



Bergvesenet rapport nr 7174	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra .arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Raffineringsverket A/S	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Norske nikkelforekomster				
Forfatter Bjørlykke Harald		Dato År <input type="text"/>	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)	
Kommune Generelt	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geologi Malmgeologi Historikk	Dokument type	Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Evjefeltet Flåt grube Hosanger Gorzejokka, Skiecamjokka Råna Eiterdalen Lillefjellklumpen		
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Ni, Cu			

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Beskriver oppstarten til norsk nikkelproduksjon fra 1848 og oppover og hvilke gruver som var i drift (15 stk på 1870-tallet). Kommer inn på funn i Ny-Kaledonia og Canada.
Gå gjennom dannelsen av malmene og mineralsammensetningen, samt innhold av platina. Noeske nikkelmalm er deles i 4 typer som beskrives.
Magnetmetriske målinger for å finne Ni-malm er vanskelige, bør heller basere seg på strukturundersøkelser. Oppredningsmulighetene gjennomgås, likeså hvor i Norge store gabbroområder med mineralisering finnes.
Vedlagt tabell over Ni/Cu-forholdet i morbergarten til en rekke norske forekomster.

Norske nikkelforekomster.

av Dr. Harald Bjørlykke.

Tilstedeværelsen av nikkel i norske magnetkiser ble først konstatert av professor Th. Scheerer ved Universitetet i Oslo i 1843. I en malm fra Espedalens grube som dengang ble drevet som koppergrube fandt han et nyt mineral "Jernnikkelkis" (Fe Ni S) som senere ble kaldt pentlandit, og denne opdagelse ga støtet til at en rekke lignende forekomster ble undersøkt på nikkel.

Det førte til at der ble funnet en rekke nye forekomster hvorav enkelte tidligere hadde vært drevet som koppergruber. Espedalen begynte å drive på nikkel i 1848 som den første norske nikkelgrube, så kom Bamlegrubene i 1859, Romsås i Askim i 1866, Flåt i Evje og Senja i 1872, Sigdal i 1874, Skjækerdal i 1876, Hosanger i 1883, Ertelien på Ringerike i 1894 og Fesø i 1896.

I løpet av de 25 år, fra 1850 til 1875 var Norge det ledende land i nikkelproduksjonen og dekket flere år halvdelen av verdensproduksjonen som på den tid bare var ca. 100 t nikkel pr. år.

I 1870-årene hadde Norge 15 nikkelgruber og 7 nikkelsmelteverk i drift, i Norge.

I 1865 ble de rike forekomster av nikkelsilikatmineralet garnierit funnet i Ny Kaledonia og i 1874 kom disse forekomster i drift ~~drift~~ produksjon.

Dette forandret hele nikkemarkedet og prisen faldt til henimot en tredjepart samtidig som verdenproduksjonen i løpet av kort tid ble ti-doblet.

Omkring år 1900 kom de sulfidiske nikkelforekomsten i Sudbury i Canada i drift og produksjonen ved disse oversteget den Ny-kaledonske.

Fortiden produserer Sudburygrubene ca. 80 prosent av verdensproduksjonen som i 1955 var ca. 240 000 t. Prisfallet på nikkel etter at de Ny-kaledonske forekomster var satt i drift medførte at mange norske nikkelgruber ble ulønnsomme og måtte nedlegges.

Espedalen og Romsås gruber ble nedlagt i 1876, Senja i 1886, Sigdal i 1887 og bare to gruber, Flåt i Evje og Hosanger gruber ^{ved Bergen} var fremdeles i drift ved begynnelsen av anden verdenskrig. Disse gruber ble nedlagt i 1946 da malmleiene var uttømt.

Flere norske geologer har spillet en viktig rolle for utviklingen av den norske nikkelindustri. Særlig må nevnes professor J.H.L.Vogt som i en rekke publikasjoner har gitt geologiske beskrivelse av forekomstene og også tekniske vurderinger av disse.

Vogt forklarte de norske sulfidiske nikkelmalmer som magmatiske dannelser som var utskilt i flytende form av et smeltet gabbromagma på grunn av at blandbarheten mellom sulfidsmelte og silikatsmelte avtar sterkt med synkende temperatur. Hans teori om de sulfidiske nikkelmalmers dannelse er en av de grunnleggende teorier i malmgeologien og anføres i alle malmgeologiske lærebøker sammen med ^{Haus} Vogts illustrasjoner av malmenes opptreden på norske nikkelforekomster.

J.H.L.Vogts teori om de sulfidiske nikkelmalms dannelse har også fått en videre betydning for forståelsen av de kjemiske elementers fordeling i jordskorpen.

Senere har også statsgeolog Dr. Arne Bugge gitt verdifulle beskrivelse av nikkelgrubene i Bamle, og statsgeolog S.Foslie nikkelforekomstene ved Råna i Ofoten.

Nikkelgrubene ved Evje og i Hosanger er blitt beskrevet av H.Bjørlykke (1, 2, 3)

De sulfidiske nikkelmalmer er alltid knyttet til gabbrobergarter som imidlertid kan ha en meget vekslende sammensetning fra sure kvartsgabbroer til norit~~a~~ og ultrabasiske olivinstener.

Dannelsen av nikkelmalmene er etter J.H.L.Vogts teori foregått på den måten at sulfidisk smelte er skildt ut fra gabbrosmelten, og på grunn av sin større tyngde har sulfidene fortrinsvis samlet sig ved liggen, i bunnen og langs sidene av gabbromassivet. Ved enkelte forekomster finnes også såkaldte Offsetgangen~~a~~ som er opstått ved at den smeltede sulfidmasse er trengt inn og har fylt sprekker i omgivende bergart.

Oftest vil man i bunnen ha utskilt en forholdsvis ren sulfidmasse som opover blir stadig mere blandet med gabbroens silikatminerale og videre ~~a~~ en impregnasjon som går jevnt over i den normale gabbro.

Grensen for malmen må derfor vanligvis fastsettes som en økonomisk grense som til enhver tid vil avhenge av nikkelpriisen og av utgiftene til brytning og opredning. Offsetgangene vil derimot alltid ha skarpe grenser mot omgivende bergarter.

På enkelte forekomster kan man finne at malmen har protuberanslignende utvekster som ofte kan være sylindreformede og som man må anta skyldes hvirvelbevegelser i den ennu flytende masse.

Effektiviteten av utskillelsen av sulfidsmelten fra silikatsmelten vil avhenge av de to smelters spesifikke vekt og silikatsmeltens viskositet under prosessen. Den mest effektive utskillelse vil man få hvis silikatsmelten har et lavt smeltepunkt og deravfølgende liten viskositet under prosessen

Man må forestille sig at de smeltede sulfider har samlet sig i dråper som har sunket tilbunns og danner et lag langs bunnen. De dråper som ikke har nådd ned til bunnen før silikatmassen er størknet, er blitt innesluttet i denne og danner impregnasjoner. På samme måte er de silikater som ikke har rukket å flyte opp av sulfidene blitt innesluttet i sulfidmalmen.

Mindst effektiv blir utskillelsen av sulfidene i magnesia-rike gabbrobergarter, særlig olivinstener, da disse har en høi spesifikk vekt og størkner ved høi temperatur.

I disse bergarter er sulfidene som regel bare anriket til mere eller mindre rike impregnasjoner i gabbrobergarten.

De sulfidiske nikkelmalmers primære mineralsammensetning er meget enkel. De består vesentlig av magnetkis med noe pentlandit, kopperkis og oftest noe svovelkis.

Pentlanditen optrer dels som egne små korn og dels som utskildte lameller i magnetkisen. Som sekundære mineraler kan der optre violarit, milleritt og bravoitt.

Svovelkis er alltid det først utkrystalliserte sulfidmineral i nikkelmalmene og er på disse forekomster karakterisert ved å være forholdsvis rike på kobolt, vanligvis 0,5 - 1 prosent Co (V)

Mens gabbrosmeltmassen har hatt en sterk tendens til å differensiere under krystalliseringen og danne bergarter med forskjellig sammensetning, har sulfidmassen oftest krystallisert uten særlig merkbar differensiasjon.

Mengdeforholdet mellom ertsmineralene vil derfor være påfaldende konstant i de forskjellige deler av samme forekomst. En unntagelse fra dette danner Sudburyforekomstene hvor offsetgangene kan ha en sammensetning som avviker betydelig fra hovedmalmene både i kjemisk innhold og mineralsammensetning.

J.H.L.Vogt (1923) har vist ved et stort materiale av analyser av nikkelmalmer og tilhørende gabbrobergarter at der hersker et lovmessig forhold mellem gabbrobergartenes innhold av magnesium og sulfidenes nikkelinhold.

De magnesiarike basiske gabbroer fører nikkelmalmer med et høit innhold av nikkel i sulfidene d.v.s. sulfidene inneholder meget pentlandit i forhold til magnetkismengden. Jo høyere Mg innholdet i gabbroen er jo høyere er nikkelinholdet i de utskildte sulfider. Et ekstremt tilfelde har man i nikkelmalmen i Bruvannsfeltet ved Råna som er knyttet til en olivin sten og hvor innholdet av nikkel beregnet på ren sulfidmasse er 11-12 prosent, tilsvarende et forhold magnetkis : pentlandit ca. 2:1.

Da de magnesiarike gabbrobergarter har et høit smeltepunkt vil utskillelsen av sulfidene her være vanskeligere og man får en dårligere anrikning av sulfidene.

Man vil derfor ha det generelle forhold at de sulfidmasser som har et høit nikkelinhold vil være sterkt opblandet med silikater og ofte bare optrer som impregnasjoner i gabbrobergarten, mens de lavprosentige sulfidmasser knyttet til mindre basiske gabbroer ofte kan være utskildt som rene sulfidmasser med lite forurensning av silikatmineraller. Samtidig vil innholdet av kopperkis oftest være omvendt prop^oportional med nikkelinholdet slik at de nikkelrike sulfidmasser er fattigst på kopper.

En annen bestanddel av de sulfidiske nikkelmalmer som kan spille en viss økonomisk rolle er innholdet av platinmetaller.

Dette kan variere betydelig på de forskjellige forekomster uten at man har kunnet påvise noen sikker lovmessighet mellem platininnholdet og gabbroens sammensetning.

I enkelte kanadiske malmer fra Sudbury har man kunnet påvise at platin inngår som et eget platinmineral sperylith i sulfidmalmen.

En av silt over
vår kollet av kopper
og pentlandit $11:1$ er
i de viktigste norske
nikkelmalmer er
gitt i Tabl.

Videre igggår der også små mengder gull og sølv i disse malmer.

Innholdet av platinmetaller i norske nikkelmalmer har vært undersøkt av S.Foslie og M.Johnson Høst (7). De fant at de fleste norske nikkelmalmer var forholdsvis fattige på platinmetaller og at de var karakterisert ved å inneholde mere palladium enn platin.

Undersøkelsene viser videre at platinmetallinnholdet følger flotasjonskonsentratet av kopperkis men det var ikke mulig å identifisere noe eget platinmineral i de norske malmer. De eneste nikkelforekomster i Norge som fører noen betydelig mengde platinmetaller er forekomstene på Fesø og Lillefjellklumpen i Grang.

Mens forholdet Ni:Platinmetaller for de fleste norske forekomster er fra 1:175 000 til 1: 500 000 er det for Fesø 1: 12 000 og et lignende forhold for forekomsten Lillefjellklumpen.

På grunn av de sulfidiske nikkelmalmers dannelse som gravitative utskillelser av gabbrosmelten vil nikkelmalmene fortrinsvis optre langs gabbroens bunn. Desuten kan sulfidene også synke ned og komme til avsetning på oversiden av flak av andre bergarter som er innesluttet i gabbroen.

Sulfidiske nikkelmalmer som ligger blottet i dagen finnes derfor særlig i ~~gabbrofjell~~ i sterkt nederoderte områder, i grunnfjellet og i sterkt nederoderte fjellkjeder.

I Norge kjenner man et meget stort antall forekomster av sulfidiske nikkelmalmer, hvorav de fleste er knyttet til små gabbrokupper i grunnfjellet. Enkelte forekomster kjennes også i gabbroområder i den norske fjellkjede.

Disse nikkelmalmer består dels av forholdsvis rene sulfidmasser og dels av impregnasjoner hvor silikatmineralene er hovedbestanddel. Hvis sulfidene er rike på nikkel kan selv små

mengder sulfidmineraler i en gabbrobergart danne brukbare malmer.

Det er kjent fra mineralogien at små mengder nikkel kan gå inn isomorft i silikatmineralet olivin, og i olivinholdige nikkelmalmer må man regne med at noe av nikkelinholdet går inn i dette mineral og kan da ikke anrikes på mekanisk vei. De sulfidiske nikkelmalmers opptreden vil være betinget av gabbrobergartens form og derved også av strukturen i de omgivende bergarter.

Man kan i Norge skille mellom 4 forskjellige typer av sulfidiske nikkelmalmer:

1. Meinkjertypen
2. Hosangertypen
3. Flåttypen
4. Rånatypen.

I fig I er gitt skjematisk fremstillinger av de tre første typer.

Meinkjertypen er mest utbredt i grunnfjellet hvor nikkelforekomstene er knyttet til sterkt nederoderte lakolitformede gabbromassiver. De kjendte norske forekomster av denne type synes imidlertid å være for små til å ha noen interesse idag. Hosangertypen er knyttet til ~~gabbro~~acolitiske gabbrointrusjoner i den norske fjellkjede. Malmen optrer som en forholdsvis smal sone i bunnen av ~~gabbro~~acolitens synklinal. I Hosanger har man kunnet følge en slik malm i en lengde av over 2 km. bare avbrutt av noen mindre forkstninger.

Flåttypens malmer er avsatt på innesluttete flak i gabbroen. Slike forekomster i miniatyr ser man almindelig i Hosangerfeltet hvor man kan se at små gneisflak ned til mindre enn 1 m i tversnitt er anrikt på sulfider på oversiden.

Rånatypen omfatter malmer som optrer som slireformede impregnasjoner i olivinsten. Sulfidene er meget rike på nikkel (inntil 13%Ni), så selv svake sulfidimpregnasjoner kan danne

brukbare malmer. Kopperinnholdet er lavt i forhold til nikkелgehalten, Ni:Cu 4:1.

Foruten den nikkelmalm som optrer i olivinsten, har man i Rånafeltet også utsondringer av nikkelmalm i noritt langs gabbromassivets bunn. Denne malm holder bare 3,5- 4 prosent Ni i rent sulfid, men kan danne meget sulfidrike masser.

Den geologiske undersøkelse av nikkelforekomster må først og fremst baseres på en nøyaktig undersøkelse av strukturene i de omgivende bergarter for å søke å klarlegge gabbromassivets form. Særlig er det viktig å få klarlagt om der finnes forsenkninger eller synklinaler i bunnen av gabbrolegemet og langs dets sider. Hvis gabbromassivets grenser i dagen er blottet vil slike synklinaler gi sig tilkjenne ved tungeformede utbuktninger av gabbrogrensen, og her skulde det da foreligge de bedste muligheter for malmsfunn. Ved fakolitiske intrusjoner er det viktig å få klarlagt forløpet av fakolitens bunn.

J.H.L.Vogt (8) kom ved sine studier av nikkelmalmer frem til at der måtte herske en viss proportionalitet mellem gabbromassivenes størrelse og størrelsen av de utskildte malmer.

De små gabbrokupper som vi har så mange av i grunnfjellsområdene i det sydlige Norge kan derfor ikke ventes å inneholde noen betydelige forekomster og må ansees for å være uten interesse for moderne grubedrift.

Undersøkelser av nikkelmagnetkisforekomster med magnetiske metoder vil vanligvis ikke gi noen særlige resultater av praktisk verdi. Dette skyldes at gabbrobergarten alltid holder noe magnetitt som er meget sterkere magnetisk enn magnetkisen. Ved elektromagnetiske metoder basert på malmens ledningsevne kan man heller ikke vente særlig gode resultater da malmene for en vesentlig del består av impregnasjoner med forholdsvis liten ledningsevne og da malmlegemene vanligvis har liten feltutstrekning nær dagen.

Undersøkelsene av nikkelmagnetkisforekomstene må derfor som regel måtte baseres på geologiske strukturundersøkelser.

Hvis det lykkes ved disse undersøkelser å klarlegge gabbromassivets form er det ^{oftest} ~~meget~~ enkelt å slutte sig til malmens forløp mot dypet.

Derimot kan magnetometriske målinger være verdifulde under den geologiske kartlegging av feltet hvor det gjelder å avgrense gabbrobergarter med forskjellige magnetiske egenskaper under et overdekke av løsmasser.

Opredningen av nikkelmalm til et sulfidkonsentrat med magnetkis, pentlandit, kopperkis og noe svovelkis byr vanligvis ikke på særlige vansker og utbyttet av kopper og nikkel ligger vanligvis forholdsvis høit. Ved Flåt grube hadde man ved denne prosess et utbytte på 82% for nikkel og 90% for kopper. Flotasjonskonsentratet holdt 3-4 prosent nikkel.

Da magnetkis og pentlandit ikke lar sig skille ved en oprednings prosess vil gehalten av nikkel i sulfidkonsentratet være begrenset opad ved innholdet av nikkel i sulfidmassen.

Den økonomiske vurdering av nikkelholdige magnetkisforekomster ~~er~~ ^{er} forholdsvis enkel. Forutsetningen for at man bør investere penger i undersøkelsearbeider på slike forekomster må først og fremst være at de er knyttet til gabbromassiver av en viss størrelse slik at muligheten for betydelige malmengder er tilstede.

I en nikkelmagnetkisforekomst vil man finne meget små variasjoner i mengdeforholdet mellom de forskjellige ertsmineraler i de forskjellige deler av malmlegemet. Ved analyser av forholdsvis få prøver kan man finne forholdet mellom magnetkis og pentlandit og kan regne med at dette forhold holder sig temmelig uforandret gjennom hele forekomsten. Innholdet av kopper viser oftest en viss mindre lovmessig forandring således at de fattigere impregnasjoner i randen av malmlegemet er forholdsvis rikest på kopper.

Når man kjenner forholdet magnetkis: Pentlandit kan man også slutte sig til nikkelinholdet i rent sulfid og derved få et uttrykk for den høiest opnåelige nikkelgehalt i flotasjonskonsentratet.

Ved sulfidimpregnasjoner i olivinstener eller olivinholdige gabbroer må man være opmerksom på at olivin kan inneholde isomorft noe nikkel. Dette er syreløslig og vil derfor bli regnet med i nikkelgehalten ved de vanlige nikkelanalyser, men vil gå tapt under opredningen. Hyperstenholdige gabbroer kan også inneholde noe nikkel som er bundet i dette mineral, men da hypersten ikke er syreløslig vil denne nikkelgehalt ikke bli medregnet i nikkelanalysene når disse utføres på vanlig måte.

Da nikkelmalmene i almindelighet går gradvis over i stadig fattigere impregnasjoner mot grensen av malmen, vil malmgrensen oftest bli økonomisk bestemt. Denne grense som altså representere lønsomhetsgrensen vil kunne være forskjellig ved forskjellige forekomster idet den avhenner av forekomstens beliggenhet, brytningsutgifter og malmens art.

Som tidligere nevnt er de fleste kjendte nikkelmagnetkisforekomster i vårt land knyttet til små gabbrokupper. Forekomstene må derfor ansees å være små og uten interesse for moderne grubedrift.

Det eneste større gabbrofelt i det sydnorske grunnfjell som vi vet fører nikkelmalm er området Evje-Iveland hvor der tidligere har vært en betydelig drift ved Flåt grube.

Ved Flåt synes malmen å være utfeldt på et gneiflak som er innesluttet i gabbroen og bunnen av selve gabbromassivet har man ikke nådd selv ved dype borhull fra bunnen av gruben 420 m under dagen. Evje-Iveland massivet er således ikke tilstrekkelig nederodert til at man kan nå bunnen av gabbroen hvor man kunne vente å finne de største malmanrikninger.

I det store gabbroområde ved Egersund kjenner man bare noen mindre skjerp på fattig nikkelmalm.

Berg
I fjellkjeden finnes der muligheter for nye funn av nikkelmalm i de gabbrofakoliter som inngår i Bergensbuene hvor der tidligere har vært grubedrift på nikkel ved Hosanger gruber.

I det nordlige Norge finnes enkelte meget store gabbrointrusjoner i fjellkjeden hvor der er muligheter for å finne betydelige

mengder nikkelmalm. Det bedst kjendte område er Rånafeltet *Se se beskrivelsen av S. Tønder (6)* hvor man har et gabbroområde som dekker 67 km². Man har her

to typer nikkelmalm, den ene type optrer i Bruvannsfeltet og representerer impregnasjoner i olivinsten og den anden type som optrer i Eiterdalen hvor nikkelmalm er utsondret langs bunnen av en noritt mot grensen til underliggende sedimentbergarter. I Lyngenfjellenes gabbroområder skulde det også være muligheter for funn av nikkelmalm.

I Finnmark har man funnet fattige nikkelmalm i området syd for Karasjok ved Gorzejokka og Skiecamjokka nær grensen av et betydelig gabbroamfibolitfelt. Beliggenheten er her imidlertid så ugunstig at disse forekomster neppe har noen aktuell interesse.

I Tvedelva i Bruvannsfeltet.

Litteratur.

1. Bjørlykke, H.: De norske nikkelmalmers mineralsammensetning.
Kgl.N.Vidensk.Selsk.Forh. B XVII 24 (1944) (p 97-99)
2. - - - - - : Flåt Nickel Mine. N.G.U. 168b 1947 (p 1-39).
3. - - - - - : Hosanger Nikkelgrube. N.G.U. 172 1949 (p 1-38)
4. - - - - - and Sverre Jarp: On the content of Co in some Norwegian
Sulphide Deposits. Norsk.Geol.Tidsskr.B 28 (1950)
(p 151-156)
5. Bugge, A.: Nikkelgruber i Bamle. N.G.U. Årb.1920 nr. 2 (p 1-14).
6. Foslie, S.: Råna norittfelt. ^{in 87} N.G.U. Årb.1920 nr.3 (p 1-54).
7. - - - - - og Johson-Høst, M.: Platina i sulfidiske nikkelmalmer.
N.G.U. nr. 137 1932 (p 1-71).
8. Vogt, J.H.L.: Om relationene mellem størrelsen av eruptivfeltene
og størrelsen av de i eller ved samme optredende
malmutsøndringer. N.G.U.Årb.1905 nr.43 (p 1-14).
9. - - - - - : Nickel in Igneous Rocks. Econ.Geol.Vol.XVIII 4 1923.

Althaus: Norske nickelmalmer, Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Tidsskr. B 13, 1871

Tab. 1.

Forekomst	Bergart	Ni i rent sulfid	Ni:Cu
Fæø	saussuritgabbro	2	100 : 100
Grågalten, Sigdal	noritt	2,5	100 : 75
Erteli	noritt	2,5-2,75	100 : 74
Senja	noritt	3,5	100 : 50
Skjekerdalen	noritt	3,5	100 : 50
Gausdal, Sunnylvn	noritt	3,5	100 : 56
Romsås, Askim	noritt	3,5-3,75	100 : 50
Eiterdalen, Råna	noritt	3,5-4,0	100 : 50
Bamle	noritt	3,75-4,0	100 : 50
Espedalen	noritt	4,5	100 : 45
Flåt, Evje	dioritt	4,5	100 : 66
Mølland, Iveland	noritt	5,5	100 : 25
Lillefjellklumpen, Grong	gabbro	4,5	100 : 25
Hosanger	noritt	6,5	100 : 33
Bruvannsfeltet, Råna	olivinsten	11-12	100 : 25