige mineraler, men inngår i fast oppløsning i de vanlige sulfider.

I Lillefjellklumpens malmer har det heller ikke vært mulig, selv ved de sterkeste forstørrelser å opdage noget som helst selvstendig platinamineral. Da disse er lett kjennelige under mikroskopet, og da mengden, særlig i kobberkisen, skulde være fullt tilstrekkelig for påvisning, tyder dette i samme retning.

De kjente selvstendige platinamineraller er meget få. Det er *speryllitt* ($PtAs_2$), *cooperitt* (PtS_2) og gedigent platina. Om disse vet vi, at cooperitt² er helt uopløselig i alle slags syrer, og at speryllitt bare angripes ubetydelig og meget langsomt av kongevann.

Derfor blev 40 gr av et flotasjonskoncentrat fra generalprøven uten forutgående nedknusning oppløst i varm koncentrert salpetersyre, det ubetydelige residuum behandlet med flussyre for spaltning av silikatene, og atter med salpetersyre. Det gjenværende var så ubetydelig, at det nesten var usynlig. I binokularmikroskopet kunde intet tegn til noget platinamineral sees.

For å bringe spørsmålet helt på det rene blev der av en annen prøve gjort særskilte platinaanalyser på oppløst og uopløst fraksjon.

Av det rike flotasjonskoncentrat I, som holder 91 gr Pt. pr. tonn, blev 4,2 gr oppløst ved 1 times ophetning i kongevann,

¹ H. Schneiderhöhn: *Erzmikroskopische und spektrographische Untersuchung u. s. w.* Chem. der Erde 1929, 4, p. 252—86.

² H. R. Adam: *Notes on Platinum Group Minerals.* Trans. Geol. Soc. of South Africa. XXXIII, 1930, p. 103.

og en like stor mengde ved samme behandling med koncentrert salpetersyre, Det uopløste, vesentlig bestående av silikater, var henholdsvis 0,42 % og 0,13 %¹.

Det oppløste blev fortynnet til 100 cm³ og porsjoner på 0,5 cm³ uttatt til flere parallelle analyser. De uopløste fraksjoner blev analysert i sin helhet, idet filtrerpapiret blev forasket i selve smeltedigelen.

	gr platinametaller pr. tonn malm	
Opløst i kongevann	93,5	} 93,7
Uopløst i — „ —	0,18	
Opløst i konc. salpetersyre.....	64,2	} 77,1
Uopløst i — „ —	12,9	

Vi ser altså at i kongevann er alt oppløselig. Den forsvinnende mengde som her er påvist i det uopløste skyldes sikkerlig bare spor av platinklorider, som er blitt tilbake i filtrerpapiret. Vi ser også at den funne platinmengde stemmer meget nær overens med det som før er påvist i dette koncentrat.

I koncentrert salpetersyre blev 83 % av platinmetallene oppløst og 17 % uopløst. Summen er dessuten her blitt noget for liten.

Ovenstående viser, at de to platinamineraler, som man nærmest skulde kunne tenke sig i en sulfidisk malm, sperryllitt og cooperitt, *ikke* kan være tilstede. Erfaringene fra Sydafrika viser nemlig, at de floterer lett², og derfor skulde være å finne i flotasjonskoncentratet. Naturligvis er den oppløste mengde malm for liten til å kunne konstatere deres absolutte fravær på forekomsten, men i de funne 93 gr Pt. har de altså ingen del.

Gedigent platina er som bekjent oppløselig i kongevann, og i legering med andre metaller også delvis i salpetersyre. Vi kan altså av ovenstående ikke trekke nogen umiddelbar slutning med hensyn til dette. Med vårt nuværende kjennskap til

¹ Det er en tilfeldighet at der blev mere uopløst i kongevann enn i salpetersyre, da de to fraksjoner dessverre ikke blev blandet på forhånd.

² Percy A. Wagner: The Platinum Deposits and Mines of South Africa. Edinburgh 1929.

platinaets chalcophile egenskaper vet vi imidlertid, at hvor svovel er til stede i en viss konsentrasjon, vil platina ikke optre metallisk. I en ren sulfidmalm som den her omtalte kan det derfor heller ikke ventes, og er overhodet aldri påvist primært i sulfidiske malmer.

Den i salpetersyre uopløste fraksjon må derfor antagelig skyldes sekundært utfelt platina, enten ved en begynnende oksydasjon i denne øvre del av forekomsten, eller kanskje mere sannsynlig ved en oksydasjon under selve salpetersyrebehandlingen av platina i fast oppløsning i sulfider.

Man kan av ovenstående trekke den slutning, at ialfall den alt overveiende del av forekomstens platinametaller inngår som fast oppløsning i sulfidene, ganske som av SCHNEIDERHÖHN tidligere påvist for de sydafrikanske primære malmer. Vi ser dessuten, at platinametallene i denne form er forholdsvis lett oppløselige i syrer.

Med hensyn til spørsmålet om *hvilke* sulfider de inngår i, er resultatet som vi så et helt annet enn for Sydafrika.

Schneiderhöhn fant der, at de fortrinsvis inngikk i de *først* utskilte sulfider, nemlig nikkelholdig svovelkis og magnetkis, mindre i pentlanditen, og overhodet intet i det yngste sulfid, kobberkisen. For Lillefjellklumpen synes forholdet å være meget nær det omvendte.

Nu må man i denne forbindelse være opmerksom på, at selv om forekomstene på begge disse steder må henregnes til samme store hovedgruppe, så er de med hensyn til sin geologiske optreden, og sikkerlig også med hensyn til sin genetiske utvikling, temmelig forskjellige.

Mens Lillefjellklumpen er en ren sulfidmalm av nærmest gangkarakter, er de angjeldende forekomster i Sydafrika en impregnasjon i noritiske bergarter med i alt bare 2—3% sulfider, og med et langt høiere platinainnhold, beregnet på de rene sulfider.

Også mineralogisk er der en del forskjell. I Sydafrika er magnetiten fraværende eller helt underordnet, og den først utskilte svovelkis etter hvad Schneiderhöhn har påvist, sterkt nikkelholdig. Den analogt optredende svovelkis hos oss er

nikkelfri og også platinafattig. Meget påfallende er forskjellen i det relative forhold:

	Pentlanditt: magnetkis
Merenskyhorizonten (Sydafrika) i middel . . .	1 : 1
Lillefjellklumpen	1 : 5 à 6
Andre norske forekomster og Sudbury	1 : 10 à 20.

I. H. L. VOGT¹ har forsøkt å forklare den ekstraordinære platinarikdom i de rene sulfider i Sydafrika helt enkelt på den måte, at det i en viss mengde noritt forhåndenværende platinainnhold er blitt ekstrahert av en så meget mindre sulfidmengde. Fullt så enkelt kan forholdet imidlertid ikke være, for som vi senere skal se er også det innbyrdes forhold mellom de forskjellige platinametaller, og mellom edelmetallene i det hele, et annet enn det vanlige.

Det vilde være for tidlig å opta nogen generell diskusjon om årsaken til denne forskjell i platinaets fordeling, fordi de eneste hittil undersøkte forekomster — Sydafrika og Lillefjellklumpen — begge er ekstreme og ekstraordinære typer. For hovedtypen av denne gruppe av forekomster, de såkalte „marginal deposits“, representert ved de fleste gruber både i Canada og Norge, har der mig bekjent ennu ikke vært foretatt nogen sådan undersøkelse over platinaets fordeling. En sådan vil imidlertid være nødvendig for å kunne komme til et endelig resultat.

Det vilde også være i høi grad ønskelig å få en undersøkelse av det samme felt efter begge de for dette øiemed brukelige analysemetoder, den av Schneiderhöhn anvendte kvartsspektrografiske metode med ultraviolet lys, og den her anvendte mikrodokimastiske metode. Disse skulde nemlig kunne utfylle hinannen på en fortreffelig måte. Den først nevnte gir det relative forhold mellom de forskjellige platinametaller, men bare helt tilnærmete tall for de absolutte gehalter, den siste gir nogenlunde eksakte tall for summen av platinametaller, men kan ikke skille disse innbyrdes.

¹ Econ. Geol. 1927, p. 342.

II. Andre norske nikkelforekomster.

Fra de tallrike små norske nikkelgruber, som har vært i drift, og som geologisk mest direkte kan sammenlignes med de canadiske, har der foreligget meget sparsomme opplysninger om innholdet av edelmetaller. Der har bare vært offentliggjort et par matte-analyser, som stadig går igjen i litteraturen, men som er ca. 30 år gamle. Så gamle analyser er imidlertid på dette område mindre å stole på, således blev en så viktig bestanddel som palladium overhodet ikke bestemt.

Dernest kjenner man, ialfall for en del år, de virkelig utvunne edelmetallmengder ved Kristiansand. Disse kan imidlertid heller ikke danne et sikkert grunnlag for bedømmelsen av malmenes innhold, idet der samtidig med egen matte også blev raffinert adskillig skrapmetall, særlig Monellmetall som inneholder platina, og sølvskrap.

Imidlertid har Kristiansands nikkelraffineringsverk i årene 1915—1918 utført en rekke edelmetallanalyser. Det var ikke så mange, men de blev meget omhyggelig utført, og representerer malm og matte fra alle verkets viktigste gruber. Da disse uten sammenligning er Norges viktigste nikkelforekomster, gir de et godt overblikk for hele landet.

Ved elskverdig imøtekommenhet fra direktør S. GIERTSEN har jeg fått anledning til å offentliggjøre disse analyser, se s. 39.

Alle disse analyser, også av matte, kan henføres til malmer utelukkende fra de nevnte gruber, ingen blandingsprodukter.

Fremgangsmåten ved edelmetallbestemmelsene var følgende:

Fra 5—20 kg av malmen blev først delvis røstet og deretter nedsmeltet til en skjærsten. Denne og matten blev utlutet med rå saltsyre, hvorefter residuet blev røstet og utlutet med svovelsyre under tilsetning av litt metallisk kobber for utfelling av eventuelt oppløste platinametaller. Residuet efter denne utlutning blev nedsmeltet med blyoksyd etc. og avdrevet på vanlig måte, og den erholdte edelmetallperle blev derefter analysert på de enkelte metaller. Blindprøver blev utført parallelt med de øvrige prøver.

Et overblikk over analyseresultatene viser straks, at de norske nikkelforekomster med hensyn til innholdet av platina-

	Analyser av matten				Tonn malm pr. tonn matte	Beregnet gr. pr. tonn malm					Forholdet Pt-metaller: Ni + Cu	
	Gr. pr. tonn					Pt	Pd	Au	Ag	Sum Pt. met.		
	Pt	Pd	Au	Ag								
Ertelien grube, Ringerike.												
Gjennemsnitt av bessemermatte					45	0,020	0,068	0,108	8,1	0,077	1 : 260 000	
1915	0,92	3,08	4,86	366	0,021	0,051	0,105	6,8				
1916	1,15	2,72	5,70	368	0,018	0,054	0,106	7,5				
— " —	0,82	2,50	4,88	348	46							
Flåt grube, Evje.					46	0,017	0,020	0,026	4,3	0,039	1 : 500 000	
Gjennemsnitt av matte, febr.	0,75	0,92	1,19	195	0,018	0,024	0,027	4,7				
1915	0,84	1,11	1,26	218								
— " —					47							
1916												

Analyser av malm:

	o/o Ni		o/o Cu	
Flåt grube, Evje.				
Gjennemsnitt av malm.....	1,00	0,65	0,047	0,111
1918				0,070
Litland grube, Hosanger....	2,35	0,83	0,142	0,045
1915				1,0
Lien grube, Hosanger.....	1,51	0,62	0,085	0,030
1918				-
Høiåsen grube.....	0,96	0,55	0,054	0,028
1918				-
Fæø grube.....	2,20	2,92	2,97	0,140
1915				7,0
— " —	2,03	2,68	2,90	0,132
1918				4,09
				4,01

metaller faller i to markerte hovedgrupper. Fæø-forekomsten skiller sig ut, med et innhold av platinametaller av en helt annen størrelsesorden enn de øvrige, og fullt på høide med de rikeste canadiske forekomster. Den kommer i samme kategori som den nettop beskrevne Lillefjellklumpen, og som vi skal se inntar disse to også geologisk en særstilling.

Blandt de øvrige forekomster varierer innholdet av platinametaller innenfor forholdsvis snevre grenser, særlig hvis man bare tar hensyn til sulfidmineralene i malmen. Disse forekomster slutter sig både geologisk og mineralogisk nøie til de canadiske „marginal deposits“, bare med den forskjell, at de basiske eruptivfelter, de er knyttet til, og dermed også forekomstene selv, er av meget mindre dimensjoner.

Ved første øiekast kan det se ut, som de norske forekomster av denne gruppe med hensyn til innholdet av platinametaller kommer i en gjennemgående lavere klasse enn de tilsvarende canadiske (se senere). Dette henger dog bare sammen med det lavere nikkelinhold i de norske smeltemalmer, ikke fordi sulfidene i og for sig behøver å være nikkelfattigere, men fordi man i Norge har kunnet medta langt sulfidfattigere malmer ved smeltningen.

For å fremstille 1 tonn av samme sort bessemer-matte har man i Canada bare behovet 15—20 tonn smeltemalm, i Norge derimot 40—50 tonn. Bortser man fra denne teknisk-økonomiske faktor, og sammenligner malmene rent geologisk, må derfor de i norske smeltemalmer funne mengder av platinametaller multipliseres med 2—3 for å få en geologisk sammenligning med de canadiske, og dermed kommer de op i samme klasse som en rekke „marginal deposits“.

Det er ikke hensikten her å komme inn på nikkelforekomstenes geologi i sin almindelighet. Bare Fæø-forekomsten skal omtales.

Forekomsten har vært kjent siden 1895, men dens platinainnhold først fra et langt senere tidspunkt.

J. H. L. VOGT erkjente allerede tidlig dens geologiske særstilling, og sier herom i sitt arbeide „Om Nikkel“:¹

¹ Teknisk Ukeblad, 1901, s. 599.

„Fæø-forekomsten er i teoretisk henseende meget interessant derved, at den i sig forener nogle av egenskaberne for begge forekomstgrupper, nemlig paa den ene side nikkel-magnetkismalmernes ganske høie nikkelgehalt og paa den anden side svovelkis- og kobbermalforekomsternes struktur, silikatselskab og optræden i presset gabbro. Dette betyder, at de to slags dannelsesprosesser maa have været forbundne med hinanden ved overgangsled, og at forskjellen mellem de to slags magmatiske ekstraktionsprosesser ikke kan have været i den grad betydelig, som jeg tidligere (indtil mit besøg ved Fæø) havde antaget“.

Senere har forekomsten vært nærmere undersøkt av A. ROSENLUND¹.

I henhold til begge disse beskrivelser har den både mineralogisk og geologisk en rekke trekk tilfelles med Lillefjellklumpen.

Det er en kompakt sulfidmalm, skarpt avgrenset fra sidebergarten. Den fører også magnetitt og er først og fremst karakterisert ved samme porfyriske svovelkisindivider i grensepartiene, som vi har ved Lillefjellklumpen. I henhold til analysene fører den derimot adskillig mere kobber i forhold til nikkel.

Malmen optrer i en forskifringssone i basiske eruptiver, hvis natur ikke er nærmere utredet. Påfallende nok har man også der kloss ved malmen ganger eller slirer av en surere eruptivbergart op til 6—7 m mektig. ROSENLUND kaller den granitaplitt, VOGT kvartsdioritt, og begge er enig om at den er eldre enn malmen. Bergarten synes å være meget nær den samme, som den fra Lillefjellklumpen beskrevne kvartskeratofyr.

Det geologiske trekk som er felles for begge disse forekomster er, at de optrer i fjellkjedens sterkt regionalmetamorfe områder, og malmen følger tektonisk sterkt gjennomarbeidede eller forskifrete soner i basiske eruptiver.

I denne henseende skiller de sig fra alle andre kjente nikkelforekomster i vårt land, da de som for øvrig er kjent i fjellkjeden finnes i forholdsvis massive noritiske bergarter.

Det er neppe heller tvil om, at det er denne omstendighet, og de derav følgende spesielle fysikalsk-kjemiske forhold under dannelsen, som har gitt dem deres mineralogiske og geologiske særpreg.

¹ Norges Geologiske Undersøkelse, nr. 87, Årbok for 1920 og 21, VII.

Eiendommelig er det, at de nettop under disse omstendigheter har opnådd sin høie platina-koncentrasjon, og at platinaet følger det yngste sulfid.

En enkelt analyse av en særlig kobberrik malm fra Fæø synes nemlig å tyde på, at dette også er tilfellet der, bare med den forskjell, at på Fæø spiller palladium en relativt ennå betydeligere rolle, som det fremgår av de ovenfor citerte analyser.

I betraktning av den store analogi mellem de to forekomster, kan det være av interesse å merke sig, at man på Fæø har funnet en rekke malmlinser „stjert om stjert“ nedover mot dypet. Ikke desto mindre er også det en relativt liten forekomst. Mellom 30 og 140 m dyp har den gitt i alt ca. 33000 tonn malm med et samlet innhold av ca. 650 tonn nikkel og ca. 820 tonn kobber.

Å henføre forekomsttypen *Fæø-Lillefjellklumpen* direkte til en av de i Canada opstilte typer av nikkelmalmforekomster lar sig av lett forståelige grunner ikke gjøre, fordi ingen av forekomstene der er knyttet til nogen utpreget fjellkjedesone.

Imidlertid er det oplagt, at de er helt forskjellige fra de såkalte „marginal deposits“, og at de nærmest må henføres til typen „offset deposits“. Riktignok er disse i Canada som regel ikke rene sulfidmalmer, men mer eller mindre sterkt bergartsblandete, likesom de ofte viser tegn til en mere lavtemperatures mineral-paragenese, enn tilfellet er hos oss.

III. Platinametallenes utvinning av sulfidiske malmer.

Platina som biprodukt ved nikkelraffineringen i Canada.

Platinametaller som bestanddel av sulfidiske nikkelmalmer blev først påvist i Sudburygrubene i Canada. Allerede få år efter at disse forekomster blev opdaget i 1883 blev platina-mineralet *sperrylitt* funnet ved vaskning av den gullholdige jernhatt over Vermilliongruben i 1888, og beskrevet av

H. A. WELLS. Kort efter blev dette mineral også funnet i primær malm i Victoria-gruben, og det blev efterhånden klart at platinametaller i ganske små mengder var en karakteristisk bestanddel i hele denne gruppe av forekomster.

Der skulde imidlertid gå en lang årrekke før man kunde gjøre sig nogen praktisk nytte av denne opdagelse, idet man ganske manglet metoder til med fordel å kunne ekstrahere disse metaller. I det hele var man i den første periode av Sudburyfeltets historie vesentlig optatt med løsningen av det vanskelige metallurgiske problem å skille nikkel og kobber i matten, samt med å skape sig marked for sine nikkelprodukter.

Den første raffineringemetode som kom til anvendelse var *Orford*-processen, der som bekjent bare utvinner en ubetydelig del av de forhåndenværende platinametaller, nemlig den del som går i oppløsning ved en del av utlutningsprocessene, og den del som vinnes ved den endelige elektrolyse av en mindre del av nikkelmetallet. For den del av produksjonen som går til Monell-metall og til nikkeloxyd går platinametallene helt tapt.

Ved denne International Nickel Co's raffineringssprosess, som foregikk i Bayonne, N. J., blev der allikevel allerede før krigen årlig utvunnet en mindre mengde platinametaller, nemlig i årene 1907—13, i middel ca. 1000 oz. pr. år. Dette antas å utgjøre under $\frac{1}{10}$ av hvad der var til stede i den behandlede matte. En vesentlig del av denne produksjon synes for øvrig å være kommet fra Vermillion-gruben, som var ekstraordinært rik på platinametaller, og hvis matte derfor blev holdt for sig selv med direkte henblikk på denne ekstraksjon.

Fra 1901 kom The Mond Nickel Co inn som ny produsent. Det raffinerte sitt nikkel i Clydach i Wales efter *Mond*-prosessen, ved hvilken det var mulig å utvinne alle edelmetaller av matten. Hvor meget det har utvunnet i den første periode av sin drift er ukjent, da resultatene blev strengt hemmeligholdt. Man vet bare at det tok 7 år fra starten før de første platinametaller kom på markedet, og at Mond i årene før krigen ikke raffinerte stort over $\frac{1}{4}$ av Sudburys matte.

I det hele spillet utvinningen av disse metaller før krigen en høist underordnet rolle. Interessen for dem var ennu liten.

Det var først den voldsomme prisstigning under krigen, som for alvor henledet oppmerksomheten på dem. I krigstiden steg også produksjonen adskillig, men vesentlig som følge av en øket nikkelproduksjon. Raffineringsmetodene forblev de samme, og det var først lenge etter krigen, at der blev en vesentlig forandring heri, og det var særlig takket være HYBINETTES elektrolytiske metode.

Denne var innført ved Kristianssands nikkelfraffineringsverk allerede 1910, og der blev i en rekke år utvunnet små mengder edelmetaller av de norske nikkelmalm. Ved British-America Nickel Corporations anlegg blev den innført i Sudburydistriktet, men denne virksomhet blev som bekjent ganske kortvarig, fra 1920—24, og rettighetene blev overtatt av International, som i mellomtiden hadde overflyttet hele sin raffinering fra Bayonne, U. S. A. til sitt nye store anlegg ved Port Colborne, Ont. Sistnevnte anlegg var fra først av fremdeles basert på Orfordprosessen, men i 1926 påbegyntes overgangen til elektrolytisk raffinering efter en modifisert Hybinette-prosess, så platina-metallene kunde utvinnes. I løpet av 1928 nådde man så langt, at omtrent halvparten av Internationals matte blev behandlet på denne måte, og ved slutten av 1929 var overgangen helt gjennomført. Fra og med 1930 blir derfor praktisk talt alle platinametaller utvunnet av Sudburyfeltets malmer, bortsett fra den underordnede mengde av matte som eksporteres til U. S. A. for direkte fremstilling av Monel-metall ved Huntington, W. Va. Til sistnevnte formål benytter man nu bare den platina-fattigste matte man har, nemlig fra Creighton-gruben.

De siste par år viser derfor en meget sterk stigning i produksjonen av platinametaller fra Sudburyfeltet. Den nådde i 1931 op i hele 91 600 oz., og overgås dermed bare av Russland, mens den for palladium er helt dominerende.

Eftersom de rike malmer fra Froot-grubens dypere partier kommer til, vil produksjonen ennå kunne økes adskillig.

En stor fordel for rasjonaliseringen av denne produksjon var sammenslutningen av de to ledende selskaper, International og Mond, fra 1/1 1929. Efter denne blev den vanskelige prosess med adskillelsen og den endelige raffinering av de enkelte platinametaller i sin helhet henlagt til Acton-verkene i England.

Et bevis på de store forventninger man hadde til fremtiden er det, at dette anlegg blev utvidet til en samlet årskapasitet av hele 300000 oz., men man har da også regnet med betydelige tilførsler fra andre kilder, særlig fra Sydafrika.

Størrelsen av denne platinaproduksjon fra nikkelmalmene bestemmes i virkeligheten bare av behovet for nikkel, mens den er helt uavhengig av prisen og behovet for platina. Som et rent biprodukt er dette ikke belastet med nogen produksjonsutgift før det fåes som anodeslam med 2—4 % platinametaller, og omkostningene ved den videre behandling er også moderate. Det må anrikes til ca. 50 % platinametaller før det leveres til raffineringsverket, og den endelige raffinering opgis å koste bare 10 sh. pr. oz.¹.

Sudburyfeltenes samlede produksjon av platinametaller

kan ikke fastsettes helt nøyaktig, da Monds opgaver fra tiden før 1920 er ytterst fragmentariske, mens man efter dette år har nøyaktig statistikk:

13 år 1907—19	{ International etc. 193000 oz.	ca. 100000 oz.
	{ Mond: Anslagsvis ca. 80000 „	
6 år 1920—25	95000 „
6 år 1926—31	255000 „
		<hr/>
		450000 oz.

Til utgangen av 1931 er der i alt smeltet nøyaktig 30 mill. short tons malm. Fordelt på hele produksjonen blir altså utvinningen 0,52 gr. platinametaller pr. metrisk tonn malm, men da vi vet at en stor del av malmen bare har vært gjenstand for en ufullstendig ekstraksjon, kan vi slutte at middelgehalten i den ekstraherte smeltmalmen har vært adskillig større, henimot det dobbelte.

Videre er der i Sudburymalmene et konstant innhold av gull og sølv, og forholdet mellem edelmetallene er efter de senere års utvinning i gjennomsnitt: Pt.metaller : Au : Ag = 1 : 1/4 : 5 à 10.

¹ Mineral Industry 1930.

Forholdet mellem de enkelte platinametaller er også nokså karakteristisk for denne maltype:

Monds utvinning ¹ 1927		Sudburyfeltens samlete produksjon 1926-31
	o/o	o/o
Pt	44,5	48
Pd	46	44,5
Rh	4,6	7,5
Ru	3,9	
Ir	1,0	
	100,0	100,0

Forholdet varierer en del i de forskjellige gruber. I de fleste er palladium noget overveiende, men i de rike Froodmalmer fra de par siste år er platina noget overveiende. Det eneste som ikke utvinnes er osmium, hvis små mengder antagelig forflyktiges under smeltningen.

Direkte utvinning av platina i Sydafrika.

Utenom produksjonen fra Sudburyfeltet og en underordnet produksjon fra Norge, er Syd-Afrika det eneste land, som har levert større platinamengder fra sulfidiske noritmalmer. Imidlertid er forekomstene her teknisk sett av en helt annen natur, idet det er platinametallene som er den eneste økonomiske faktor, mens nikkell og kobber er et ubetydelig biprodukt. En betydelig del av produksjonen her stammer også fra ikke-sulfidiske malmer, nemlig hortonolitt-dunitt.

Siden utvinningen begynte i 1926 og til utgangen av 1930 har landet produsert ca. 135 000 oz. platinametaller, hvorav 125 000 stammer fra de 4 betydeligste selskaper, og fordeler sig således:

	Hortonolitt-dunitt	Sulfidisk norit
Onverwacht Platinum Ltd. 1926-30	ca. 30 000 oz.	
Lydenburg Platinum Areas 1927-30	" 30 000 oz.	
Potgietersrust Platiums 1926-30		ca. 40 000 oz.
Waternal Platinum Min. Co. 1929-30		" 25 000 oz.
	ca. 60 000 oz.	ca. 65 000 oz.

¹ Mineral Industry, 1927, p. 474.

Det er bare den sist nevnte gruppe som har interesse for sammenligningen med de platinaførende nikkelmalm, og det er også bare den som ennå fortsetter produksjonen i 1931. Dunittfeltene måtte nedlegge driften i 1930, Onverwacht fordi forekomsten var uttømt, Lydenburg foreløbig i påvente av høiere markedspriser.

De sydafrikanske forekomsters egenartede karakter avspeiler sig også i forholdet mellom edelmetallene. Således er sølv- og gullinnholdet ubetydelig.

	Gull	Platina- metaller
Norge, vanlige forekomster.....	1	1—4
Sudbury, middel.....	1	4—5
Sydafrika, sulfidisk noritt.....	1	ca. 25
(— , hortonolitt-dunitt).....	1	ca. 800

Både i Canada og Norge er der som regel mange ganger så meget sølv som platina, i Sydafrika ytterst litet.

Det innbyrdes forhold mellom platinametallene i Sydafrika fremgår av innholdet i de 1929 eksporterte metaller:¹

Fra sulfidiske norittfelter		Til sammenlig- ning.
o/o		Fra hortonolitt- dunitt-felter
o/o		o/o
Pt .. 65,5		94,97
Pd .. 32,8		1,70
Rh .. 0,58	} 1,70	1,41
Ru .. 0,47		0,68
Ir ... 0,57		0,56
Os .. 0,08		0,68
<hr/>		<hr/>
100,00		100,00

De sydafrikanske sulfidiske noritter holder altså betydelig mere platina i forhold til platinagruppens øvrige metaller enn Sudburyfeltene (og de norske). I Rustenburgdistriktet (Water-
val) er platinaprosenten i denne malmtypen endog hele 80 o/o.

¹ Mineral Industry, 1929.

Mens produksjonen av platinagruppens metaller fra nikkelfoldige sulfidiske malmer ennu for bare 6 år siden ikke utgjorde mere enn ca. 10 0/0 av verdensproduksjonen, er den i de siste år stæget så raskt, at den nu utgjør meget nær halvparten. Det er også all grunn til å tro, at denne utvikling vil fortsette, og at denne type av forekomster vil komme til å bli den stabileste og betydeligste kilde for produksjonen av platinametaller.

IV. Utenlandske nikkelmalmers platinainnhold.

Sudburyfeltene i Canada.

Når man skal søke å bringe innholdet av platinametaller i disse nikkelmalmer på det rene, er det ganske påfallende hvor litet av sikkert materiale man har å bygge på.

Dette skyldes delvis at disse ting har vært hemmeligholdt i adskillig utstrekning, men det synes også som om nikkelselskapene selv har hatt forholdsvis liten oversikt over fordelingen og forekomstmåten av platinametallene i sine forskjellige malmtyper. Dette henger atter sammen med analysevanskelighetene. En bestemmelse av de forskjellige platinametaller direkte i malmen krever meget store stoffmengder, og er en tidskrevende og kostbar affære. Med de små mengder det dreier sig om blir analysen lett unøiaktig, og da gehaltene kan variere adskillig med de forskjellige malmtyper er det vanskelig å få et teknisk tilfredsstillende gjennomsnitt uten et stort antall analyser.

Som regel blir derfor disse analyser utført på *bessemerratten*, hvor platinametallene allerede er koncentrert fra 15 til 40 ganger i forhold til malmen. Derved får man naturligvis et langt sikrere gjennomsnitt, men på den annen side får man ingen opplysning om, hvordan platinainnholdet fordeler sig på de forskjellige malmtyper, ja, som regel kan ikke analysen en gang henføres til en bestemt grube, da malmen fra forskjellige gruber smeltes sammen.

Den sikreste gjennomsnittsverdi får man naturligvis av de virkelige utvunne edelmetaller ved de raffineringprosesser som

kan utvinne dem i sin helhet, men disse tall kan aldri henføres til nogen enkelt grube.

For å kunne trekke sammenligninger mellom disse forskjellige opgaver:

- 1) Analyser direkte av smeltemalmen,
- 2) Analyser av bessemer-matten
- 3) Virkelig utvunne edelmetaller,

er det nødvendig å vite hvordan platinametallene forholder sig under de forskjellige metallurgiske prosesser, som malmen gjennomgår.

Som bekjent smeltes malmen med eller uten forutgående røstning til en rå-matte, hvorved bergarten og en del av jernet og svovlet blir fjernet. Dernest blir denne underkastet bessemering, hvorved resten av jernet blir fjernet, og man får en bessemer-matte med ca. 80 % Ni + Cu og 20 % svovel.

Gjennom disse prosesser er ved moderne arbeidsmetoder tapet av nikkel og kobber ikke over 10 à 12 %. For platinametallene blir der praktisk talt ikke noget tap ved direkte forslagning eller utlutning under røstningen, men bare ved mekanisk medrivning av matte i slaggen. Tapet av dem blir derfor under ingen omstendighet større enn for de andre metaller, men heller litt mindre, i alt ca. 10 %. Vi kan altså regne med, at de platinamengder som finnes ved analyse av matten i hovedsaken innbefatter det som var til stede i malmen.

Av raffineringssystemene er det som før nevnt bare Mond-prosessen og de elektrolytiske prosesser som gir noget grunnlag for beregningen av det oprinnelige platinainnhold i malmen, idet utvinningen ved dem er praktisk talt fullstendig.

Der er imidlertid et par forhold man må ta hensyn til.

I tidligere år blev den endelige raffinering av platinametallene ikke drevet kontinuerlig, men edelmetallslammet blev opsamlet gjennom uregelmessige perioder og raffinert underrett. Det er derfor bare ved å betrakte en lengere årrekke underrett at man kan finne det riktige forhold mellom mengden av behandlet matte og utvunne edelmetaller.

For de senere år må man ta hensyn til, at de metallurgiske og kjemiske prosesser frem til ferdige platinametaller tar betydelig lenger tid, enn frem til ferdig nikkel og kobber. Efter

produksjonsstatistikken å dømme synes man å komme det riktige forhold nærmest ved å sammenligne et års platina-produksjon med det *foregående* års matteproduksjon.

Av det foregående vil være fremgått årsakene til, at der foreligger så lite eksakte data med hensyn til platinametallenes fordeling på de enkelte gruber og malmtyper. Heller ikke fra et rent videnskapelig synspunkt synes dette spørsmål å ha vært ofret større oppmerksomhet i Canada, iallfall ikke offentliggjort. Imidlertid har der nu efterhånden samlet sig så vidt mange opplysninger av statistisk og annen art, at man kan trekke adskillige slutninger. Disse blir bare tilnærmete, men nærmere kommer man ikke før nikkelselskapene offentliggjør sine resultater.

Sudburygrubenes platinainnhold.

1 unze pr. short tonn = 34,25 gram pr. metrisk tonn

1. Analyser fra enkeltgruber.

Falconbridge grube.

Efter analyser av 16 diamantborhull¹ viser den til 1918 opfarte del av forekomsten i middel 0,23 gr. pr. tonn av platinametaller i *råmalmen*. Beregnet på rene sulfider blir dette 0,50 gr. pr. tonn. Efter J. G. HARDYS rapport² 1930 beregnes forekomsten å gi ca. 4 cents edle metaller pr. lb. nikkel. Med 42 lb. Ni pr. tonn skeidet smeltemalm, skulde dette efter fradrag for Au og Ag gi et noget høiere resultat, ca. 0,75 gr. platinametaller pr. tonn *smeltemalm*.

Murraygruben.

En ikke tidligere offentliggjort analyse fra denne grube har direktør S. GIERTSEN, Kristiansand, vært så elskverdigg å meddele mig. Den viser:

¹ ROBERTS & LONGYEAR: Genesis of the Sudbury Nickel-Copper Ores. Trans. Am. Inst. Min. Eng. LIX, p. 43.

Royal Intario Nickel Comm. App. p. 144—57.

² Ontario Dep. of Mines XXXIXI¹ (1930), p. 139.

Ni.....	2,83	0/0
Cu.....	0,47	-
Fe.....	37,0	-
S.....	29,2	-
SiO ₂ ...	12,8	-

Au.....	0,088	gr pr. tonn
Pt.....	0,334	—
Pd.....	0,490	—
		} 0,824 gr.

Analysen representerer en meget ren malm med ca. 73 0/0 sulfider. Beregnet på rene sulfider blir innholdet vel 1 gr. platinametaller pr. tonn. Da middelinnholdet av Murraygrubens malm bare skal utgjøre ca. 18 0/0 S, skulde malmen i middel holde ca. 0,5 gr. platinametaller pr. tonn.

Dette stemmer med en opgave fra 1917¹ hvorefter malmen skal holde 1 \$ Pt.metall pr. tonn, hvad der efter datidens priser også svarer til 0,5 gr.

Creightongruben.

Denne grube, som hittil har vært distriktets største malmproducent, regnes for å være en av de platinafattigste. Nogen nyere direkte analyse foreligger ikke offentliggjort, men efter analyser av matte hovedsakelig fra denne grube (se senere) fremgår, at den må holde adskillig *under 0,5 gr.* platinametaller pr. tonn.

Alexogruben²

(utenfor det egentlige Sudburydistrikt).

6000 tonn malm fra 1915 (nikkelrik malm) holdt *1 gr.* platinametaller pr. tonn.

Froodgruben.

Denne grubes malm, som i de øvre partier var stor, men fattig, har ved opfaringen mot dypet vist en nesten fabelaktig utvikling, så den ikke alene er blitt verdens største nikkel-

¹ Royal Ont. Nickel Comm., App. p. 130.

² Ont. Nickel Comm. p. 485.

kobber-forekomst, men en av verdens rikeste gruber i det hele. Mens nikkelinholdet har holdt sig forholdsvis konstant mot dypet, er kobberinnholdet stadig øket, og samtidig også innholdet av platinametaller.

	Ni %	Cu %
Middelinnhold i øvre partier . . .	2,05	1,45
— på 1 200-fot etagen	2,61	1,77
— - 1 600 - —	2,15	2,90
— - 2 800 - —	2,66	12,14

Partivis kan kobberinnholdet gå helt op i 23 %/o. Av grubens samlede malmforråd (1930) på 135 mill. tonn, er ca. 44 mill. tonn av den rikere malm under 1400-fot etagen.

I 1929 blev der foretatt en større prøvesmelting av malm fra alle partier under 1600-fot etagen, for å bringe edelmetallinnholdet på det rene. Resultatet var¹ at matten holdt edelmetaller til en verdi av 50 \$ pr. tonn, svarende til \$ 3,75 pr. tonn smeltemalm. Antas herav ca. \$ 3,50 å falle på platinametallene, skulde det efter noteringene høsten 1929 svare til ca. 2¹/₄ gr. platinametaller pr. tonn malm under 1 600 fot etagen.

Tilførselen til flotasjonsanlegget sommeren 1930, som vesentlig kom fra Froodgrubens malm under 2000-fot etagen, oppgis² å holde: 2,2 %/o Ni, 4,4 %/o Cu og vel 4 \$ edelmetaller pr. tonn. Dette skulde efter prisene høsten 1930 svare til ca. 4 gr. platinametaller pr. tonn malm under 2000 fot etagen. De kobberrikeste partier av gruben kan holde ennu adskillig mere.

Vermilliongruben.

Denne grube er noget for sig selv. Det er distriktets minste produktive grube, idet den i hele sin driftstid ikke en gang har levert 10000 tonn malm. Det er distriktets mest ekstreme „offset deposit“, idet den nesten nærmer sig gangkarakter og malmen ledsages av rikelig kvarts og karbonater. Edelmetallinnholdet står i en klasse for sig, og har langt overgått alle de andre grubers, likesom malmen har holdt op til 25 %/o Ni + Cu.

¹ Mineral Industry, 1929.

² Eng. & Min. World, 1930, s. 617.

Imidlertid er både optreden og innhold av malmen så uregelmessig, at der vanskelig kan bli tale om noget middelinhold.

En analyse av ren kobberkis fra 1909 viste: 27 gr. Pt, 124 gr. Pd, 130 gr. Ag og spor av Au pr. metrisk tonn. Man har vært oppe i ennu adskillig høiere tall, særlig i den oksydede malm.

Også fra Victoria-gruben har man fra gammel tid pene analyser, idet G. R. MICKLE (1897) i små prøver fant 4—5 gr. Pt pr. tonn, adskillig mere i de kobberrikeste, langt mindre i magnetkisen.

2. Analyser av matte som representerer flere gruber.

International Nickel Company.

Middelinholdet av dette selskaps matte i årene 1913—15 var:¹

Oz. pr. short t. matte	Beregnet gram pr. metr. tonn malm (18 tonn malm pr. tonn matte)
Pt 0,10 oz.	0,19
Pd 0,15 -	0,29
Au 0,05 -	0,10
Ag 1,75 -	3,3

} 0,48 gr.

Av malmen disse år leverte: Creighton ca. 78 0/0, Crean Hill 8 0/0, Copper Cliff og Frood nr. 3 14 0/0.

Nikkelkomisjonens analyse av matte fra 1916:²

Røstet matte	Beregnet for urøstet matte	Smeltemalmen (18 tonn pr. tonn matte)
Pt 0,124 oz. pr. sh. tonn	0,10 oz.	0,19
Pd 0,197	0,16	0,30
Ir 0,046	0,038	0,07
Au 0,027	0,022	0,04
Ag 1,84	1,51	2,9

} 0,56 gr. pr. metr. tonn

Av malmen dette år leverte: Creighton ca. 80 0/0, Crean Hill 14,5 0/0 og Copper Cliff 5,5 0/0.

¹ Ontario Nickel Commission, Report p. 484.

² — — — — — p. 486.

Mond Nickel Company.

Monds produksjon av matte 1915 antokes å inneholde 9525 oz. Pt. met.¹ Samme år smeltedes 407000 tonn malm, hvilket gir 0,8 gr. Pt metaller pr. tonn. Malmen kom fra følgende gruber: Garson 51 0/0, Lewack 8 0/0, Kirkwood 10 0/0, Victoria og Worthington 28 0/0, Alexo 3 0/0.

Nikkelkommissjonens analyse av matte fra Mond 1916 viste:²

	Røstet matte	Beregnet for urøstet matte	Smeltemalm (20 tonn pr. tonn matte)	
Pt.....	0,988 oz. pr. sh. tonn	0,81 oz.	1,39	} 2,86 gr. pr. metr. tonn
Pd.....	0,984	0,81	1,38	
Ir.....	0,065	0,053	0,09	
Au.....	0,256	0,21	0,36	
Ag.....	6,155	5,05	8,6	

Av malmen dette år leverte: Garson ca. 37 0/0, Levack 20 0/0, Victoria 18 0/0, Worthington 25 0/0.

Den analyserte matte var ikke noget gjennemsnitt, men en enkelt prøve, hvor åpenbart de rikeste gruber har vært sterkest representert.

Mens middelinholdet i de av International i denne tid drevne gruber altså synes å ha vært meget nær 0,5 gr. platina-metaller pr. tonn malm, har de av Mond drevne gruber vært adskillig rikere. Disse har imidlertid vært så mange i antall, og så uensartede, at vi av ovenstående ikke kan finne nogen middelverdi.

3. Ved raffineringen utvunne platinametaller.

Ser vi bort fra den uregelmessige utvinning i tidligere år, og bare tar for oss perioden efter depressjonen 1921/22, finner vi følgende tall:

¹ Ontario Dep. of Mines 1921, p. 17.

² Ontario Nickel Commission, Report p. 486.

	Tonn malm pr. tonn matte	Matte eks- portert + raff. i Canada Short tons	Efter fra- trukket eksp. til U. S. A. for Monell- metall	Utvunne Pt.metaller i oz.	Pt.metaller pr. sh. t. raff. matte	Pt.metaller pr. metr. t. tilsvarende malm
1923		53300	40300	15600		
24		63100	53100	18700		
25	17,6	71000	62500	17000		
26		68400	62000	19500		
27		72800	68400	22800		
28		107200	99250	23500		
29	15,4	138200	123800	29600		
30	14,1	174200	161400	68000	0,55 -	1,22 -
31		100000		91600	0,57 -	1,39 -

0,34 oz. 0,66 gr.

Sammenligner vi som før omtalt årets produksjon av platinametaller med foregående års raffinerte matte får vi inntil 1929 forholdsvis konstante tall med i middel 0,34 oz. pr. short tonn matte. Så får vi en skarp stigning til 0,55 oz. Det meste av dette henger ikke sammen med at matten er blitt rikere, men skyldes at den elektrolytiske raffinering nu er gjennomført i Canada, så fra nu av blir praktisk talt hele platinametall-innholdet utvunnet. Tallene for 1930 og 31 i siste kolonne, skulde derfor tilnærmet gi det midlere innhold av platinametaller i malmene fra 1929—30, 1,22 og 1,39 gr. pr. metr. tonn.

Produksjonen fordeler sig på grubene således:

	1929 %	1930 %
Creighton.....	59	42,2
Levack.....	18,5	0
Garson.....	12,5	13,5
Frood.....	10	44,3

Tallet for de tidligere år, 0,66 gr. pr. tonn representerer derimot ikke det virkelige innhold, men den utvunne del av disse metaller. I denne tid var det bare Mond, som hadde en fullstendig utvinning, og de behandlet ca. 40 % av den i alt raffinerte matte. De kan antas å ha utvunnet 80 à 85 % av de samlede platinametaller, og vi skulde da få et midlere innhold i Monds malmer av ca. 1,3 gr. pr. metr. tonn. Til et tall av lignende størrelse kommer vi ved å sammenholde Monds raffinerte matte i årene 1914—19 med de spredte opplysninger om deres produksjon av platinametaller i årene 1916—21.

Et adskillig høiere innhold skulde vi få efter en opgave i Mineral Industry, 1927, p. 474. Her gis en analyse av Monds platinaslam, hvorav 1 tonn oppgis å skulle tilsvare 16 000 tonn oprinnelig malm. Efter dette skulde malmen ha følgende innhold i gr pr. metr. tonn:

Pt 1,15	}	2,58 gr pr. tonn
Pd 1,19		
Rh 0,12		
Ru 0,10		
Ir 0,025		
Au 0,35	— " —	
Ag 9,6	— " —	

Opgaven har antagelig mest interesse for den relative fordeling av platinametallene, mens den sikkerlig er for høi som middeltall for Monds malmer.

Ved å sammenholde alle ovenstående opplysninger, får vi et ganske godt begrep om innholdet av platinametaller i Sudburyfeltets forskjellige gruber og forekomsttyper, selv om tallene bare blir helt tilnærmete. Vi følger den geologiske inndeling i to store hovedgrupper, nemlig:

Marginal deposits som optrer direkte på undergrensen av hoved-norittfeltet, og er karakterisert ved fhv. sulfidrike malmer av enkel mineralsammensetning og som regel med nikkel overveiende over kobber.

Offset deposits optrer i forbindelse med utløpere fra hovednoritten, med eller uten direkte forbindelse med denne.

De kan opptre som kolonner eller er lentikulære i strøketretningen, ofte mere bergartsblandede enn foregående type, med mere varierende mineralsammensetning, som regel med kobber overveiende over nikkel, og rikere på platingrubbens metaller. En slags mellomtype mellom disse har man i „faulted marginal deposits“ som ganske visst optrer på hovedgrensen, men er mere uregelmessige på grunn av bevegelser, og mineralogisk ofte viser tendens henimot „offset deposits“.

	Pt. metaller pr. metr. tonn	Forholdet Ni+Cu til Pt.-metaller ¹
1) Typiske „marginal deposits“, representert ved Creighton, Murray, Falconbridge.....	1/4—3/4 gr	50 000—200 000
2) „Faulted marginal deposits“, representert ved Garson, Crean Hill og kanskje Levack.....	1—1 1/2 gr	25 000— 50 000
3) „Offset deposits“ Frood mine under 1600 ft.-etasjen.....	ca. 2 1/4 gr	20 000— 30 000
Frood mine, dypeste partier. Til gruppe 3 hører antagelig også de andre rike „offset deposits“, som Worthington og Victoria.	ca. 4 gr	15 000— 20 000
4) Vermillion mine, som er langt rikere enn de andre.....		< 10 000

Sydafrikanske nikkelsulfidmalmer.

Blandt de mangeartede platinaforekomster i Sydafrika er de største og viktigste de, som er knyttet til nikkellholdige sulfider i noritiske og beslektede bergarter, særlig det store Bushveld eruptivkompleks. De fleste av disse er imidlertid geologisk temmelig forskjellige fra de hittil omtalte. Ganske visst har man en del mindre forekomster av sulfidrike nikkelmalm i noritt, særlig i Vlakfontein-distriktet. Det eiendommelige er imidlertid, at nettopp i disse sulfidrike malmer, som nærmest kan sammenlignes med de canadiske og norske, er der bare spor av platinametaller.

De platinarike sulfidmalmer er knyttet til visse smale, men overordentlig utholdende og skarpt definerte horisonter i noritiske bergarter med en eiendommelig pseudo-stratifikasjon, særlig i og ved den såkalte Merensky-horison, som er påvist over en strekning av i alt 320 engelske mil, og med ganske flate fall. For disse malmer er det karakteristisk, at sulfidmengden om-

¹ Å angi platinamengden i forhold til nikkelet, som det så ofte gjøres, er uberettiget, da det ikke kan påvises at disse følges ad, men at det nærmere følger kobberet. Da det ialfall i sin helhet følger sulfidene, vilde det være mest korrekt å beregne det i forhold til de rene sulfider, men da de dertil nødvendige oppgaver ofte er vanskelig å skaffe, har jeg valgt å angi det i forhold til nikkel+kobber.

trent alltid holder sig ganske lav, som regel 2—3 0/0. Til tross herfor når man op i et innhold av platinametaller, som er adskillig større enn det vi er vant med fra de andre forekomstgrupper. Riktignok varierer den betydelig. Over adskillige deler av Merensky-horisonnten finner man bare spor eller ganske små mengder, andre steder når man lokalt op i meget høie tall. Et karakteristisk middel-tall for de drivverdige deler av denne horisont får man i Rustenburgdistriktet, hvor den er regelmessig utviklet, og hvor der i en rekke betydelige gruber allerede er opfaret svære malmmengder. For disse kan man regne med et innhold av ca. 10 gr platinametaller pr. tonn over en mektighet av ca. 30 tommer (0,75 m). Hvis man av denne sone bare utnytter de øverste 12 tommer (0,3 m) når man op i et innhold av 15—20 gr pr. tonn.

Det er på det rene, at platinametallerne i sin helhet er bundet til de nevnte små sulfidmengder, og det vil derfor være klart at de rene sulfider er overordentlig rike.

Ved flotasjon av de sulfidiske malmer fra Merenskyhorisonten oppnår man således et sulfidkonsentrat med 200—250 gr platinametaller pr. metrisk tonn, og med det omtrentlige forhold:

Platinametaller: Ni + Cu = 1 : ca. 200.

Sulfidenes karakter skiller sig også fra de canadisk-norske derved, at de fører langt mere pentlanditt i forhold til magnetkismengden. Når dertil kommer at det innbyrdes forhold mellom edelmetallene og deres fordeling på sulfidene som før omtalt er et helt annet, synes det å fremgå at hele anrikningsprosessen ved disse forekomster må ha vært en annen enn den vanlige.

De hittil kjente nikkelfoldige sulfidmalmer kan derfor efter platinainnholdet og geologisk optreden deles i 4 hovedgrupper:

	Ni + Cu: Pt. metaller
1) „Marginal deposits“ ved norittfelter	> 50 000
2) „Offset deposits“ etc. — —	15 000—50 000
3) Fæø-typen	ca. 12 000
4) Merensky-horisonten etc. i Sydafrika	ca. 200.

Der foreligger også spredte analyser av platinainnholdet i en rekke andre nikkelforekomster omkring i verden. Erfaringen viser imidlertid, at man bør stille sig skeptisk overfor isolerte bestemmelser på dette område, da de meget ofte er uriktige.

V. Markedet for platinametaller.

Hosstående kurve, fig. 3, viser de årlige middelpriser for platina og palladium. Svingningene er som man ser voldsomme, større enn for de fleste andre metaller, og vilde ha vært ennu større om vi også tok hensyn til prisfluktuationene innenfor

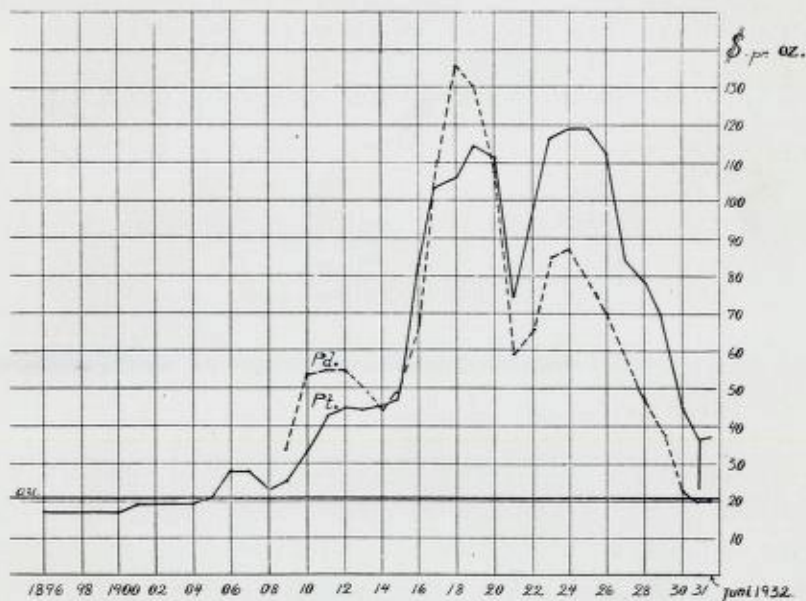


Fig. 3. Midlere årlige noteringer for platina og palladium.

hvert enkelt år. Å opgi en malms innhold av platinametaller ved hjelp av pengeverdien (\$ pr. tonn), som det så ofte gjøres, er derfor helt meningsløst.

Før krigen var som bekjent Ural den helt dominerende platinaproducent, og kunde alene tilfredsstille verdensbehovet.

I eldre tid lå prisen betydelig under gullprisen, fordi anvendelsesmulighetene ennu var få og behovet begrenset. Etter som disse øket steg prisen jevnt, passerte i 1905 gullprisen (\$ 20,67 pr. oz.), og har siden aldri gått under denne. Palladium synes ikke å ha vært særskilt notert før ca. 1908—09. Allerede før krigen var begge nådd op til over det dobbelte av gull-

prisen, idet de foruten til tekniske og videnskapelige formål, nu også i stor utstrekning begynte å anvendes av juvelererne. Det blev den gang beklaget at et så nyttig metall skulde anvendes til luksus; nu ser man nok anderledes på den ting.

Under krigen gikk produksjonen i Ural betydelig ned, og samtidig steg behovet for platina til militære formål, så det til slutt blev helt og holdent rekvirert til dette bruk. Følgen var at juvelererne istedet måtte anvende palladium, og man oplevet det særst at prisen på dette metall steg betydelig over platina-prisen. Samtidig medførte de høie priser at man til mange industrielle og videnskapelige formål begynte å anvende surrogater, og dette fortsatte også efterat prisene atter gikk ned.

Det voldsomme prisfall på disse metaller, som satte inn allerede i 1925, skyldes derfor vesentlig at behovet har holdt sig lavt, nærmest lavere enn før krigen. Anvendelsen er også betydelig omlagt, idet juvelererne nu anvender over ²/₃ av den samlede platinaproduksjon, mens tannlegene anvender det meste av palladium. De aller siste års sterke stigning av produksjonskapasiteten har gjort tilstanden ennu verre. Ganske visst er Urals produksjon ikke mere nådd op til førkrignivået, men det er mere enn erstattet av hvad Columbia, Canada og Sydafrika er i stand til å produsere.

Det voldsomme prisfall fortsatte til mai 1931, da platina notertes i 23 \$ pr. oz., eller nesten nede i gullprisen, og det tegnet nærmest til helt sammenbrudd av markedet. Imidlertid har prisen siden holdt sig på et noget høiere nivå, og noteres våren 1932 i ca. 36 \$ pr. oz., mens palladium med 20 \$ pr. oz. er under gullprisen.

De seneste år viser et nogenlunde konstant verdensforbruk av litt under 200 000 oz. pr. år av platina alene, og der er liten utsikt til nogen stigning av dette, hvis ikke helt nye anvendelser kan finnes. Med en pris av omkring 50 \$ pr. oz. skulde verdensproduksjonen meget snart kunne nå op i det dobbelte av denne mengde.

En eiendommelighet ved platinametallene er at en synkning i prisen *ikke* synes å stimulere forbruket. Dette skyldes den store anvendelse i juvelerindustrien, hvor prisen ikke spiller nogen avgjørende rolle.

Resumé.

Vorwort.

Im Auftrag der Geologischen Landesanstalt wurde eine Reihe von Erzvorkommen in den Ofoten- und Grong-gebieten, die neulich geologisch kartiert sind, auf ihr Edelmetallgehalt analysiert. Die Analysen wurden im Laboratorium des staatlichen Rohstoffkomitees von Frau HØST ausgeführt, und zwar nach der mikrodokimastischen Methode.

Das einzige bekannte Nickelvorkommen innerhalb des Gronggebietes zeigte einen bedeutenden Platingehalt, und seine Erze wurden daher zum Gegenstand einer genaueren Untersuchung gemacht.

Dies veranlaßte auch eine Zusammenstellung der zugänglichen Aufgaben über den Platininhalt und die Platingewinnung aus anderen norwegischen und ausländischen Nickelerzen.

Bekanntlich sind es nur die südafrikanischen, die in dieser Hinsicht einigermaßen gut bekannt sind. Von den anderen — und speziell den wichtigen canadischen — sind nur noch äußerst spärliche Aufgaben veröffentlicht.

I. Die Nickellagerstätte von Lillefjellklumpen.

(Seite 6 ff.).

Unter den schwefelkiesreichen Gebieten der Kaledonischen Gebirgskette in Norwegen ist das Gronggebiet eines der wichtigsten. Die zahlreiche Hauptgruppe der dazu gehörigen Lagerstätten ist durch Schwefelkies, Kupferkies und nickelfreien Magnetkies gekennzeichnet, und ist vollkommen frei von Platinmetallen.

Das hier zu besprechende Vorkommen, wo Pentlandit in reichlicher Menge hinzutritt, gehört alleine einer ganz anderen genetischen Gruppe an.

Trotzdem werden beide in der unmittelbaren Nähe von einander gefunden, und gehören zu derselben Gesteinsgruppe, — einem bis über 20 km breiten Band von hauptsächlich

basischen Eruptivgesteinen, — die das ganze Gronggebiet durchquert.

Fig. 1. gibt einen 85 km² umfassenden Ausschnitt der geologischen Feldaufnahmen in der Umgebung der Lagerstätte, wo überhaupt keine Sedimente repräsentiert sind.

Die basischen Eruptivgesteine sind ursprünglich teils Erguß-, teils Tiefengesteine, ohne wesentlichen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung, und gewöhnlich vollkommen Ummineralisiert. Das Endprodukt der Metamorphose mag daher in beiden Fällen ziemlich identische Grünsteine sein, und die Unterscheidung kann oft nur auf zweifelhafte Reste der ursprünglichen Struktur gegründet werden. Zur ganz sicheren Erkenntnis der Ergußgesteine dienen nur die dann und wann vorkommenden Zeugnisse einer Oberflächenbildung, wie Agglomerate und Varioliten.

Etwas südwestlich vom Kartengebiet kommen die Tiefengesteine weniger metamorph vor. Es zeigt sich hier, daß sie keine Norite sind, sondern gewöhnliche Gabbros. Darin vorkommende kleine Kuppen von Olivingesteinen sind Troctolite, worin kein Platina nachgewiesen werden konnte.

Die Trondhemite (Fig. 1) sind in ihrer Verbreitung eng an den basischen Eruptivfeldern gebunden, und gehören offenbar als jüngstes Glied demselben Cyklus an. Als Gänge und Gangschlieren treten Quarzkeratophyre auf.

Das Erzvorkommen.

(Seite 9—12).

Es ist nur von kleinen Dimensionen (Fig. 2), an der Oberfläche gut entblößt, der Tiefe zu aber noch unaufgeschlossen. Es tritt in basischen Eruptiven auf, von welchen diejenigen im unmittelbar Liegenden sicher gabbroidale Tiefengesteine sind. Im Hangenden sind die Gesteine schlierig und hochgradig tektonisch durchgearbeitet, so daß der ursprüngliche Charakter schwer festzustellen ist.

Im Gegensatz zu den meisten sulfidischen Nickelerzen handelt es sich hier um ein reines Sulfiderz, fast ganz ohne silikatische Beimengungen. Es ist scharf gegen das Nebengestein

abgegrenzt, ohne Übergänge, und mit sehr wenig Sulfidimprägnation im Nebengestein.

Im Verhältnis zu den es umgebenden Gesteinen ist es ausgesprochen epigenetisch, und scheint sogar jünger als der im kleinen Querschlag gefundene Quarzkeratophyr zu sein. Das Erz ist auf eine tektonische Bewegungslinie lokalisiert.

Mikroskopische Untersuchung der Gesteine.

(Seite 13—15).

Der Quarzkeratophyr hat seine Primärstruktur weitgehend bewahrt. Die typischen Grünsteine (ursprünglich spilitsche Ergußgesteine) sind vollständig umkristallisiert zu einem Chlorit-Epidot-Albitaggregat. Die Gabbrogesteine zeigen noch einige Reste des ursprünglichen Plagioklases, aber stark abgekalkt. Sie befinden sich noch im Actinolit-Grünsteinsfacies, nur teilweise mit tonerdereicherer gemeiner Hornblende. Das unmittelbar Hangende des Erzes zeigt teilweise Hornfelscharakter. Im Erze selbst findet sich nur ein wenig Epidot und Chlorit zusammen mit den jüngsten Sulfiden in schmalen Adern.

Zusammensetzung der Erze.

(Seite 15—18).

Die Generalanalyse zeigt ein sehr nickelreiches Erz, mit relativ niedrigem Kupfergehalt. Bemerkenswert ist der auffallend niedrige Kobaltgehalt, der im Verhältnis zu Nickel nur ungefähr $\frac{1}{10}$ des gewöhnlichen beträgt. Auffallend ist die vollkommene Abwesenheit von Titan, trotzdem das Erz ziemlich viel Magnetit enthält. Nachdem die mittlere Magnetitmenge nach mikroskopischen Arealmessungen zu etwa 4 % veranschlagt worden ist, konnte die Analyse berechnet werden. Auf Seite 17 findet man die mineralogische Zusammensetzung nach Altersfolge.

Die zwei ältesten Mineralien, Magnetit und Schwefelkies, waren ursprünglich idiomorphe Einsprenglinge, alle die übrigen sind allotriomorph. Überhaupt sind es die bis 5 mm großen Einsprenglinge von Schwefelkies, die hauptsächlich das Erz in der Nähe der Grenzen charakterisieren und ihm ein porphyrisches Aussehen geben. Übrigens schwankt auch die Kupfer-

kiesmenge bedeutend, und ein großer Teil derselben tritt in einem Netzwerk von unscharf begrenzten Adern auf. In diesen ist der Kupferkies als das jüngste Mineral konzentriert, kommt aber immerhin zusammen mit allen den anderen Erzmineralien vor.

Chalkographische Untersuchung der Erze.

(Seite 19—24).

Der *Magnetit* ist überall verbreitet, in Mengen von 3—10 $\frac{0}{0}$, als idiomorphe oder gerundete, sehr kleine Körner, die in allen Sulfidmineralien eingeschlossen sind. Alles ist titanfrei.

Der *Schwefelkies* variiert sehr in Menge und Korngröße. Wegen verbreiteter Verdrängung durch Kupferkies ist die ursprüngliche idiomorphe Begrenzung sehr selten zu beobachten. Unter Binokularmikroskop ausgelesene Kristalle, die vollkommen vom umgebenden Pentlandit und Magnetkies, aber nicht gänzlich vom Kupferkies befreit werden konnten, wurden analysiert (S. 20). Bemerkenswert ist, daß er sich praktisch nickelfrei zeigte, trotzdem er in einem sehr nickelreichen Erz kristallisiert ist.

Pentlandit tritt hauptsächlich primär auf, aber auch als fackelförmige Entmischungen im Magnetkies.

Kupferkies ist homogen, ohne Cubanit oder andere Entmischungsmineralien. Er hat ein auffallendes Vermögen, alle anderen Mineralien zu verdrängen, und ist das einzige Erzmineral, das in nennenswerter Menge im nächsten Nebengestein hineindringt.

Bravoit (Pl. III & IV). Beim Untersuchen der Erzhalde an der Grube fällt es auf, daß ein Teil des Erzes noch ganz frisch und hart ist, während ein anderer Teil mit derselben Zusammensetzung durch und durch mürbe ist. Es zeigt sich, daß die einzige Ursache dazu eine völlige Umwandlung des Pentlandits in Bravoit in dem obersten Teil der Lagerstätte ist. Diese Umwandlung ist äußerst selektiv und betrifft nur den Pentlandit, während alle andere Mineralien völlig unverändert geblieben sind. Weiter unten findet man alle Übergänge vom ersten Beginn dieser Umwandlung, indem die Bravoitbildung aus äußerst feinen offenen Spalten und Korngrenzen hervordringt. Noch jünger sind einige Limonitgefüllte Spalten.

Die Methode für Platinanalysen.

(Seite 24—27).

Die mikrodokimastische Methode dürfte aus den zitierten Arbeiten bekannt sein. Es muß hervorgehoben werden, daß sie Präzisionsresultate nicht beansprucht. Es ist eine rasche und bequeme Methode, deren Fehlerquellen sich innerhalb gewisser Grenzen hält, und die in den einzelnen Fällen veranschlagt werden können.

1) Eine Verschlackung von Edelmetallen tritt nur ein, wenn die Schlacke reich an Eisen, Nickel oder Kupfer ist. In den hier gegebenen Analysen ist die Einwägung aus anderen Gründen so klein genommen, daß dies nicht in Frage kommt.

2) Das Rundschmelzen der Edelmetallperle in Borsäure geht sehr einfach, wenn es sich um Silber, Gold und reines Palladium handelt. Für die anderen Metalle der Platingruppe ist der Schmelzpunkt indessen zu hoch. Die Perle wird kristallin, und das Blei kann nicht vollkommen entfernt werden. Man muß es daher mit 2—4 Mal so viel Gold in bekannter Menge legieren, was natürlich die Genauigkeit beeinträchtigt.

3) Die mikroskopische Ausmessung der Perle kann mit einer Genauigkeit von ca. $\pm 5 \mu$ gemacht werden. Ist die Perle zu groß, wird daher die absolute Genauigkeit des berechneten Volumens stark herabgesetzt, ist die Perle zu klein, wird die relative Genauigkeit herabgesetzt. Am vorteilhaftesten sind Perlen vom Gewicht 0,1—10 γ^1 . Von reichen Erzen muß daher eine entsprechend kleinere Menge eingewogen werden (in unseren Fällen 0,02—0,1 gr), was die Genauigkeit beeinflusst.

4) Die verschiedenen Metalle der Platingruppe können bei dieser Methode noch nicht geschieden werden. Die folgenden Zahlen geben daher ihre Summe, bestimmt nach dem sp. G. des reinen Platins. Wenn die relative Palladiummenge bekannt wird, müssen die Zahlen entsprechend reduziert werden.

¹ 1 γ per gr = 1 gr per Tonne.

Platina-Analysen von Lillefjellklumpen.

(Seite 27—31).

Wie die Tabelle zeigt, variiert der Gehalt der verschiedenen Erztypen an Platinmetallen bedeutend, und zwar hauptsächlich mit der Kupferkiesmenge. Die Versuche mit magnetischen Separationen (A & B) geben nicht viel Auskunft, weil Einschlüsse von kleinen Magnetitkörnern in allen Erzmineralien so verbreitet sind. Die unmagnetischen Fraktionen, die immer reicher an Platina sind, werden daher sehr klein, und enthalten nur die unmagnetischen Erzmineralien, die zufälligerweise frei von Magnetiteinschlüssen sind.

Ein Auspflücken der reinen Erzmineralien wurde in vielen Fällen versucht. Wegen der feinkörnigen Verwachsung resultiert es gewöhnlich nur in eine Anreicherung des betreffenden Minerals und gibt nur die Tendenz der Platinführung. Nur Kupferkies und Schwefelkies gelang es ziemlich rein zu bekommen, und zwar am besten, von der Probe S. F. 62 wo diese Mineralien dominieren. Die Analysen sind äußerst bezeichnend. Der *Kupferkies* enthält ca. 150 gr/t Platinmetalle, der *Schwefelkies*, dessen Analyse auf Seite 20 gegeben ist, nach Abzug für beigemengten Kupferkies, maximum 5 gr/t, und wahrscheinlich bedeutend weniger (Perle verloren bevor Schlußbehandlung). *Die Hauptmenge der Platinmetalle folgen also dem Kupferkies.*

Während des Korrekturlesens dieser Arbeit sind die Resultate einer röntgenspektrographischen Analyse eingelaufen, die Dr. W. NODDACK, Berlin, in liebenswürdiger Weise ausgeführt hat. Sie gibt (Seite 31) das ungefähre mittlere Verhältnis zwischen den einzelnen Metallen der Platingruppe in der Generalprobe, nach Abtreiben von $\frac{1}{2}$ kg in der üblichen Weise.

Flotationsversuche.

(Seite 31—33).

Um eventuell einen konzentrierten Pentlandit für Analyse zu bekommen, wurde eine platinreiche Erzprobe, S. F. 42, flotiert. Die Resultate (S. 32) bekräftigen auch hier die alte Erfahrung, daß Kupferkies am leichtesten flotiert, und daß Pentlandit in dieser Weise kaum rein zu bekommen ist. Das I. Konzentrat

ist sehr reich an Kupfer, Nickel und Platina. Die Summe der drei Konzentrate ergab eine Gewinnung von 84 0/0 des Kupfers, 53,5 0/0 des Nickels und 83,5 0/0 der Platinmetalle. Ein Studium der Tabelle bekräftigt auch, daß die Hauptmenge der Platinmetalle dem Kupferkies folgen muß. Der überwiegende Teil des Abganges besteht aus Magnetkies, der folglich nicht mehr als höchstens ein Paar gr/t Platinmetalle enthalten kann.

In welcher Verbindung finden sich die Platinmetalle?

(Seite 33—37).

Seit der Entdeckung von Sperrylit in den Sudbury-erzen in 1888, wurde dieses Mineral lange als die allgemeine Quelle des Platinas in den sulfidischen Nickelerzen betrachtet. Die Auseinandersetzung dieser Frage kam aber für lange Zeiten vollkommen zum Stillstand wegen der großen Schwierigkeit, die Platinmetalle in kleinen Stoffmengen analytisch zu bestimmen. Erst die glänzenden Untersuchungen von SCHNEIDERHØHN an südafrikanischen Platinerzen 1928 brachte die Frage einen weiten Steg vorwärts, indem er zeigen konnte, daß die Platinmetalle bei sulfidischen Hochtemperaturbildungen hauptsächlich als feste Lösung in den Sulfidmineralien hineingehen.

Zu genau demselben Resultat führte die Untersuchung der Erze von Lillefjellklumpen, trotzdem sie genetisch von den südafrikanischen ziemlich verschieden sind.

Bei der chalkographischen Untersuchung konnte kein selbständiges Platinmineral nachgewiesen werden. Weiter wurden 40 gr. eines Flotationskonzentrats in konz. Salpetersäure, resp. Flußsäure aufgelöst. Weder Sperrylit noch Cooperit wurden nachgewiesen.

Entscheidend ist folgender Versuch:

Ungefähr 4 gr. des reichen Flotationskonzentrats I mit 91 gr/t Platinmetalle wurden ohne weitere Zerkleinerung eine Stunde mit warmem Königswasser behandelt. Die aufgelöste und die kleine unaufgelöste Fraktion wurden separat analysiert. Die ganze Platinmenge wurde in der gelösten Fraktion wiedergefunden (S. 35). Auch in konz. Salpetersäure wurde das meiste aufgelöst.

Wenn wir aber zur Frage kommen, welchen Sulfidmineralien die Platinmetalle vorzugsweise folgen, sind die Resultate sehr verschieden. In den südafrikanischen Erzen fand Schneiderhöhn, daß sie vorzugsweise in den zuerst ausgeschiedenen Sulfiden — nickelhaltiger Schwefelkies und Magnetkies — zu finden sind, während Kupferkies platinfrei ist. In unserem Falle ist das Verhältnis beinahe das entgegengesetzte. Wenn auch die genetischen Bildungsbedingungen in den zwei Fällen ziemlich verschieden sind, bietet es doch theoretische Schwierigkeiten, einen so fundamentalen Gegensatz zu erklären. Dabei müssen wir erinnern, daß beide untersuchten Gruppen von Lagerstätten eigentlich Spezialtypen sind. Die Haupttypen der sulfidischen Nickellagerstätten, die in Canada „marginal deposits“ genannt ist, scheint in dieser Hinsicht überhaupt nicht untersucht zu sein. Eine solche Untersuchung wäre sehr wünschenswert, um die generellen Probleme mit Vorteil diskutieren zu können. Es wäre dabei auch sehr wünschenswert, die zwei einzigen anwendbaren analytischen Methoden gleichzeitig zu benutzen. Ihren gegenseitigen Nachteilen wird dabei abgeholfen.

Die von Schneiderhöhn angewandte quarzspektrographische Aufnahme in ultraviolettem Licht gibt zwar das relative Verhältnis zwischen den einzelnen Metallen der Platingruppe sehr gut, den absoluten Gehalt aber nur ganz annäherungsweise.

Die hier angewandte mikrodokimastische Methode giebt viel genauer die absolute Totalsumme der Platinmetalle, aber nicht das relative Verhältnis zwischen ihnen.

II. Andere norwegische Nickelvorkommen.

(Seite 38—42).

Von den zahlreichen in Betrieb gewesenen norwegischen Nickelgruben, die zum Teil auch Platinmetalle produziert haben, lagen bisher keine zuverlässigen Aufgaben über den Platinmetallgehalt ihrer Erze veröffentlicht vor.

Durch Entgegenkommen des Herrn Direktors S. GIERTSEN, Kristiansand, werden hier eine Reihe von genauen Analysen von den Hauptgruben publiziert, die in den Jahren 1915—18 ausgeführt sind. Von den Schmelzerzen wurden 5—20 kg

zuerst zu einem Rohstein verschmolzen, und dieser in der üblichen Weise geröstet, ausgelaugt, abgetrieben und auf den einzelnen Edelmetallen analysiert. Die Resultate sind in der Tabelle (S. 39) gegeben.

Es fällt sofort auf, daß die Lagerstätten in dieser Hinsicht in zwei Gruppen fallen. In der Hauptgruppe, die mit den canadischen „marginal deposits“ geologisch identisch ist, schwankt der Gehalt an Platinmetallen innerhalb ziemlich engen Grenzen. Auf den ersten Blick scheinen sie ärmer als die canadischen zu sein (siehe später). Es muß aber erinnert werden, daß die Schmelzerze in Norwegen auch bedeutend sulfidärmer sind. Auf reine Sulfiden umgerechnet wird der Gehalt von derselben Größenordnung.

In der anderen Gruppe fällt hier nur die *Fæö*-Grube, die 20—40 Mal so viel Platinmetalle wie die anderen enthält, also von derselben Größenordnung wie die eben behandelte Lillefjellklumpen.

Unter diesen Umständen ist es sehr interessant zu bemerken, daß diese zwei Vorkommen auch geologisch ziemlich identisch sind.

Während die anderen erwähnten Lagerstätten stark silikatgemischte Erze innerhalb relativ kleinen Norit- und Gabbromassen des Urgebirges führen, haben diese zwei Vorkommen relativ reine Sulfiderze innerhalb tektonisch bewegten Zonen der kaledonischen Grünsteine. Beide führen auch die charakteristischen porphyrischen Einsprenglinge von Schwefelkies, und an beiden findet man saurere Gänge von Quarzkeratophyr, die wahrscheinlich älter als die Erze sind. Eine einzelne Analyse der kupferreichsten Proben von *Fæö* macht es wahrscheinlich, daß die Platinmetalle auch hier wesentlich dem Kupferkies folgen.

III. Gewinnung der Platinmetalle aus sulfidischen Erzen.

(Seite 42—48).

Die Entwicklung der Platingewinnung als Nebenprodukt aus den Sudbury-erzen und als Hauptprodukt aus den südafrikanischen Erzen ist kurz erörtert. Bis vor wenigen Jahren ging das meiste Platina aus den Sudbury-erzen noch verloren.

Die schroffe Vergrößerung der dortigen Produktion in den allerletzten Jahren (1931: 91 600 oz.) hängt zum größten Teil mit der Einführung der elektrolytischen Raffinierung, hauptsächlich nach den Methoden von Hybinette, zusammen. Bis Ende 1931 waren im ganzen 30 Millionen short tons Erz verschmolzen und die gewonnenen Platinmetalle betragen im Durchschnitt ca. 0,52 gr per Tonne Erz. Da nur ein Teil der Erze extrahiert wurde, muß der Durchschnitt der behandelten Erze bedeutend größer gewesen sein, beinahe das Doppelte. Noch vor nur 6 Jahren betrug die Gewinnung aus allen sulfidischen Erzen nur ca. 10 % der jährlichen Weltproduktion von Platinmetallen, im letzten Jahre beinahe die Hälfte. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Entwicklung fortsetzen wird, und daß die sulfidischen Erze in der Zukunft als die stabilste und wichtigste Quelle für Platina und Palladium zu betrachten sind.

Die Tabellen (S. 46 & 47) geben die relative Verteilung der einzelnen Metalle der Platingruppe in der Gewinnung aus Sudbury und Südafrika. Der bezeichnende Unterschied hat wahrscheinlich auch eine genetische Bedeutung.

IV. Platingehalt ausländischer Nickelerze.

(Seite 48—58).

Aus den wichtigen Sudburygruben ist es ziemlich schwierig, zuverlässige Aufgaben über den Platinmetallgehalt der Einzelgruben zu finden.

Die kostbaren und schwierigen Analysen sowie die starke Schwankung des Gehalts mit verschiedenen Erzmineralien und Erztypen haben dazu geführt, daß die meisten Analysen an den durch Bessemern erzielten Konzentrationssteinen ausgeführt werden, und diese stammen gewöhnlich aus Erzen von verschiedenen Gruben. Es ist auch nur bei seltenen Gelegenheiten, daß solche Analysen publiziert werden.

Die zuverlässigsten Zahlen geben die durch die vollkommenen Raffinierungsprozesse wirklich gewonnenen Edelmetallmengen, aber diese geben nur den Durchschnitt einer Reihe von Gruben oder des ganzen Gebietes.

Um diese verschiedenen Aufgaben vergleichen zu können, muß man die Verluste während des Prozesses in Rechnung

ziehen. Vom Schmelzerz zum fertigen Bessemerstein sind die Verluste an Platinmetallen gewöhnlich nicht mehr als 10⁰/₀, die Raffinierung durch Mondprozeß und elektrolytische Prozesse geben keine Verluste von praktischer Bedeutung.

Es muß aber erinnert werden, daß die endliche Gewinnung der Platinmetalle früher ein diskontinuierlicher Prozeß war, so daß man nur bei Betrachtung mehrerer Jahre en bloc das richtige Verhältnis bekommt. In den letzten Jahren ist der Prozeß zwar kontinuierlich; man muß aber erinnern, daß die endliche Herstellung der reinen Platinmetalle bedeutende Zeit in Anspruch nimmt. Ein Vergleich der Platinproduktion und des behandelten Konzentrationssteins desselben Jahres würde daher ein ganz falsches Verhältnis geben. Dem richtigen Verhältnis am nächsten kommt man wahrscheinlich beim Vergleich mit dem vorhergehenden Jahre.

Auf Seite 50—53 findet man die zugänglichen Aufgaben der letzten 20 Jahre über den Platingehalt der Erze von Einzelgruben, auf Seite 53—54 Analysen von Konzentrationssteinen und auf Seite 54—56 die Gewinnung von Platinmetallen in den letzten Jahren. In der vierten Kolonne der Tabelle (S. 55) ist der Export von Konzentrationsstein nach U. S. A. abgezogen, weil dies alles zur Herstellung von Monelmetall geht, und die Platinmetalle dabei nicht gewonnen werden. Die Verdoppelung der Gewinnung von Platinmetallen per Tonne Erz in den letzten zwei Jahren beruht hauptsächlich auf der jetzt vollkommenen Extraktion der Platinmetalle aus fast der ganzen Erzproduktion, teilweise aber auch auf das Hinzukommen der reichen Frooderze. Die Tabelle (Seite 57) zeigt den wahrscheinlichen Gehalt von Platinmetallen in den Erzen der verschiedenen Lagerstättengruppen des Sudbury-gebietes, nach den vorher zitierten Aufgaben.

Früher wurde oft der Platingehalt im Verhältnis zum Nickelgehalt der Erze gegeben. Nach dem Vorhergehenden scheint dies nicht berechtigt zu sein. Am besten könnte es eigentlich mit der gesamten Sulfidmenge verglichen werden. Aus Mangel an den dazu nötigen Zahlen wird es hier im Verhältnis zu Cu + Ni gegeben.

Auf Seite 58 ist dieses Verhältnis für die wichtigsten Typen der sulfidischen Nickelerzlagerstätten gegeben.



Fig. 1. Kvartskeratofyr. + nic. $\times 35$.

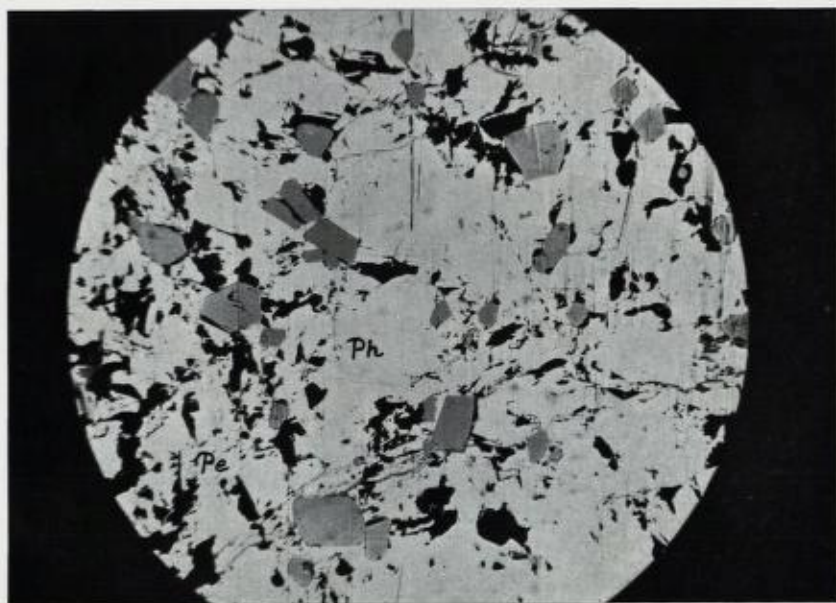


Fig. 2. Idiomorf magnetitt (mørk grå) i magnetkis (Ph) og pentlanditt (Pe).
Sort er huller. $\times 60$.

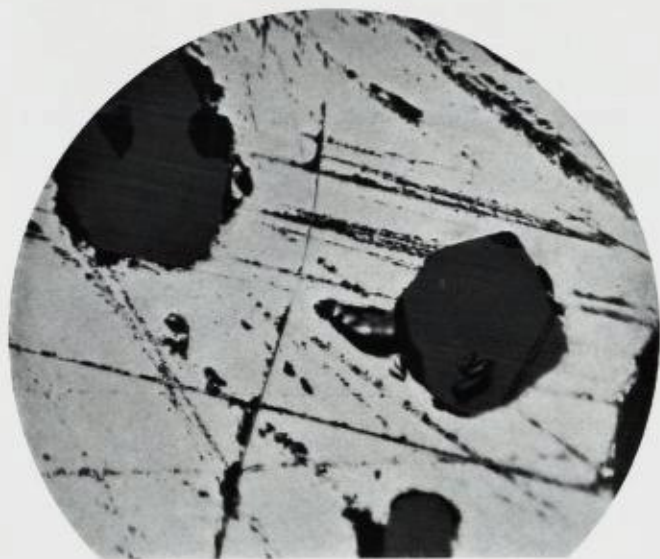


Fig. 1. Idiomorf magnetitt i svovelkis. Oljeimmersion $\times 310$.

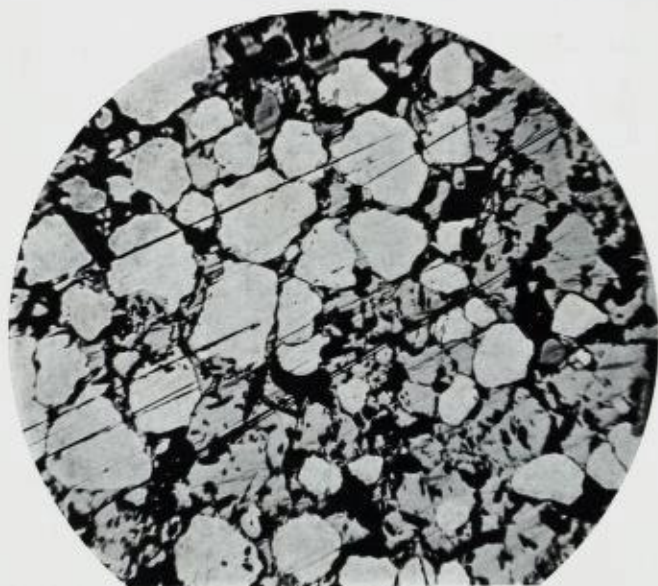


Fig. 2. Svovelkis (hvit) i magnetkis. $\times 60$.

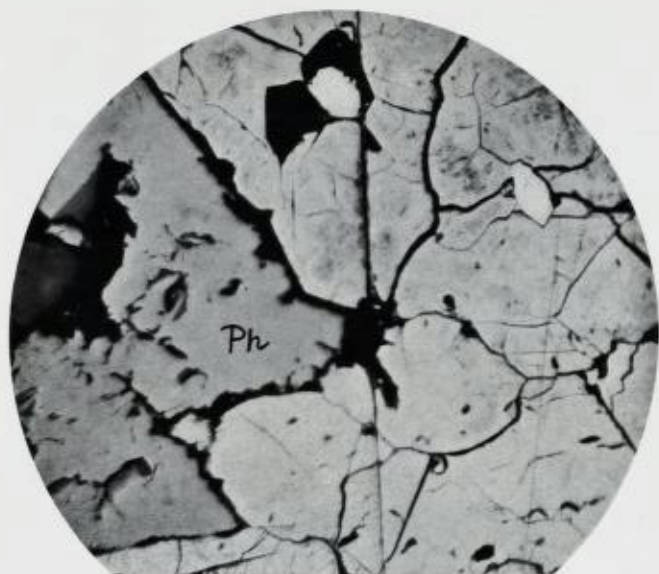


Fig. 1. Pentlanditt, helt forandret til bravoitt, og med 2 små sovelkiskorn (hvite). Magnetkis (Ph). Oljeimmersion. $\times 310$.

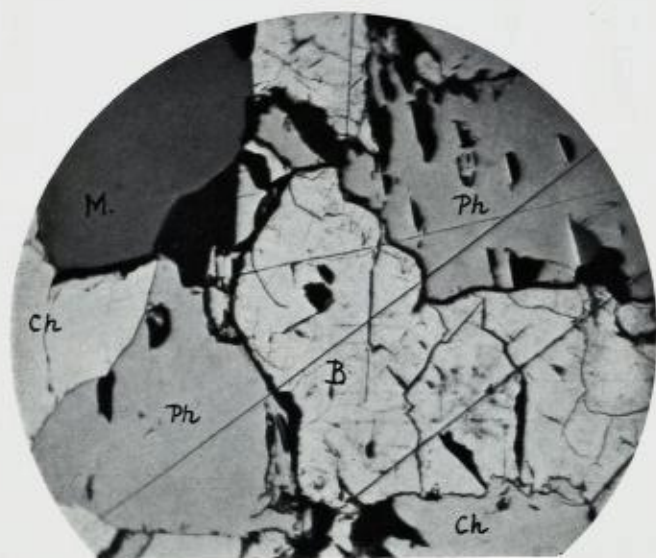


Fig. 2. Pentlanditt, helt forandret til bravoitt (B), magnetkis (Ph), kobberkis (Ch) og magnetitt (M). Oljeimmersion. $\times 310$.

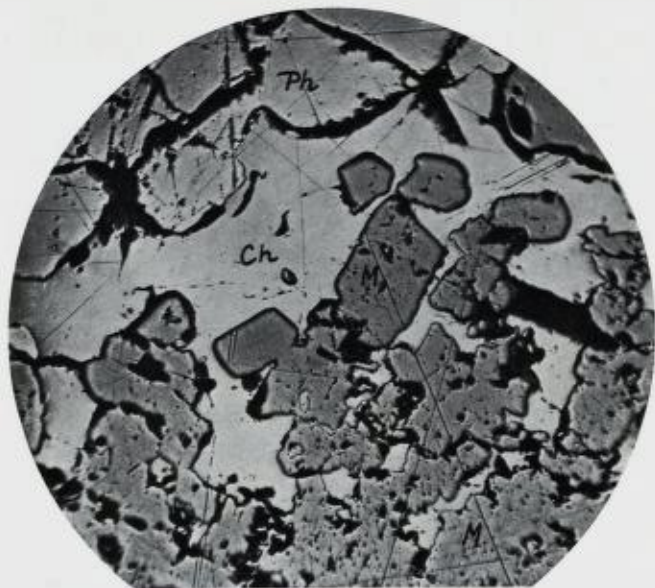


Fig. 1. Kobberkis (Ch) fortrenger magnetitt (M). Øverst er magnetkis (Ph) $\times 60$.

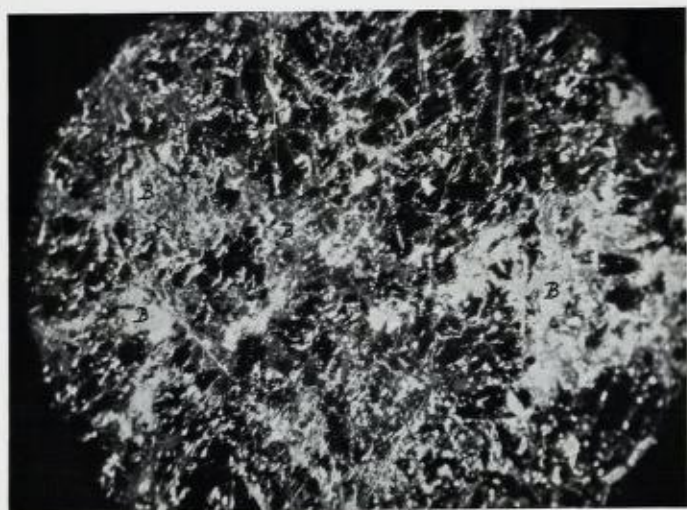


Fig 2. Anløpet polerslip. Bravoiten (lyse grå flater, B) viser pentlanditens opprinnelige fordeling i magnetkisen (sort). Hvite punkter er bare reflekser. Fot. uten refleksjonsprisme. $\times 12$.

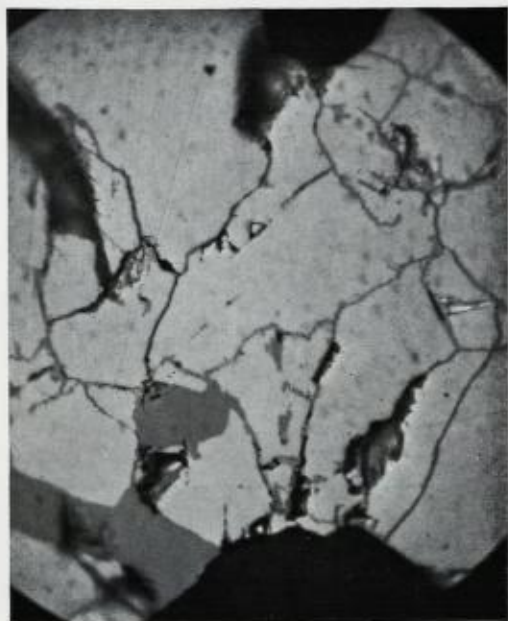


Fig. 1. Begynnende bravoittdannelse som årer i pentlanditt (lys). De to sorte individer er magnetitt. Mørk grå magnetkis. Oljeimmersjon. $\times 600$.



Fig. 2. Pentlanditt i magnetkis. Viderekommen bravoittdannelse. Oljeimmersjon. $\times 600$.

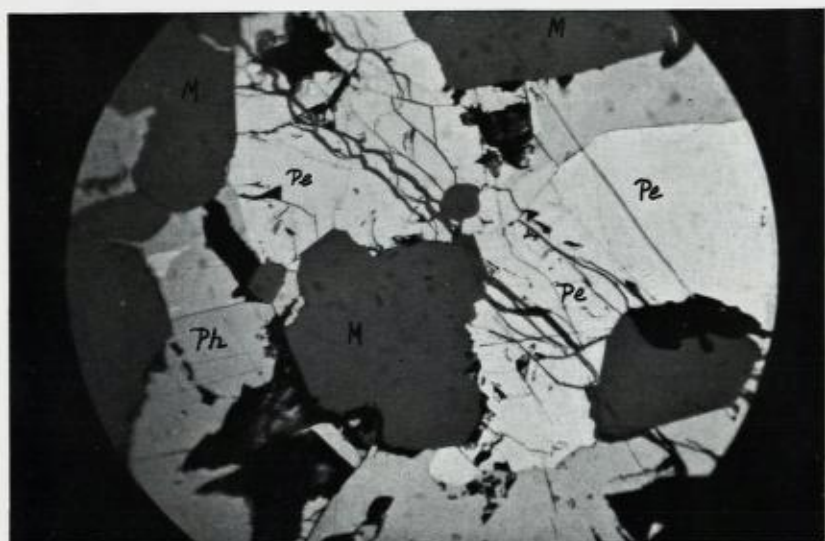


Fig. 3. Sprekkefylling av limonitt krydser bravoitårene. Oljeimmersjon. $\times 310$.