

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Berggrundsbyrån

Uppdragsgivare: NSG

Projekt: Kobolt

Robert Lilljequist

GEOLOGIRAPPORT

Datum: 1981-03-30

ID-nr: BRAP 81026

Plats: Norrbotten

KOBOLTS GEOLOGISKA UPPTÄDANDE, FÖREKOMSTER I
SVERIGE OCH UPPSLAG I NORRBOTTEN SAMT SYN-
PUNKTER PÅ FORTSATTA PROSPEKTERINGS-
INSATSER I NORRBOTTEN



REFERENSEX
LULEÅ

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Berggrundsbyrån

Uppdragsgivare: NSG

Projekt: Kobolt

Robert Lilljequist

GEOLOGIRAPPORT

Datum: 1981-03-30

ID-nr: BRAP 81026

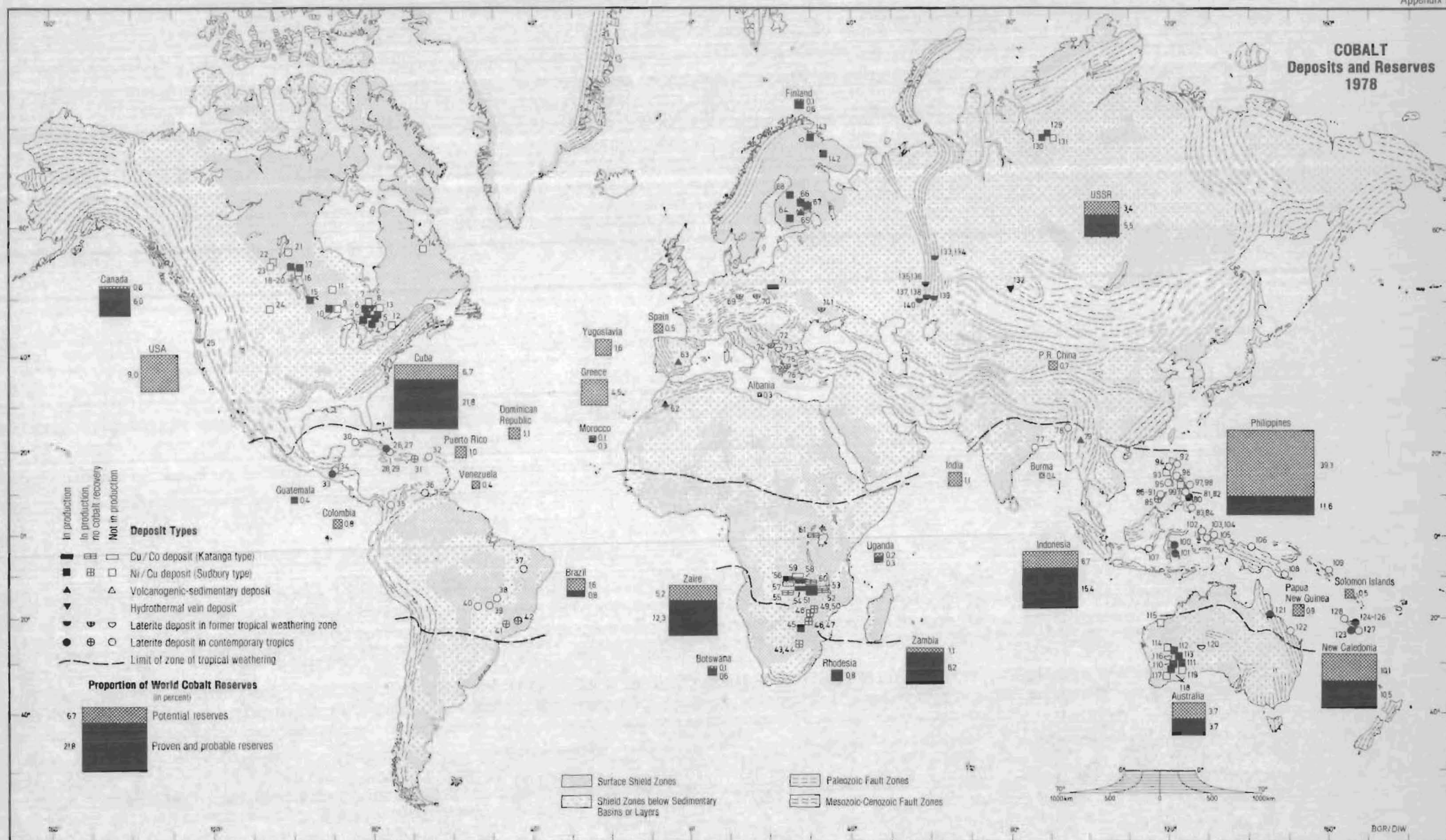
Plats: Norrbotten

KOBOLTS GEOLOGISKA UPPTÄDANDE, FÖREKOMSTER
I SVERIGE OCH UPPSLAG I NORRBOTTEN SAMT SYN-
PUNKTER PÅ FORTSATTA PROSPEKTERINGSINSATSER
I NORRBOTTEN

SAMMANFATTNING

En genomgång görs av kobolts kemiska och fysiska egenskaper, geokemiska uppträdande samt mineralogi. De senare årens prisutveckling och marknad berörs. Ett försök till indelning av koboltförekomster presenteras med exempel från olika gruvor runtom i världen. Förekomster av kobolt i Sverige redovisas. Koboltanomala områden i Norrbotten går igenom inkluderande de fynd som framkommit genom 1980 års prospekteringsarbeten. Slutligen ges synpunkter på fortsatta prospekteringsinsatser efter kobolt i Norrbotten.

COBALT Deposits and Reserves 1978



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

sid

1	INLEDNING	3
2	NÅGRA AV KOBOLTENS KEMISKA OCH FYSISKA EGENSKAPER	3
3	KOBOLTS GEOKEMISKA UPPTRÄDANDE	3
4	MINERALOGI	7
5	PRISUTVECKLING OCH MARKNAD	8
6	EKONOMISKA FÖREKOMSTER AV KOBOLT	10
6.1	Likvidmagmatiska malmer	11
6.2	Nickelhaltiga lateriter	11
6.3	Kobolt i hydrotermalt eller metasomatiskt bildade sulfidmalmsförekomster - ofta knut- na till bestämda stratigrafiska led eller förkastningslinjer	11
6.3.1	Arsenik-koboltfyndigheter i anslutning till djupgående strukturer	12
6.3.2	Komplexa arsenik-nickel-koboltfyndigheter i association med silver, vismut och uran	13
6.3.3	Synsedimentära lagerbundna koppar-kobolt- fyndigheter av centralafrikansk typ	13
6.3.4	Kobolt i svavelkis tillsammans med koppar- kis eller magnetitskarn	14
6.3.5	Övriga oklassificerade fyndigheter	17
7	FÖREKOMSTER AV KOBOLT I SVERIGE	17
7.1	Los koboltgruvor	18
7.2	Gladhammars koppar-koboltgruvor	18
7.3	Vena kobolt-kopparfält	19
7.4	Tunabergs koppar-koboltmalmer	19
7.5	Håkansboda kopparmalmsfyndighet	19
7.6	Riddarhyttsfältet	20
7.7	Bälinge koppar-koboltmalmförekomst	21
8	KOBOLT I NORRBOTTEN - SAMMANSTÄLLNING AV ARBETEN UTFÖRDA 1980	21
8.1	Kiskamavaara	21
8.2	Stråket Kiskamavaara-Talvimaa	22
8.3	Ainasjärvi	23
8.4	Maattavaara	23
8.5	Tjärrozonerna och dess fortsättning norrut	24
8.6	Området söder om Jukkasjärvi	24
8.7	Kovoazonen	25

INNEHALLSFÖRTECKNING forts

	sid
8.8 Kirunagruvan	25
8.9 Puttjala	25
8.10 Rovasunto	26
8.11 Äijäjärvi	26
8.12 Jälketkurkkio-Nunasvaara	27
8.13 Tievakoski	27
8.14 Fjällåsen	27
8.15 Käymäjärvi	27
8.16 Soursapakka	28
8.17 Miekojärvi	28
8.18 Jokkmokks kommun	28
8.19 Nasafjäll	29
8.20 Rappenfältet	30
8.21 Övrigt	31
9 PRELIMINÄRT RESULTAT AV DATAUTKÖRDA GEO- KEMISKA ANOMALIKARTOR ÖVER NORRBOTTEN MED AVSEENDE PÅ ELEMENTET KOBOLT	32
10 SYNPUNKTER PÅ FORTSÄTTA PROSPEKTERINGS- INSATSER EFTER KOBOLT I NORRBOTTEN	34
11 REFERENSER	38

1 INLEDNING

Från och med 1980 inleddes en mer målinriktad prospektering efter metallen kobolt i Norrbotten. Bakgrunden till denna satsning var dels en utvärdering av kobolt-koppar-fyndigheten Kiskamavaara och dels en kraftig prishöjning för kobolt 1978. Den nuvarande prospekteringsverksamheten är inriktad på svavelkisförande kobolt som uppträder inom vulkaniska bergarter i norra Norrbotten. Tidigare observerades inte uppträdandet av kobolt i denna typ av förekomster annat än undantagsvis. I och med att nya analysmetoder togs i bruk i början av 1970-talet har det blivit möjligt att systematiskt analysera svavelkisrika prover på Co. För fortsatta undersökningar är det nödvändigt med en sammanställning av kobolts geologiska uppträdande som kan ligga till grund för en kommande malmletningskampanj efter kobolt - i första hand inom Norrbotten. Föreliggande rapport bör betraktas som preliminär och efter hand kompletteras med nya uppgifter och data.

2 NAGRA AV KOBOLTENS KEMISKA OCH FYSISKA EGENSKAPER

Kemisk symbol	Co
Atomnummer	27
Atomvikt	58,93
Naturligt förekommande isotop	Co 59
Specifik vikt	8,89 g/cm ³
Hårdhet (Brinells)	124-130
Smältpunkt	1 495 ⁰ C
Kokpunkt	2 870 ⁰ C

Kobolt är en mycket hård, ljus tungmetall med en blåaktig lyster. Kobolt är ferromagnetiskt.

3 KOBOLTS GEOKEMISKA UPPTÄDANDE

Den yttre delen av jordskorpan innehåller i genomsnitt mellan 18 och 25 ppm Co. Därmed kommer kobolt som nummer 36 i ordningen av de i jordskorpan uppträdande kemiska elementen. Som framkommer av Tabell 1 uppträder kobolt förutom i djuphavssediment och i ngduler företrädesvis i ultrabasiska till basiska bergarter.

I dessa miljöer finns kobolt ofta associerat med nickel - de har bägge samma affinitet till Mg och Fe. Sura vulkaniter och granit innehåller vanligtvis få ppm Co. I ultrabasiska bergarter är relationen Ni:Co omkring 10-15:1 medan förhållandet minskar i sura bergarter till omkring 1.

TABELL 1. Medelhalten av kobolt och nickel i olika bergarter och sediment i ppm

	Co	Ni
Tholeiitiska basalter	43	104
Kalk-alkalina basalter	50	220
Dunit	148	2187
Peridotit	127	1167
Norit	60	300
Gabbro	49	222
Diorit	33	76
Kvartsdiorit	39	42
Granit	5	6
Andesit	23	33
Dacit	15	12
Ryolit	6	14
Svartskiffer	17	132
Lerskiffer	23	62
Gråvacka	22	43
Kvartsitsandsten	11	42
Karbonatbergarter	4	9
Sedimentära järnmalmer	49	92
Djuphavslera (Pacif)	123	150
Djuphavslera (Atlanten)	29	103
Karb sed i djuphav	14	43
Djuphavsnoduler	2720	5185 - 16000

Källa: Cobalt - a research report compiled in the German Federal Rep, 1979. English Language Edition edited and annotated by Robert J M Wyllie. Miller Freeman Publications Inc.

TABELL 2. Innehåll av kobolt inom bergarter och malmer
i norra Norrbotten

Bergart/mineral	område	antal analyser	ppm Co m-värde	variatio	källa
Basaltlavor	30 J S0	20	64	41-87	1
Basiska tuffiter	30 J S0	21	75	14-104	1
Amf grönsten	30 J S0	14	81	67-102	1
Amf grönsten	30 J S0	4	74	57-81	1
Förskiffrad kloritiserad grönsten	30 J S0	4	26	17-36	1
Albitiserad grönsten	30 J S0	11	54	13-192	1
Ultrabasit	30 J S0	5	136	107-217	1
Dolomit	30 J S0	4	24	22-27	1
Kalksten	30 J S0	2	33	32-35	1
Kalktuffit	30 J S0	5	46	17-70	1
Fyllit	30 J S0	12	26	<10-51	1
Arkeisk granit	30 J S0	5	<10	6-17	1
Arkos	30 J S0	2		<10	1
Siltstone	30 J S0	2		<10	1
Yngre granit	30 J S0	3	<10	<10	1
Vakkoformat	30 J S0	5	<10	<10	1
Lavor, diabas, tuffiter, skiffrar från Vittangi grönstensgr	29 K	15	37	20-65	2
Grafitiskiffer	29 K	6	<10	<10	2
Grafitiskiffer Sautusvaara	29 K	2	115	80-150	2
Bergarter ur Porfyrgruppen	29 K	23		<10-100	2
Div gångbergarter	29 K	5	37	20-50	2
Haparanda diorit	29 K	2		<10-15	2
Gabbro	29 K	2		45-50	2
Migmatitgranit	29 K	2		<10	2
Magnetit* St Sahavaara	29 K	12		20-190	3
Magnetit* apatitjärnmalm Svappavaara	29 K	12		90-140	3
Hämatit* apatitjärnmalm Svappavaara	29 K	11		10-130	3

TABELL 2. Forts

Bergart/mineral	område	antal analyser	ppm Co m-värde	variat	källa
Gångbergarter till apatitjärnm Svappavaara	29 K	14		10-120	
Magnetit* skarnjärnmalm Svappavaara	29 K	4		10-180	3
Gångbergarter till skarnjärnm Svappavaara	29 K	3		40-150	3
Klorit-strålst	29 J	3		45-86	4
Basaltisk grönst	29 J	11	48	40-60	4
And grönsten	29 J	13	28	<10-45	4
Porfyrgruppen	29 J	17		<10-45	4

* i analyserna av järnmineral kan upp till 3,5 % S ingå.

- Källor:
1. Sammanställning av Djumboanalyser från sydöstra hörnet av kartblad 30 J Rensjön S0, 1976, Robert Lilljequist.
 2. Beskrivning till berggrundsbladen Vittangi, 1975, Ser Af 13-16.
 3. R Frietsch 1966: Berggrund och malmer i Svappa-vaarafältet, SGU Ser C no 604.
 4. Beskrivning till berggrundskartbladen Kiruna, 1967, SGU Ser Af 1-4.

4 MINERALOGI

De vanligaste förekommande koboltmineralen i ekonomiskt utnyttjbara förekomster är sulfider, arsenider och oxider (inkl hydroxider). I Sverige förekommer kobolt i koboltglans, som har brutits i Los, Gladhammar, Vena och Tunaberg och som koboltförande svavelkis (Kiskamavaara). Nyligen har mineralen costibit, paracostibit, nisbit och koboltförande ullmanit rapporterats från västra Bergslagen (Zakrzewski et al 1980). Koboltblomma (erythrit) bildas genom vittring av koboltglans och skutterit. De vanligaste ekonomiskt viktigaste koboltmineralen är listade i tabell 3.

TABELL 3. Ekonomiskt viktiga koboltmineral

Mineral	kemisk symbol	Co-innehåll i %
Linneait (carrollit)	Co_3S_4	45-53
Siegenit	$(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$	28
Kobolt-Nickelpyrit	$(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})_3\text{S}_4$	27-42
Cattierit	$(\text{Co}, \text{Fe})\text{S}_2$	
Bravoit	$(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$	
Koboltglans	CoAsS	29-36
Safflorit	CoAsS_2	13-28
Skutterudit	CoAs_3	16-20
Erythrit (Co-blomma)	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	-30
Heterogenit	$\text{CoO} \cdot \text{OH}$	40-60
Asbolan	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot \text{MnO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$	4-35
Koboltspat	CoCO_3	omkr 50
Costibit	$(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})_x \text{Sb}_y \text{S}_z$	
Paracostibit	"	
Nisbit	"	
Co-ullmanit	"	
Smaltit (speiskobolt)	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$	

Uppgifter om produktion, produktionsutveckling, handel, pris-sättning och konsumtion samt prognoser av kobolt, med speciell betoning på svenska förhållanden, ges i den Mineralpolitiska utredningens delbetänkande: "Malmer och metaller" (SOU 1979:40). Ingen kobolthaltig malm bryts idag i Sverige. Kobolt importeras i form av färdig metall. Förbrukningen uppgick 1973/75 till 550 ton och förväntas stiga till det dubbla vid mitten av 1980-talet. Det framtida behovet är avhängigt av produktionsutvecklingen för snabbstål, verktygsstål och hårdmetall. Kobolt kan med hänsyn till marknadssituationen betraktas som en kritisk råvara. Större delen av världens produktion kommer från ett enda företag, Gecamines i Zaire. Som potentiella råvarukällor nämns i SOU 1979:40 peridotiter i fjällkedjan (vilka i snitt innehåller 0,01 % Co) och alunskiffer (som i Närke innehåller 0,01 % Co). Utvecklingen av dessa råvarukällor tycks emellertid dröja varför det är troligare att traditionella mineralförekomster med koboltinnehåll på nytt tas upp till brytning.

Under hela 1960-talet och början av 1970-talet var koboltpriset ganska stabilt. Efter oroligheterna i Shabaprovinsen i Zaire 1978 steg producentpriset på kobolt till ca 190 kr/kg medan priset på den fria marknaden steg till 410 kr/kg (dec 1978). MPU förmodar att priset fram till år 2000 kommer att ligga på mellan 60-80 kr/kg i 1976 års penningvärde (=70-95 kr/kg i 1978 års penningvärde). Prognosen över koboltpriserna framgår av fig 1 som är hämtad ur SOU 1979:40. Prisutveckling från 1967 fram till och med 1978 framgår av fig 2. Producentpriset har legat stilla på 259 kronor/kg (dollarpris 4,70 den 25/3 1981) mellan feb 1979 till jan 1981 medan priset på den fria marknaden sjunkit från 430 kr/kg (april 1979) till 238 kr/kg (dec 1979). Man förväntar sig att priserna skall sjunka ytterligare sedan de politiska lösningarna i Afrika visat sig relativt stabila. Produktionen av raffinerat kobolt har stigit från knappt 21 000 ton 1977 till drygt 31 000 ton 1980 (E & MJ, mars 1980).

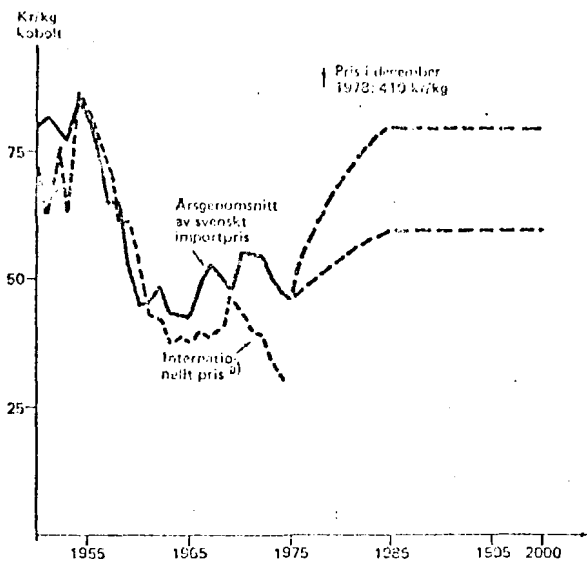


Fig. 1
Koboltpriser åren
1950-2000. Kr/kg
i 1976 års penning-
värde

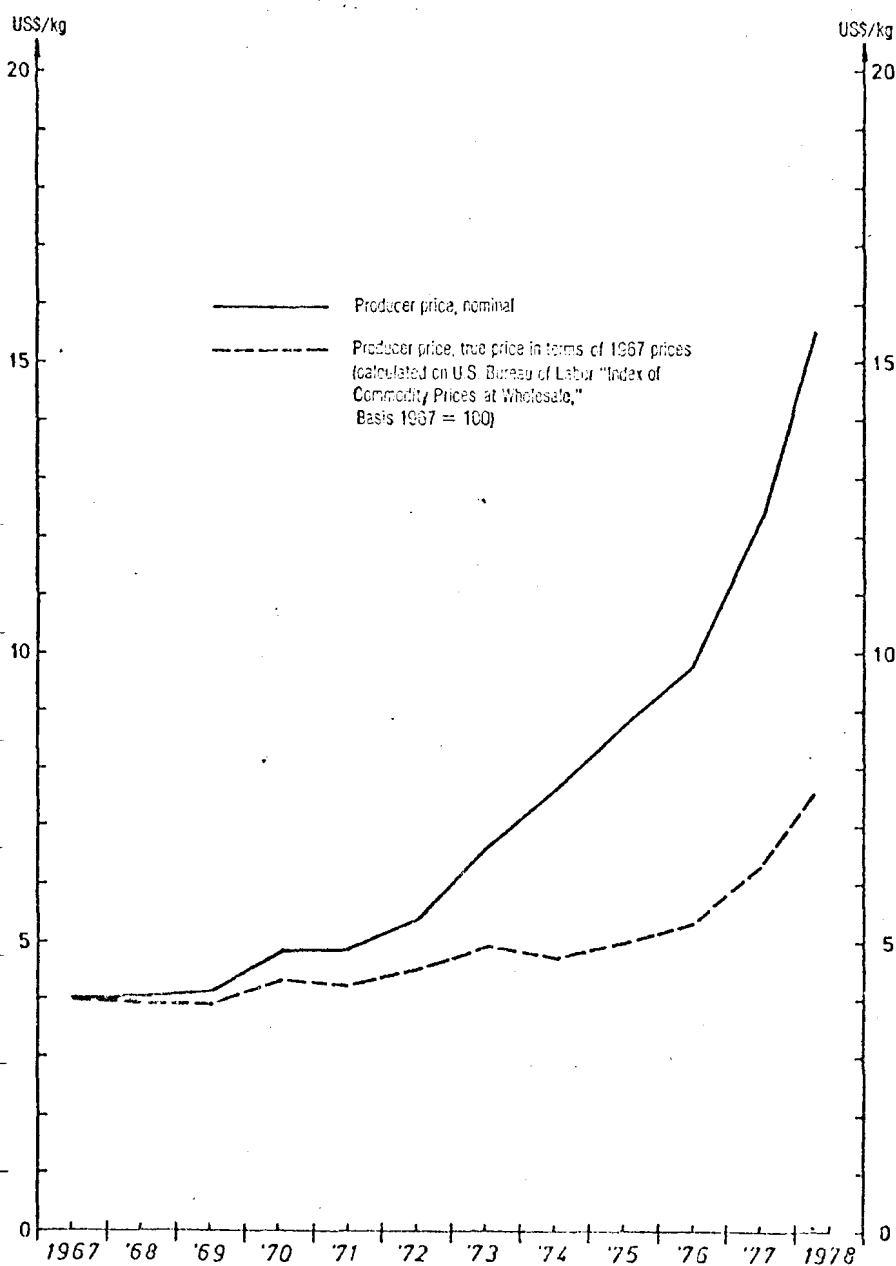


Fig. 2
Utvecklingen
av koboltpriset
(i US\$/kg)
1967 - 1978

¹First half 1978

Kobolt isolerades av svensken G Brant redan 1735 men det dröjde mer än hundra år tills koboltfyndigheter upptäcktes och metallen började produceras. Gruvdrift startade i Nya Kaledonien 1860, i Kanada 1904 (från silvergångar), i Katanga 1914 (från koppargruvorna) och i Norra Rhodesia 1933. Kobolt ur skutterudit utvanns från Maracko med början 1925.

Kobolt produceras huvudsakligen som en biprodukt vid brytning av koppar-, nickel- eller silvermalmer. Mer än hälften av den producerade kobolten kommer från lagerbundna kopparförekomster i centrala Afrika. En stor del av produktionen kommer också från sulfidmalmer i basisk miljö som huvudsakligen bryts på nickel och koppar, t ex i Kanada och i Finland. Den enda gruvan som bryts med kobolt som huvudelement är Bou Asser i Marocko. I USA kommer kobolt främst från svavelkis som biprodukt vid magnetitbrytning i Cornwalldistriktet, Pennsylvania.

Förekomster av kobolt kan indelas på flera sätt - men för enkelhets skull görs här en huvudindelning i tre lätt utskiljbara grupper, vilka alla spelar en viktig ekonomisk roll:

- I Likvidmagmatiska malmer där kobolt utvinns
 som en biprodukt till koppar och nickel ur sulfid-
 mineral
- II Nickelhaltiga lateriter
- III Kobolt i sulfidmalmer

En fjärde grupp som i framtiden kan tänkas spela en stor ekonomisk roll är kobolt i mangannoduler på havsbotten i djuphaven.

I föreliggande rapport kommer tonvikten att läggas på den tredje gruppen. Prospektering efter kobolt som uppträder i de övriga typerna är inte aktuellt för det här skisserade projektet. Kobolt tillsammans med nickel och koppar i ultrabasiska kroppar är för närvarande föremål för undersökningar i Västerbotten, av SGU för NSGs räkning.

6.1 Likvidmagmatiska malmer

Under differentiation och avkylning av basiska magmor separeras kobolt ibland ut tillsammans med nickel i en sulfidfas. Detta kan leda till bildning av ekonomiskt brytvärda förekomster av nickel-koppar-kobolt i anslutning till ultrabasiska och gabbroida intrusiva och extrusiva kroppar. Rena koboltmineral uppträder sällan i denna typ av förekomst. Huvuddelen av kobolten återfinns isomorft bundet till sulfidmineral som pentlandit, magnetkis, pyrit och gersdorffit.

I det ekonomiskt viktiga Sudburydistriktet håller malmen i genomsnitt 0,07 % Co. Andra viktiga fyndigheter förekommer i Thompson-Wabowden (Canada), Selebi-Pikwe (Botswana), Rhodesia, W Australien, Sovjetunionen samt Kotalahti, Vuonos och Hitura i Finland. Tillsammans svarar de för 21 % av världens koboltproduktion (se tabell 4).

6.2 Nickelhaltiga lateriter

Vid lateritvittring av ultrabasiska kroppar kan nickel och kobolt ur silikatmineralen frigöras och anrikas. De flesta nuvarande fyndigheter av denna typ ligger inom jordens tropiska bälte. Kobolten anrikas maximalt i de övre delarna av lateritzonen i form av asbolan och uppträder associerat med mangan eller som en hydroxid (Heterogenit). Kobolthalterna kan variera mellan 0,1 till 0,25 %. De mest kända förekomsterna finns på Nya Kaledonien (som tidigare svarade för två tredjedelar av världsproduktionen) och på Kuba. Idag svarar denna typ av fyndigheter för 17 % av världsproduktionen.

6.3 Kobolt i hydrotermalt eller metasomatiskt bildade sulfidförekomster - ofta knutna till bestämda stratigrafiska led eller förkasningslinjer

Den tredje stora gruppen - koboltförande sulfidmalmsförekomster - är fortfarande dåligt indelad i litteraturen varför en klassificering i skilda subgrupper är vanskelig att göra. I denna rapport indelas dessa i följande undergrupper:

- Arsenik-koboltfyndigheter i anslutning till djupgående strukturer
- Komplexa arsenik-nickel-koboltfyndigheter i association med silver, vismut och uran
- Synsedimentära lagerbundna koppar-kobolt-fyndigheter av centralafrikansk typ
- Kobolt i svavelkis tillsammans med kopparkis eller magnetit-skarn
- Övriga oklassificerade fyndigheter.

TABELL 4. Olika förekomsttypers bidrag till världens koboltproduktion (1977) och reserver (1978) i procent

	Produktion	Påvisade	Reserver Potentiella
Nickel-kopparförekomster (Sudburytyp)	21	14	14
Koppar-koboltfyndigheter (Katangatyp)	55	21	7
Vulkanogent-sedimentära sulfidmalmer	7	1	1
Lateritmalmer	17	64	78
TOTALT	100	100	100

6.3.1 Arsenik-koboltfyndigheter i anslutning till djupgående strukturer

Denna typ av förekomster representeras av relativt få och små förekomster. De flesta fyndigheterna uppträder i unga alpina områden. Koboltmineraliseringarna antas vara bildade vid en relativt hög temperatur. Till denna grupp räknas de ryska förekomsterna i Dashikesan (Azerbaidzhan), Seimchan och i norra Kaukasus samt Blackbirdregionen i Idaho, USA och Mt Cobalt i Queensland, Australien. Gemensamt för dessa fyndigheter är att de ligger längd förkastningszoner och utmed basiska gångar eller uppspruckna zoner med kvarts och kloritomvandling. Huvudmineralen är vanligtvis sulfoarsenider med järn och kobolt tillhörande associationen cobaltit-glaukonit-koboltförande arsenikkis. Även kopparkis, zinkblände, blyglans och vismutmineral samt mer sällsynt guld, silver, selen och tellur kan uppträda. Fyndigheterna är alltid knutna till större förkastnings- eller sprickzoner, där

ofta många rörelser utlösts gång efter annan. Mineraliseringarna har mestadels bildats genom avsättning i flera faser (Krutov 1977).

6.3.2 Komplexa arsenik-nickel-koboltfyndigheter i association med silver, vismut och uran

Denna typ av fyndighet är vanligare än arsenik-kobolttypen. Fyndigheterna uppvisar individuella skillnader men mineral med elementen Ag, U och Bi finns vanligen med. Några förekomster har betydande mängder koppar samt spår av Mo, Hg och Au. Stora fyndigheter av denna typ finns omkring Cobolt i Ontario och Great Bear Lake i NW Territories i Canada. Bou Azzer i Marocko och Khovuaksy i Sovjetunionen räknas även hit. Malmerna anses knutna till djupgående förkastningszoner. Förkastningsrörelserna har gett upphov till brecciering, ådring och sprickfyllnader. Ofta påträffas basiska till ultrabasiska intrusiv längs svaghetszonerna. I Bou Azzer förekommer mineraliseringarna direkt knutna till ultramafiska bergarter.

6.3.3 Synsedimentära lagerbundna koppar-koboltfyndigheter av Centralafrikansk typ

Världens största tillgångar av kobolt förekommer i centrala Afrika (Zambia, Zaire, Uganda) som lagerbundna fyndigheter av prekambrisk (proterozoisk) ålder. Dessa gruvor svarar för mellan 55-65 % av världsproduktionen (se tabell 4). Malmerna ligger i sedimentära bergarter av karbonatisk och klastisk karaktär och anses synsedimentärt bildade. De vanligaste kopparmineralen är kopparkis och bornit. Kobolt förekommer som linneait och carrolit samt i pyrit. Sekundära koppar- och koboltmineral är utbildade i de övre delarna av mineraliseringarna som även är ekonomiskt viktiga. Kopparhalterna hos de centralafrikanska fyndigheterna varierar mellan 4-6 %, ibland över 7 %. Kobolthalterna varierar mestadels mellan 0,1-0,5 %, ibland kan de gå upp till mellan 1 och 2 %. Exempel på storlek och halter av några gruvor ges nedan:

Gruva	storlek i milj ton	Cu %	Co %	Anm
Musonoi	1,53	5,21	1,4	dagbrott
Mutashi	1,93	2,30	-	dagbrott
Dikuluwe	1,93	7,31	0,05	dagbrott
Kamoto	2,22	5,71	0,18	dagbrott
Kamoto	2,79	4,19	0,34	under jord
Kakanda	0,79	4,59	0,39	dagbrott
Kambove-West	1,44	3,95	0,38	
Kinsenda	35,0	5,5	?	
Mufulira	139,5	3,08		
Chambishi	39,4	2,88		Kobolt ej utvinnbart
Chibuluma	7,9	4,68	0,18	
Kalengwe	0,3	7,36		
Luanshya	68,4	2,47		
Baluba	65,7	2,58	0,16	

6.3.4 Kobolt i svavelkis tillsammans med kopparkis eller magnetitskarn

Fyndigheter med koboltinnehållet huvudsakligen bundet till pyrit finns på flera ställen i världen och uppvisar särdrag som skiljer dem åt i ett eller flera avseenden. Nickel saknas eller förekommer i obetydliga mängder. Koboltinnehållet kan nå upp till mellan 1 och 3 % i pyrit, vanligen 0,3-1 % i brytvärda fynd. Grace och Cornwall Mines i Pennsylvania, USA, är bägge magnetitmalm med i genomsnitt 40-50 % järn och omkring 2 % svavel, huvudsakligen svavel- och kopparkis. Flera tidigare brutna gruvor finns i distriktet och alla inrangeras i gruppnamnet "järnmalm av Cornwalltyp". Förekomstzonen är 120 km lång och 8-32 km bred. Värdbergart för Cornwalltypen av magnetitmalm är prekambrisk marmor, kambrisk kalksten och triassiskt kalkstenskonglomerat. Cornwallfyndigheten var den största och producerade sammanlagt 93 miljoner ton malm. I Grace Mine är magnetit huvudmineral med mindre tillskott av koppar- och svavelkis. I övrigt uppträder sporadiskt magnetkis, zinkblände, blyglans, hämatit, digenit och göthit. Pyriten uppträder som oktaedrar, kuber och pyrithedrar. Pyriten innehåller 0,51 % Co. Pyriten är euhed-

ral till subhedral och i allmänhet grövre än magnetiten, i medeltal 1-2 mm i diameter, medan vissa kristaller kan nå upp till 10 mm. Sulfidkoncentratet innehåller 0,68 % Co, 1,41 % Cu, 0,26 % Ni, 0,22 % Zn och 0,20 % Pb (Sims 1967). Pyritkoncentratet i Cornwall Mine höll 1,36 % Co och kobolten i pyrit varierade mellan 1,2-1,4 %. Själva järnmalmen höll 40-42 % och det pellitiserade magnetitkoncentratet 62-64 %.

Lapham (1967) föreslår att malmen bildats från järnbärande lösningar från den kristalliserade diabasen. Tidigare beskrev man dessa typer med diabas intruderande kalkstenlager som pyrometamorfa malmer. Lapham menar att järnkällan inte var den omedelbart närliggande diabasen utan en fraktionerad magma som gav upphov till (separat) diabas och malmlösningar. Diabasen vid Cornwall är aningen utlakad på järn, ungefär 0,5-0,7 % lägre än det normala järninnehållet på 8 procent för en diabasmagma. Volymberäkningar visar att denna procentskillnad är tillräcklig för att förklara uppkomsten av Cornwallfyndigheten.

Resonemanget är intressant och jämförelser kan göras med uppträdande av kobolt i Vittangifältet. Senare diabasintrusioner (s k leukodiabaser) kan ha gett upphov till cirkulerande lösningar med järn och kobolt.

I Kaukasus, Ural och Kazakstan i Sovjetunionen uppträder i basiska till ultrabasiska kroppar med koboltförande pyrit, magnetkis, kopparkis, cubanit och magnetit samt små mängder linnait, millerit och pentlandit. Vid Vuonos och Keretti i Ouokumpu bryts koboltförande pyrit. Sedan början av 1970-talet utvinns årligen 1000-1500 ton kobolt, vilket gör Finland till en av de större koboltproducenterna i världen. Kobolten är gitterbunden, dvs den ersätter en del av järnet i pyriten. Halten kobolt i pyriten varierar, dels i de olika delarna av gruvorna, dels tycks den följa kornstorleken. I den grova poryroblastiska malmen kan halterna vara upp till 3,5 viktsprocent Co (Ekström 1979-03-27). Normalt ligger dock halterna i intervallet 0,5-0,8 % Co (Peltola 1976). Fyndigheterna Vuonos och Keretti uppträder i ett proterozoiskt bälte av svartskiffer, serpentinit och "kvartsit" (Peltola 1978). Malmen uppträder stratiformt och domineras av pyrit och kopparkis med något magnetkis, pentlandit

och zinkblände. I Vuonosgruvan är pyrit mindre vanligt. Pentlandit är här det viktigaste koboltmineralet med halter på mellan 30-36 viktsprocent kobolt. Även zinkblände innehåller ett par tiondelar kobolt. Kobolten utvinns i smältverket i Kokkola (Gamla Karleby) där en särskilt framtagna process med högt utbyte används.

Koboltförande pyrit finns beskriven från Thackaringa nära Broken Hill i Australien (Plimov 1977). Det är en stratabunden pyritmineralisering som uppträder i bandade albit-kvart-biotit-bergarter associerade med sediment och amfiboliter. Pyriten anses hydrotermalt avsatt i en tuff genom vulkaniskt-exhalativa processer. Bergarterna uppvisar en hög metamorf grad. Medelhalten kobolt i pyritkoncentrat är 0,51 viktsprocent och nickelhalten är mindre än 0,1 %. Inga andra koboltförande mineral har iakttagits.

I Huelvadiet i Spanien - som är känt för sina stora sulfidmalmsförekomster - förekommer kobolt endast i mindre mängder i pyriten. Redovisade undersökningar av spårelement i pyrit (Routhier et al 1980) ger maximala halter på 600 ppm Co.

	ppm Co	ppm Ni	Co/Ni
Pyrit i massiva kompaktmalmer	173 (10-616)	9 (4-48)	19,2
Disseminerad pyrit i närheten av kompakta kroppar	151 (18-354)	36 (3-115)	4,2
Disseminerad pyrit i vulkaniska bergarter utanför malmkropparna	242 (102-394)	69 (5-182)	3,5
Disseminerad pyrit i jaspis, skiffer, kvartsit och karbonatstenar	63 (12-184)	76 (5-290)	0,8
Pyrit i gångar	46 (18-92)	5	9,2

Kiskamavaarafyndigheten m fl andra fynd i Norrbotten hör också hemma i denna grupp. De behandlas nedan under rubriken "Koboltuppslag i Norrbotten" (8.1).

6.3.5 Övriga oklassificerade fyndigheter

Hit kan man räkna vad man i rysk litteratur kallar fyndigheter av "falbandstyp". Falband kan definieras som bandformiga - med kiser impregnerade zoner i kristallina skiffrar. Hit förs tillsammans vidare fyndigheter i Skutterud och Snarum i Norge, förekomster på Kolahalvön samt några av fyndigheterna i mellersta och sydöstra Sverige (se nedan).

7

FÖREKOMSTER AV KOBOLT I SVERIGE

Kobolt började utvinnas i Sverige 1738, från Los koboltgruvor i Gävleborgs län. Driften fortsatte fram till slutet av 1760-talet. Några år senare, 1779, påbörjades utvinning av kobolt vid Gladhammars koppargruvor där arbetena fortsatte med flera avbrott fram till 1892. På 1770-talet upptogs även koboltbrytning vid Vena gruvor, där brytning utfördes oregelbundet fram till på 1870-talet. Vid Tunabergs koppargruvor utvanns kobolt som biprodukt vid kopparframställning i slutet av 1700-talet och fortsatte fram till slutet av 1800-talet. Mängden var emellertid obetydlig. Dessutom uppges att kobolt utvunnits som biprodukt i Håkansboda, Åtvidaberg och i Riddarhyttfältet. Produktionen från ovan uppräknade fyndigheter anses sammanlagt ha gett 5 200 ton koboltmalm (med troligen 6 % Co) (Tegengren 1924).

I modern tid har kobolt utvunnits ur malmer i Skelleftefältet - som i snitt innehåller 0,031 % Co. Nicklfyndigheten Lainijaur håller i vissa delar över 1 % Co. Från Bolidengruvan erhöles under krigsåren 1941-45 omkring 26 000 ton koboltmalm med i genomsnitt 0,6 % Co. Huvuddelen av kobolten i Bolidengruvan utvanns ur arsenikkismalm från 170-270 metersnivåerna. Kobolten uppträdde huvudsakligen som koboltförande arsenikkis (upp till 2,5 % Co i arsenikkis) men även som kobaltit och safflorit (Grip och Wirstam 1970). Även i Adak har höga kobolthalter rapporterats. Större delen är bunden till arsenikkis men även koboltförande pyrit har påträffats. Grovkristallina oktaedriska kristaller från drusiga partier håller ca 1 viktsprocent Co (Ljung 1974). I den närbelägna Lindsköldsgruvan finns karbonatfyllda sprickor med As-AG-Co-Ni-mineraliseringar (Gavelin 1945). Liknande genetisk typ av koboltförande mineral finns beskrivna från Lavergruvan där en förkastningszon förde ådror med silver-

mineral, safflorit, tetrahedrit, kopparkis, zinkblände och svavelkis (Üdman 1945).

I övrigt rapporteras fynd av koboltmineral från gruvorna i Utö, Brodd och Ingelsby samt har helt nyligen hittats i Gruvåsens och Getöns sulfidmalmer i Bergsslagen (Zakrzewski et al 1980).

Under 1970-talet har kobolt påträffats på flera håll i norra Norrbotten. Mer systematiska undersökningar inleddes först 1980. Intresset för undersökningarna efter kobolt, främst i Norrbotten, väcktes genom upptäckten av Kiskamavaarafyndigheten, vilken första gången undersöktes med borrhål 1972. Kiskamavaara innehåller 0,90 Co i pyriten (Ekström 1978-05-10) - se nedan.

7.1 Los koboltgruvor

Från Los koboltgruvor i Gävleborgs län har blåfärg tillverkats ur koboltmineral som tillsammans med andra kismineral bröts vid mitten av 1700-talet. Kismineralen uppträder i en amygdaloid amfibolitiserad basalt (amfibolit eller diorit enligt äldre beskrivningar). Koboltmalm påträffades huvudsakligen i de övre delarna av en brant i NNW-strykande sprickzon. Sprickzonen kan följas ca 90 m och maximumbredden av malmzonen var 30 cm. Som gångfyllnad förekommer kalcit och kvarts samt underordnat turmalin, flusspat och vanligt hornblände. Numera är de gamla skärpningarna dåligt tillgängliga med vattenfyllda gruvhål och överväxta varphögar (Lundqvist 1968). Paragenesen omfattar mineral innehållande Fe, Co, Ni, Cu, Bi, U, As och S vilket tyder på att fyndigheten bäst passar in i klassificeringsgrupp 6.3.2. Kobolt ingår enligt tidigare arbeten i mineralet smaltit (speiskobolt), men enligt senare undersökningar (Welin 1966) kan bara koboltglans identifieras.

7.2 Gladhammars koppar-koboltgruvor

Bergsbruket i Gladhammar i Kalmar län startade redan på 1400-talet. Malmfältet har varit vårt lands största producent av koboltprodukter. Uppskattningsvis utvanns totalt 4 260 ton koboltmalm med ett innehåll av 256 ton kobolt. Den malmförande zonen ligger i suprakrustala bergarter av sedimentärt och vulkaniskt ursprung (kvartsit och hälleflinta) omgivna av (troligen) yngre

graniter. Malmförekomsterna är smala och längsträckta, falbandsliknande impregnationszoner följande kvartsitens strykningsriktning. Omkring malmansamlingarna uppträder klorit, hornblände, kvarts och kalkspat. Malmmineralen uppträder som en fin impregnation eller ett fint ådernät av magnetit, hämatit, svavelkis, kopparkis, bornit, linneait och koboltglans. Underordnat påträffas zinkblände, blyglans och molybdenglans (Tegengren 1924). Boliden Mineral har utmål och inmutningar över området.

7.3 Vena kobolt-kopparfält

Detta gruvfält är beläget ca 2 km öster om Ämmeberg i Örebro län. Det omfattar ett hundratal gruvhål längs ett 2 km långt stråk. Berggrunden uppbyggs av sura till intermediära, metamorfa vulkaniter med inslag av amfibolit. "Leptiten" är biotitrik. Malmmineralen utgörs av magnetkis, svavelkis, kopparkis, koboltglans, zinkblände, arsenikkis, smaltit och vismutglans. Mineralen bildar ett antal parallella impregnationsstråk på mellan 0,5-5 m. Sulfidhalten varierar mellan någon tiondels procent upp till 5 %. Kobolthalten uppskattas ha uppgått till 0,2-0,5 %. Enligt Tegengren (1924) är gruvorna inte slutbrutna utan fortsätter mot djupet med oförändrade halter och bredder. Vielle Montagne har utmålslagt området.

7.4 Tunabergs koppar-koboltmalmer

Tunabergs malmfält omfattar en serie koppar-koboltfyndigheter 14 km SSV om Nyköping i Södermanlands län. Mineraliseringarna ligger i en sekvens av gnejser med inlagringar av kalksten, pyroxenförande gnejser, amfiboliter mm. En småkornig granit med tillhörande pegmatitgångar genomtränger gnejserna. Malmmineralen är bundna till en pyroxenförande kalksten, som en impregnation av kopparkis och koboltglans. Ansamlingar av malmmineral uppträder som starkt utdragna, smala ribbor. Fältets enda gruva av betydelse har varit Storgruvan eller Bescheska gruvan invid samhället Tunaberg (Tegengren 1924). Inget utmål täcker fyndigheten.

7.5 Håkansboda kopparmalmsfyndighet

Håkansboda bearbetades redan på 1400-talet av konung Karl Knutsson. Samtliga inom området bearbetade kopparmalmsfyndigheter

tillhör ett kalkstensstråk som förekommer inlagrat i en mörk, porfyrisk hälleflinta (Tegengren 1924). Malmerna uppträder inom en impregnationszon i en medelkornig dolomit, rik på serpentinmineral och spinell. Malmineralen förekommer som stänk, strimmor eller åderverk i dolomiten. De mer samlade partierna består av därb sulfid med rundade dolomitögon. Förutom kopparkis uppträder svavelkis, magnetkis, zinkblände samt spår av blyglans, arsenikkis, glaukodot och koboltglans. Koboltglans uppträder företrädesvis i Sörgruvan. Grängesbergssbolaget har utmål över malmfältet, och driver sedan (1981) en ort i området från Strässagruvan för närmare undersökningar.

7.6 Riddarhyttfältet

Kring Riddarhyttan i Västmanlands län utgörs berggrunden av vulkaniska och sedimentära bergarter genomskurna av graniter. Bergarterna betecknas i den äldre litteraturen som "leptit" och cordevit-glimmerskiffer. Ett stort antal mindre fyndigheter har bearbetats på koppar och/eller järn. De flesta fyndigheter består av en kvartsig, strimmig magnetitmalm med glimmermineral och granat (Geijer 1923). I samband med dessa stråk uppträder svavelkis, kopparkis, magnetkis och koboltglans. Kispartierna är ofta flusspathaltiga. Kismineralen finns som ådror och impregnation i järnmalmerna eller ansamlade i körtlar. Det var i malm från Riddarhyttan som grundämnet kobolt först upptäcktes - av G Brandt 1735. Tegengren (1924) omnämner att kobolt tycks vara en konstant beståndsdel i sulfidmalmerna och ingår i både svavel- och magnetkis. Svavelkis från Götgruvorna uppges hålla 0,22 % Co och magnetkis från Jakobsgruvan håller 0,2-0,6 % Co. Koboltglans har påträffats som väl utbildade kristaller i Pellegruvan. Geijer (1923) utskiljer olika typer av malmförekomster i Riddarhyttfältet. Myrbackstypen inom fältet omfattar Hans Urbanssonfältets södra del, Myrbacksfältet och Korphyttfältet. Denna typ utgörs av mycket kisrika magnetitmalmer.

I Pellegruvan, Östergruvan och Jakobsgruvan i Myrbacksfältet uppträder kismassor med magnetkis, kopparkis, svavelkis och koboltglans. Östergruvan har varit Riddarhyttans mest givande kopparfyndighet och är den djupaste gruvan i trakten (288 m). Här finns bl a en ganska finkristallin magnetitmalm i vilken flusspat, kalkspat, koppar- och svavelkis uppträder. Ofta är magnetiten homogent flusspatimpregnerad, ibland övergående i

magnetitförande flusspatfels med svavelkis och koboltglans. Varpen vid Jakobsgruvan innehåller särskilt mycket kismalm. Sulfiderna är magnetkis, svavelkis och kopparkis. Härifrån har tillvaratagits 130 ton kismalm med 0,2-0,6 % Co. Fagersta AB har utmål och inmutningar över Riddarhyttssfältet.

7.7 Bäsinge koppar-koboltmlmsförekomst

Bäsingeförekomsten är belägen mellan Garpenberg och Sala, och upptäcktes troligen i slutet av 1500-talet. Gruvan länsades på 1890-talet och en undersökning utfördes för att utröna möjligheterna för utvinnande av koboltmlm. Malmen ligger i hornbländeskiffer (omvandlade basiska lava- eller tuffbergarter?) och utgörs av magnetkis med svavelkiskrystaller, vilka håller 1 % Co. Dessutom uppträder kopparkis i växlande mängd (Tegengren 1924).

8 KOBOLT I NORRBOTTEN - SAMMANSTÄLLNING AV ARBETEN UTFÖRDA 1980

Intresset för kobolt i Norrbotten väcktes först 1977 då det konstaterades att Kiskamavaarafyndigheten innehåller betydande mängder kobolt (Persson och Ros 1977). Kännetecknande för Kiskamavaarafyndigheten är att huvuddelen av kobolten sitter bundet till gitteret i pyrit. Variationerna i kobolthalten ligger i regel mellan 0,3-1,3 % Co med ett medelvärde strax under 1% Co. Den fortsatta prospekteringen efter kobolt har följaktligen inriktats på svavelkisrika partier i berggrunden och svavelkisförande block. Malmblock insamlade före 1970-talet var ej analyserade på elementet kobolt, annat än i undantagsfall. Flera nya områden anomala på elementet kobolt har påvisats, främst genom blockfynd.

8.1 Kiskamavaara

Kiskamavaarafyndigheten ligger i ett mineraliserat stråk av sura till intermediära vulkaniter tillhörande Porfyrgruppen inom Vittangifältet. Stråken löper från Torneälven i söder upp till berget Kiskamavaara i norr och sammanfaller med en kraftig tektonisk zon som löper från Fjällåsen upp mot Karesuando och vidare

in i Finland och Norge. En malmböräkning, utförd på information från borrhål fram till och med 1978, har påvisat ett tonnage på 2,1 miljoner ton med i genomsnitt 0,54 % Cu och 0,10 % Co eller alternativt 6,3 miljoner ton med i genomsnitt 0,37 % Cu och 0,06 % Co (Persson 1980). Sedan dess är ytterligare 22 borrhål nedsänkta genom fyndigheten. Resultatet från dessa borrhningar föreligger ännu inte. Mineraliseringen består huvudsakligen av koboltförande svavelkis, kopparkis, magnetit och hämatit. I ringa omfattning uppträder bornit, molybdenglans och sekundärmineral som kopparglans, malakit, azurit och järnhydroxider. Värdbergarten är en finkornig fragmentförande vulkanit med sericit, kvarts, plagioklas och kloritiserad biotit som huvudbeståndsdelar. Mineraliseringen sitter som impregnation eller sprickfyllnader i den kraftigt breccierade berggrunden, ofta tillsammans med sekundär kalцит.

8.2 Stråket Kiskamavaara-Talvimaa

Söder om Kiskamavaarafyndigheten uppträder flera kisimpregnerade zoner i porfyrberggrunden. Sammanlagt har 9 borrhål satts ut på gynnsamma geofysiska anomalier. Inga intressanta kobolthalter framkom som resultat av borrhningsarbetena (Gerdin et al 1981). Prover från svavelkis från 2 av borrhålen har undersökts med mikrosond och givit följande resultat:

Bh	Läge	Co i %
78011	62,65- 62,72	0,20
78011	135,37-135,45	0,61
78011	162,21-162,26	0,30
78011	192,51-192,53	0,32
78013	31,47- 31,48	0,34
	42,99- 50,00	0,19
	60,77- 60,79	0,08
	87,30- 87,32	0,09
	124,26-124,28	0,08
	158,67-158,69	0,06
	164,36-164,38	0,18

Vid Paurankijoki har flera rikt kisleförande block påträffats. Av dessa är tre koboltförande:

Kobolthalt	genomsnitt Co i pyrit	intervall
0,18 %	0,81 %	0,56-1,12 %
> 600 ppm	0,87 %	0,69-1,43 %
0,13 %	0,84 %	0,60-1,03 %

Blocken uppträder i anslutning till en geofysisk anomali som föreslås undersökt med borrhning (Gerdin et al 1981).

8.3 Ainasjärvi

Ainasjärviområdet ligger inom samma tektoniska zon som Kiskamavaarafyndigheten och uppbyggs likaså av porfyrgruppens bergarter. Berggrunden inom Ainasjärviområdet är synnerligen uppkrossad och karbonatläkt. Vid östra sjöstranden av Ainasjärvi har två block påträffats med 0,12 resp 0,20 % Co. En närliggande geofysisk anomali har undersökts med ett äldre borrhål (nr 6) och med två borrhål på 1970-talet (Bh 77101 och 79101). Resultatet av dessa prospekteringsundersökningar visar att någon omfattande svavelkismineralisering med koboltinnehåll knappast föreligger (Persson et al 1981).

8.4 Maattavaara

I grönstensstråket norr om Vittangiälven och söder om berget Maattavaara finns några äldre skärpningar i anslutning till kisimpregnerade hällar av tuffit och grafitskiffer. Blockletningsarbeten under fältsäsongen 1980 har resulterat i fynd av flera rikt kisimpregnerade block med intressanta halter av koppar och kobolt.

Block nr	% Cu	% Co	% Co i pyriten
BNAD 80008		0,11	
BNAD 80035	1,24	0,10	
BNAD 80042		0,04	
BNAD 80043		0,01	
BNAD 80044		0,01	
BNAD 80045		0,02	
BNAD 80046		0,02	
BNAD 80047		0,01	
BNAD 80052	2,88		
BNAD 80060		0,10	
BNAD 80061	1,47		
BNAG 79311	0,32	> 600 ppm	0,21
BNAG 79312	0,02	342 ppm	0,39 (0,10-0,75 %)

Borrningsarbeten pågår inom området (mars 1981) men hittills föreligger endast analysresultat från 1 borrhål (Maattavaara 81001) där en svavelkisimpregnation i dolomit ger 350 ppm Co på 1,70 m borrhärna.

8.5 Tjärrozonerna och dess fortsättning norrut

Inom det grönstensstråk som sträcker sig från Maattavaara i söder upp mot Karesuando i norr framkommer ett markerat stråk med höga kobolthalter på anomalikartor från en geokemisk tungmineralprovtagning. I stråkets fortsättning norröver, på Finnmarksvidda, uppträder kobolt i flera mineralfyndigheter (Gjelsvik 1958a). Vid bron över Masijokka uppträder i m breda gångar av ankerit och kalcit med stora kristaller av svavelkis med ett koboltinnehåll på ca 0,5 %. Samma koboltinnehåll rapporteras från svavelkis ur Bidjovagge kopparförekomst (Gjelsvik 1958b).

8.6 Området söder om Jukkasjärvi

Från området söder om Jukkasjärvi har två svavelkisrika block

visat sig innehålla 0,21 (0,35 % Co i pyriten) resp 0,32 % Co (2 pyritfaser, en med 1,15 % och en med 0,14 % Co). Ett block vid Pitkajärvi (19 K 8 d) gav vid analys 0,4 % Co. Det är troligt att detta block härrör från samma område, söder om Jukkasjärvi. Hela området har provtagits geokemiskt med tungmineral och myrkantsprover under sommaren 1980. Resultatet från den geokemiska provtagningen beräknas föreligga först i maj 1981.

8.7 Kovozone

Från Kovozone på kartbladet 30 J Rensjön är det känt att koboltförande svavelkis uppträder i en kraftigt omvandlad albitdiabas. LKAB har undersökt området mer i detalj.

8.8 Kirunagruvan

Enligt uppgift från geologerna vid LKAB i Kiruna, förekommer koboltförande svavelkis som inblandning i magnetiten inom de norra delarna av Kirunagruvan. Inga uppgifter om mängder eller halter föreligger.

8.9 Puttjala

Från bäcken vid Puttjala, söder om samhället Svappavaara, föreligger flera kompakta block med svavelkis som innehåller kobolt (Lilljequist 1980a).

Block nr	Co %	Cu %	Co i pyrit
BNAG 79379	0,15	1,04	
BNAG 79372	0,16	0,40	
BNAC 78158	0,09	0,28	0,09
BNAC 78153	0,20	0,90	0,22
BNAC 78151	0,11	0,05	0,12
BNAG 79359	0,11	1,58	
BNAG 79062	> 600 ppm		0,74

Under sommaren 1980 borrades 5 hål över en kraftig slingrams-anomali som även omfattar det troliga klyftet till de kompakta

svavelkisblocken vid sågbäcken, 500 m längre bort i isrörelse-riktningen. I ett par av borrhälen påträffades också kompakta zoner med svavelkis men med låga halter av kobolt (121 ppm över 5,6 m kompakt svavelkis). Det antas därför att den koboltförande svavelkisen har en mycket ringa utbredning i området vilket skulle betyda att ekonomiska kvantiteter av kobolt knappast kan påträffas inom området Puttjala (Lilljequist 1980b).

8.10 Rovasuanto

På södra sidan av Torne älv, vid Rovasuanto, har ett flertal starkt rostiga block påträffats (Johansson 1980) med kobolthalter på mellan 200 och 500 ppm. Mikrosondundersökningar visar att kobolt tillsammans med nickel finns bundet i mindre mängder i magnetkis och magnetit (0,1-0,2 % i de undersökta mineralkörnen).

8.11 Aijäjärvi

Vid kopparfyndigheten Östra Aijäjärvi har följande kobolthalter framkommit vid analyser av de kopparförande partierna i borrhälsnorna:

Borrhål nr	sektionslängd	intervall	Co %	S %
67001	0,86 m	57,29- 58,15	0,075	
	16,53 m	51,35- 67,88	0,036	
67004	1,78 m	62,20- 63,98	0,05	14,4
	2,97 m	65,23- 68,20	0,075	14,0
67005	1,00 m	51,44- 52,44	0,08	16,4
	1,94 m	69,80- 61,74	0,14	25,5
67006	0,38 m	39,78- 40,16	0,12	23,0
	0,55 m	83,60- 84,15	0,07	15,7
	1,53 m	87,61- 89,14	0,06	11,8
	0,58 m	112,53-113,11	0,06	13,0
68003	1,77 m	124,72-126,49	0,08	22,6
68004	1,09 m	126,52-127,61	0,08	20,1
69002	2,00 m	113,92-115,22	0,07	

Området är endast undersökt med avseende på koppar och ädelmetaller (Nilsson 1971). Ingen systematisk undersökning av kobolt.

i pyriten har utförts i omkringliggande kizoner eller av geokemiska anomalier i anslutning till geofysiska anomalier.

8.12 Jälketkurkkio-Nunasvaara

I anslutning till grafitskiffrarna i stråket Jälketkurkkio-Nunasvaara statsgruvefält har intressanta geokemiska anomalier över elementet Co framkommit. Öster om grafitfyndigheten vid Jälketkurkkio uppträder kraftigt omvandlade albitdiabaser. I ett grävt dike blottas en kraftigt karbonatiserad och breccierad bergart med god kisimpregnation. Från norra delen av diket togs ett prov från ett svavelkisrikt parti vilket vid analys gav 0,14 % Co. Ett knackprov tvärsöver skärpningen (ca 15 m) har givit betydligt lägre snitthalt av kobolt (0,03 % Co och 0,5 % Cu). En kismineralisering i grafitskiffer (magnetkis ?) från en varphög invid ett dike har som resultat givit 0,16 % Co, 1,48 % Ni och 1,6 % Cu. På grund av den utbredda geokemiska anomalin bedöms området som intressant ur prospekteringssynpunkt (Danielsson et al 1980).

8.13 Tievakoski

I borrhål 79003 vid Tievakoski (Gerdin et al 1980) uppvisar två sektioner inom en zon med kompakt magnetkis förhöjda koboltvärden (0,05 resp 0,06 % Co). Det är inte klarlagt om kobolten förekommer bundet till svavelkis eller magnetkis.

8.14 Fjällåsen

Från ett borrhål i området Fjällåsen finns angivet en kobolthalt av 0,05 % i kontaktzonen till en ultrabasisk bergart (Gerdin 1980). Kobolt sitter dels i pyrit (1,2 % Co) och dels i bravoit (18 % Ni och 18 % Co).

8.15 Käymäjärvi

Från grönstenarna vid Käymäjärvi (28 M) påträffades sommaren 1980 ett kisrikt block med 0,05 % Co (BNAG 80167). Inga av andra analyserade block i området uppvisar anomala halter av kobolt varför blockfyndet inte meriterar vidare uppföljning.

8.16 Soursapakka

Vid Soursapakka (28 M) påträffades sommaren 1980 ett block med rik svavelkis som brecciefyllnad (BNAG 80226). Vid analys visade sig blocket innehålla 0,10 % Co och 0,60 % Cu. Området bedöms som intressant för vidare uppföljning.

8.17 Miekojärvi

Från västra sidan av Miekojärvi (26 M 6f) påträffades vid slutet av 1960-talet ett starkt rostande kisblock med grova kristaller av svavelkis. Blocket innehåller 0,38 % Co. Ytterligare två block med anomala Co-halter har påträffats i området. Vid vägskalet vid Miekojärvis västra strand hittades ett block med en tunn spricka med pyrit (BNAG 80110) med 0,07 % Co. Invid ett pegmatitbrott påträffades svavelkis och kvarts med ett innehåll av 0,09 % Co (BNAG 79321). En översiktlig blockletning i området visar att svavelkis mycket sällan påträffas, magnetkis dominerar helt i områdets kishaltiga bergarter.

8.18 Jokkmokks kommun

Under den pågående inventeringen av mineralförekomster inom Jokkmokks kommun har flera block med anomala Co-halter påträffats (tabell 5).

1. Lattakasse (27 I 4 g)

Vid Lattakasse uppträder kopparkis och svavelkis i en gnejs. Boliden Mineral har inmutning över fyndigheten. Prov från fast håll och från block i isrörelseriktningen uppvisar halter på mellan 0,04-0,06 % Co, troligen bundet i svavelkisen. Ett block vid Ällojaure (27 J 0 g) misstänks härröra från samma område och innehåller 0,11 % Co.

2. Pielnejaure (26 J 9 b)

Hällan med grönskarn och kopparkis, svavelkis samt magnetkis har

ett koboltinnehåll som vid en primär analys innehåller över 600 ppm.

3. Larvi (26 J 5 j) och Norvijaur (26 J 8 a)

Från Larvi och Norvijaur rapporteras fynd av arsenikhaltiga block med 0,11 % Co.

4. Norr om Parkijaur (27 I 2 j)

Från en skogsbilväg norr om Parkijaur påträffades ett block (1979) med rik kopparkis och svavelkis i en granitartad bergart. Koboltinnehållet uppgår till 0,13 %.

Ytterligare fynd av koboltanomala block har gjorts inom det område som omfattas av Jokkmokks kommun. En sammanställning av dessa uppgifter pågår, liksom en översikt över geokemiskt anomala områden med avseende på kobolt.

8.19 Nasafjäll

I samband med prospektering efter uran i Nasafjällsregionen togs prover av organiskt bäckmaterial. Vid analyseringen 1978 framkom kraftiga regionala koboltanomaler med upp till 3 000 ppm Co i de inaskade proverna. De anomala proverna ligger huvudsakligen utmed randzonen till Nasafjällsfönstret men även inne i fönstret. I autoktona kvartsiter nära Nasafjälls gamla silvergruvor påträffades uranrika block med anomala halter av Cu, Pb, Mo, Ni, As, Ag och Co. I ett block, med koboltblomma, uppgick kobolthalten till 1,4 %. Det mineraliserade området bedöms emellertid ha begränsad utsträckning och därmed litet ekonomiskt intresse. Under 1980 undersöktes de kraftigaste koboltanomala områdena, i området väster om vägen från Vuoggatjålme till Norge. Varken i block eller håll kunde mineraliseringar med kobolt detekteras. De enda mineraliseringar som påträffades var dels svaga kismineraliseringar i svartskiffer (< 30 ppm Co) och dels kvartsångar med ojämnt innehåll av kopparkis, svavelkis, arsenikkis och bly-silvermineral. Det är fortfarande oklart vad som orsakat de utbredda anomalierna på kobolt i området. Eventuellt kan orsaken vara koboltkontaminerat nedfall från atmosfären, som

tagits upp av det organiska materialet.

8.20 Rappenfältet

Från Rappenområdet, norr om Arjeplog, framkommer 3 områden med koboltanomala block (tabell 6). Samtliga blockanhopningar ligger inom samma miljö av mer eller mindre gnejsomvandlade, röda tuffitiska vulkaniter eller sediment med inslag av lagergångar av grönsten.

TABELL 5. Koboltanomala block från Jokkmokks kommun

ID-nummer	Co %	Cu %	As ppm	Fe ₂ O ₃ %	Kartblad/område
XX68516	0,19	0,06	22	13,7	27 I Jullevare
635	0,08	0,03	-	20,3	27 I Jullevare
BJAA 78009	0,06	0,60	54	9,7	27 J 1 j Messaure
BJAA 78102	0,04	4,00	86	33,6	26 K 3 a Kåpponis
BJAA 78386	0,05	0,42	50	10,4	26 K 7 b Slakka
BJAA 78388	0,06	0,54	286	18,6	26 K 8 a Slakka
BJAA 78402	0,06	0,38	50	11,9	27 J 3 a Parkijaur
BJAA 78620	0,03	0,13	50	14,9	27 K 5 f
BJAA 78633	0,13	4,80	50	13,4	27 I 2 j
BJAA 78900	0,05	0,21	87	30,0	26 J Larveområdet
BJAA 77010	0,11	0,03	>5000	16,3	26 J 5 j Larve
BJAA 79001	0,11	0,18	>5000	16,9	26 J 8 a Norvijaure
BJAA 79010	0,89	0,41	145	33,6	26 J 7 d, Pegmatit Flakaberg
BJAA 79049	0,06	0,55	50	11,6	26 K 7 b
BJAA 79119	0,11	1,10	50	10,9	27 J 0 g, Allajaure
BJAA 79133	0,06	0,65	50	11,8	27 I 4 b, Koberget
BJAA 79332	0,06	0,42	50	12,4	27 I 4 g, Lattakasse
RA 17169	0,05	0,98		3,7	27 I 4 j

1. SV om Märsajaure (26 II 0 i)

Här föreligger block med kvartsit och gnejs som innehåller mellan 0,06-0,11 % Co, 0,25-2,4 % Cu och 4-15 % S.

2. Området öster om Mäskejauresjöarna (26 H 4-5 j)

Inom ett sydligare område förekommer granatförande gnejser med 0,03-0,07 % Co, upp till 1 % Cu. Norr om Vuolle Mäskejaure uppträder kopparkis och svavelkis i förgnejsade vulkaniter med 0,03-0,21 % Co och omkring 1 % Cu.

3. Norr om Tjeggelvas (26 H 8 g)

Norr om Tjeggelvas, strax öster om fjällranden uppträder breccierade grönstenar med lokalt extremt kopparrika och svavelrika block med ett koboltinnehåll på mellan 0,07 och 0,27 %.

8.21 Övrigt

Förutom ovan nämnda fyndplatser har koboltanomala blockprover noterats från följande områden:

Kartblad	Co-halt	Anm
24 L 6 a	0,27 %	I ett arsenikrikt block av sedimentgnejs
25 K 6 i	800 ppm	Tillsammans med 1,4 % As i en gabbro med arsenikrik sprickfyllnad, från området söder om Svartlå.
25 L 3 f	800 ppm	Från en dioritisk bergart från Notträskmassivet. Även höga Ni-halter i blocket.
25 L 7 f	0,89 %	Från en förgnejsad gabbro vid Degerselet. Kobolt ingår troligen tillsammans med Ni i gersdorffit
25 M 3 g	700 ppm	Från gabbbron vid Ö Skogsträsk
25 M 4 f	1000 ppm	Rostig, svavelkisförande gnejs, ca 8 km SV om Kalix
29 I 9 i	0,07 %	Blocket är även anomalt på koppar, silver och guld
28 I 7 e	0,04 %	Blocket är även anomalt på Ag, Au och Cu
30 H Sjangeli		Från Sjangeli koppargruvor har ett block innehållande 15 % Cu även visat sig vara anomalt på kobolt (0,15 %), Tegengren 1924.
29 L 9 a	0,09	Grafithaltig tuffit med jämn kisimpregnation (0,65 % Cu, 29 % S).

TABELL 6. Koboltanomala block från Rappenfältet

ID-nummer	Co %	Cu %	Ni ppm	S %	Kartblad
E 198 B/69	0,13		242		26 H, 5 j
E 198 E/69	0,21	1,90	188		26 H, 5 j
T 1/69	0,04	0,04	15		26 I, 6 a
A L 4/67	0,08	0,15	-	7,9	26 H, 0 i
MF 14/67	0,09	18,00	100	27,1	26 H, 8 g
MF 38/67	0,08	2,00	100	5,4	26 H, 0 i
MF 46/67	0,06	2,40	50	3,6	26 H, 0 i
MF 48/67	0,05	0,20	50	6,9	25 H, 9 i
BG 67	0,18	0,35	300	19,7	26 H, 5 g
BG 7/67	0,07	19,00	100	32,4	26 H, 8 g
EJ 3/67	0,11	3,80		16,6	26 H, 8 g
EJ 8/67	0,27	1,30		6,7	26 H, 8 g
EJ 41/67	0,08	0,25	800	14,9	26 H, 0 i
EJ 42/67	0,11	0,50	350	5,9	26 H, 0 i
LDA 23/69	0,03	1,00	102		26 H, 4 j
MF 3/69	0,03	0,50	145		26 H, 3 h
BG 21/69	0,04	0,50	152		26 H, 4 j
BG 34/69	0,06	1,00	202		26 H, 5 j
TG 22/69	0,04	0,23	112		26 H, 4 j
TG 23/69	0,07	0,76	349		26 H, 4 j
TG 25/69	0,03	1,00	77		26 H, 5 j

9

PRELIMINÄRT RESULTAT AV DATAUTKÖRDA GEOKEMISKA ANOMALIKARTOR ÖVER NORRBOTTEN MED AVSEENDE PÅ ELEMENTET KOBOLT

Geokemiska anomalikartor över elementet kobolt har sammanställts från provtagningsområden inom Norrbotten. Provtagningsmedierna har varit bäcksediment, bäcktory och tungmineral. Provtagningsområdena täcker endast delar av Norrbotten och samtliga analyser har inte kunnat redovisas. Materialet är därför ofullständigt men ger ändå en viss vägledning om vilka områden som kan vara intressanta ur prospekteringssynpunkt för elementet kobolt.

När det fullständiga materialet föreligger kommer en bättre utvärdering av de geokemiska anomalikartorna att utföras.

Över de bäcktorvprovtagna områdena framträder anomala halter av kobolt inom området kring Kiskamavaara, över grönstensbältena på kartbladet 30 J Rensjön, samt mindre markerat över ultrabasisiten vid Keukiskero, de norra delarna av kartbladet 26 I Luvos (spridda anomalier), och i området mellan Slagnäs och Björklund (24 I). Kring Nasafjällsfönstret (26 F, G) framkommer kraftiga anomalier främst i området mellan Vuoggatjålme och Guijaure (se ovan punkt 8.19).

På tungmineralkartan framträder främst grönstensbältena inom kartbladen 30 J Rensjön, 30 K Soppero och 31 K Lannavaara. Ett anomalt område framträder också tydligt över kartbladen 25 H och I samt 26 H. Anomalierna speglar delvis isrörelseriktningen och kan därför härledas från Rappenområdet, norr om Arjeplog, från vilket koboltanomala block är kända (8.20).

På anomalikartan för kobolt från bäcksediment framträder likaså området mellan Hornavan och Tjeggelvas (Rappenfältet) mycket tydligt. Enstaka kraftigt anomala punkter framkommer inom Jokkmokks kommun, söder om sjösystemet Saggat-Skalka (de södra delarna av 27 H och I). Kartbladet 29 K Vittangi uppvisar ett kraftigt och komplicerat anomalimönster. De koboltanomala områdena inom Vittangifälten kommer första att utvärderas senare i vår (1981), när hela det geokemiska materialet från detta område föreligger på aktiva skivminnen. Slutligen framträder ett mindre anomaliområde inom det nordvästra hörnet av kartbladet 24 K Älvsbyn, söder om Svartliden.

Sammanfattningsvis kan man säga att de geokemiska anomalikartorna uppvisar anomaliområden som redan tidigare är kända genom blockfynd. Denna samklang förstärker fokuseringen av den kommande prospekteringen efter kobolt till dessa områden. Förhoppningsvis kan ytterligare regionalt koboltanomala områden framkomma vid nyligen utförda och planerade geokemiska provtagningar.

SYNPUNKTER PÅ FORTSATT PROSPEKTERINGSINSATSER
EFTER KOBOLT I NORRBOTTEN

I Sverige väntas förbrukningen av kobolt att stiga som en följd av ökad kobolthalt i snabbstål och en snabb produktionstillväxt inom hårdmetallsektorn. Motiv för att söka fyndigheter som kan tänkas innehålla brytvärda mängder av kobolt saknas inte. De tidigare kända koboltfyndigheterna i mellansverige är täckta av utmål och inmutningar av gruvbolagen Boliden Mineral, Vielle Montagne, Grängesberg och Fagersta AB. Med tanke på den ringa uppmärksamhet som koboltmineral rönt de senaste årtiondena bedöms emellertid förutsättningarna som goda att påträffa ytterligare fyndigheter i närheten av tidigare kända förekomster eller inom samma geologiska miljö.

Inom Norrbotten har ingen systematisk prospektering efter kobolt utförts. Koboltinnehållet i Kiskamavaarafyndigheten uppmärksammades först sedan kopparinnehållet undersökts. Utifrån den inventering av kända koboltanomala stuffprover som redovisats ovan (kap 8) bedöms följande områden som mest intressanta för en fortsatt prospekteringskampanj.

A Kiskamavaaraområdet

Kiskamavaarafyndigheten, dess närmaste omgivningar samt sträkets fortsättning mot söder har undersökts med sammanlagt 77 borrhål (under åren 1972-80) omfattande totalt 10.681 bormeter. Under hösten 1980 nedsänktes 22 borrhål över de ytliga delarna av fyndigheten. Breda sektioner med halter på omkring 0,1 % kobolt kunde påvisas. Utvärderingen av borrhingsinsatsen är ännu ej slutförd. Det bedöms emellertid som möjligt att påträffa ytterligare koboltrika zoner i berggrunden i närheten av den nu kända mineraliserade kroppen. Öster om fyndigheten uppträder geokemiska och geofysiska indikationer som kan tyda på mineraliserade zoner i berggrunden. Ett område söder om Paurankivaara är likaså intressant att undersöka ytterligare. Här påträffas koboltanomala block med över 1 % Co i pyriten. I anslutning till de mineraliserade blocken framkommer en intressant geofysisk IP-anomali. Mineraliseringen i Kiskamavaarafyndigheten är knuten till en magnetitrik zon i en pyroklastisk sur till intermediär vulkanit, inom den västra delen av en geofysisk magnetanomali. Magnetanomalin

kan följas söderut och motsvarande stratigrafiska led bör undersökas med berrning. Till följd av omfattande uppkrossning av berggrunden är det svårt att skilja mellan vattenförande krosszoner och kisimpregnerade zoner i berggrunden med geofysiska metoder.

B Grönstensstråket längs Tjärrozonen från Maattavaara över Soppero- och Lannavaarabladen till Karesuando

Inom detta grönstensstråk uppträder såväl förkastningszoner som albitdiabasintrusioner inom basiska till ultrabasiska led av Grönstensgruppen, vilka är intressanta kriterier för fynd av koboltförande svavelkiszoner. En geokemisk tungmineralprovtagning uppvisar anomala halter av kobolt i moränen inom kartbladet Soppero och inom delar av kartbladet Lannavaara. Det är inte bekant vilka arbeten som LKAB prospektering bedrivit i området och inte heller om det statliga bolagets geologer närmare undersökt koboltpotentialen i området. I stråkets fortsättning in i Finland och Norge är fyndigheter med koboltförande svavelkis kända.

C Området söder om Jukkasjärvi

I området söder om Jukkasjärvi, på Vittangibladet, har en regional provtagning av myrtorv och tungmineral utförts under fältsäsongen 1980. Analyseringen beräknas klar under våren 1981. I den mån mer utbredda koboltanomala områden framträder på de geokemiska anomalikartorna kommer en uppföljning att äga rum.

D Järnmalmer i Norrbotten

Från Kirunagruvan är det känt (nyligen) att kobolt ingår i svavelkis som uppträder inom malmens norra delar. Ingen systematisk undersökning har utförts av koboltinnehållet i sulfidmineral som åtföljer järnmalmerna i flera av fyndigheterna i norra Norrbotten. Koboltanomala svavelkis är tidigare känd från Vathanvaara järnmalmsfyndighet.

E Soursapakka

Vid Soursapakka på kartbladet 28 M Pajala påträffades under 1980 års fältarbeten kobolthaltiga kisblock. En uppföljning av dessa blockfynd rekommenderas.

F Grafitstråket Nunasvaara-Jälketkurkkio

Omkring grafitstråket Nunasvaara-Jälketkurkkio framkommer en kraftig och utbredd koboltanomali. Koboltförande svavelkis har påvisats inom en karbonatiserad omvandlingszon intill en albit-diabas. Området bedöms som mycket intressant och fortsatta prospekteringsarbeten rekommenderas. LKAB har planer på att bryta grafit i området vilket innebär att väg och maskiner kommer att finnas tillgängliga inom de områden som föreslås undersökta.

G Nasafjäll

De geokemiska anomalierna i utkanterna av Nasafjällsfönstret med avseende på elementet kobolt har inte kunnat förklaras tillfredsställande. Uppföljande geokemiska arbeten rekommenderas därför, speciellt som koboltförande mineraliseringar finns kända från området.

H Rappenfältet

Inom vulkaniska stråk inom Rappenfältet har tre områden med blockfynd innehållande intressanta kobolthalter framkommit. På de regionala geokemiska anomalikartorna framkommer kraftiga anomalier som bedöms härröra från samma områden. Området bedöms som intressant ur prospekteringssynpunkt vad beträffar kobolt och koppar. För närvarande har LKAB optionsrätt över området.

I Sjangeli

Sjangelifönstret i Kaledoniderna omfattar prekambrisk grönstenar med kända kismineraliseringar. Tegengren (1924) omtalar ett fynd av rik kopparkis med 0,15 % Co. Rekognoserande arbeten inom området rekommenderas.

J Jokkmokksområdet

Från Jokkmokks kommun har flera koboltförande block redovisats (tabell 5). Utvärderingen av utförda geokemiska arbeten inom ramen för Jokkmokksprojektet får utvisa om fortsatta prospekteringsarbeten är att rekommendera.

K Området Kalix-Överkalix

Fynd av kisleförande sedimentärgnejser med anomala halter av kobolt från områden inom kartbladen 25 och 26 M motiverar ytterligare rekognoserande arbeten, för att möjliggöra en bedömning av områdets potential av kobolt. Inga moderna geologiska kartor finns över området vilket avsevärt försvårar prospekteringsarbeten inom denna del av Norrbotten.

L Ruutosåive

Inom det olivinrika ultrabasiska massivet Ruutoosåive, på kartbladet Naimakka, har koboltanomala stufprover påvisats 1980. Fortsatta undersökningar, omfattande i första hand geofysiska och geologiska arbeten, är planerade för 1981.

REFERENSER

- Danielson, S., Johansson, L. och Magnusson, J. 1980: Nunasvaaraområdet - sammanställning av sulfidmalmsuppslag och utförda prospekteringsarbeten. Intern rapport SGU/NSG. BRAP 80 054.
- Engineering and Mining Journal, Mars 1980
- Ekström, T. 1978: Koboltförande pyrit i två profiler från Kiskamavaara. Intern rapport SGU/NSG. BRAP 78001.
- 1979: En jämförelse mellan koboltförande pyrit från Outokumpu och Kiskamavaara. Intern rapport SGU/NSG, BRAP 79020.
- Eriksson, B. och Hallgren, U. 1975: Beskrivning till berggrundskartbladen Vittangi NV, NO, SV, SO. SGU ser Af nr 13-16.
- Frietsch, R. 1966: Berggrund och malmer i Svappavaarafältet, Norra Sverige. SGU ser C nr 604.
- Gavelin, S. 1945: A silver-bearing Co-Ni-As-mineralization at the Lindsköld Copper Mine. SGU ser C nr 469.
- Geijer, P. 1918: Det grafit- och järnmalmsförande området vid Vittangi. SGU ser C nr 284.
- 1923: Riddarhytte malmfält. Kungl. Kommerskollegium. Beskrivning över mineralfyndigheter. Nr 1.
- Gerdin 1980: Fjällåsen (Sjaunja). Resultat av utförda prospekteringsarbeten. Intern rapport SGU/NSG, BRAP 80010.
- Gerdin et al 1980: Tievakoski-Airijärvi - resultat av utförda prospekteringsarbeten. Intern rapport SGU/NSG, BRAP 80051.
- Gerdin, P., Persson, G. och Johansson, L 1981: Porfyrstråket Kiskamavaara-Talvimaa. Resultat av utförda prospekteringsarbeten. Intern rapport SGU/NSG. BRAP 81020.
- Gjelsvik, T. 1958a: Albitrike bergarter i den karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge. NGU nr 203.
- 1958b: Epigenetisk kopparmineralisering på Finnmarksvidda. NGU nr 203, pp 49-59.
- Grip, E. och Wirstam, Å. 1970: The Boliden sulphide deposit. A review of geo-investigations carried out during the lifetime of the Boliden Mine, Sweden (1924 - 1967). SGU ser C nr 651.
- Ljung, S. 1974: Adak-Lindsköld- och Brännmyrangruvorna inom Adakfältet. SGU ser C nr 701.
- Johansson, L. 1980: Tolkning av geofysiska mätningar vid Rovasunto. Intern rapport SGU/NSG, FM 8008.

- Krutov, G.A. 1977: Deposits of cobalt. In Ore Deposits of the USSR. Vol II, edited by V I Smirnow. Pitman Publ 1977.
- Lapham, D.M. 1968: Triassic magnetite and diabase at Cornwall, Pennsylvania. In Ridge J.D. , ed., Ore Deposits of the United States, 1933 - 1967 (Graton Sales Volume) V 1 AIME p. 72-94.
- Lilljequist, R. 1980a: Svappavaarafältet - sammanställning av äldre material samt synpunkter på områdets geologiska uppbyggnad och mineraliseringarnas uppträdande. Intern rapport SGU/NSG, BRAP 80036.
- 1980b: Puttjala - resultat av borrhningar 1980. Intern rapport SGU/NSG, BRAP 80060 .
- Lundqvist, Th. 1968: Precambrian geology of the Los-Hamra region, Central Sweden. SGU ser Ba nr 23.
- Malmer och Metaller. Delbetänkand av mineralpolitiska utredningen. SOU 1979:40. Bil 8: Kobolt, pp 499-511.
- Mineral Facts and Problems 1970. Bureau of Mines US Department Bull 650. Horace T. Reno: Cobalt, pp 263-274.
- Nilsson, G. 1971: Östra Äijäjärvi. Intern rapport SGU.
- Offerberg, J. 1967: Beskrivning till berggrundskartbladen Kiruna NV, NO, SV, SO. SGU ser Af nr 1-4.
- Peltola, E. 1976: The geology of the Outokumpu ore deposit. Unpubl. report Outokumpu Oy.
- 1978: Origin of Precambrian copper sulphides of the Outokumpu district, Finland. Econ Geol V 73, pp 461-477
- Persson, G. och Ros, F. 1977: PM gällande kobolthalten i pyrit i kopparmineraliseringen vid Kiskamavaara. SGU intern rapport.
- Persson, G. 1978: Förenklad malmberäkning över Kiskamavaara koppar-svavelkismalm. Intern rapport SGU/NSG.
- 1980a: Kiskamavaara koppar-koboltfyndighet - geologisk beskrivning och kvantitativ beräkning av koppar-koboltinnehållet. Intern rapport SGU/NSG.
- 1980b: Förslag till borrhprogram för Kiskamavaarafyndigheter Intern rapport SGU/NSG.
- Persson, G., Gerdin, P., Lilljequist, R., Johansson, L. och Magnusson, J. 1981: Ainasjärvi - resultat av geokemiska och geofysiska undersökningar samt blockletning och borrhningsarbeten. Intern rapport SGU/NSG, BRAP 81001.
- Plimer, I.R 1977: The origin of the albite-rich rocks enclosing the cobaltian pyrite deposit at Thackaringa, NSW, Australia Mineralia Deposita 12, pp 175-187.

- Routhier et al 1980: La ceinture sud-iberique à amas sulfurés dans sa partie espagnole médiane. Mémoire du BRGM nr 94.
- Sims, S.J. 1968: The Grace mine magnetite deposit, Berks County, Pennsylvania, in Ridge, J.D., ed., Ore Deposits of the United States, 1933 - 1967 (Graton Sales Volume) V 1, AIME p. 108-124.
- Tegengren, F.R. 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. SGU ser C nr 17.
- US Mineral Resources. US Geol prof paper 820. John S Whay et al: Cobalt, pp 143., 1973.
- Welin, E. 1966: Two occurrences of uranium in Sweden - the Los cobalt deposit and the iron ores of the Västervik area. GFF 88, pp 492-508.
- Wyllie, R.J.M. 1979: Cobalt - a research report compiled in the German Federal Republic, by the Federal Institute for Earth Sciences and Raw materials, Hanover, and the German Institute for Economic research, Berlin. Edited and annotated by Robert JM Wyllie, Miller Freeman Publ. Inc.
- Zakrzewski, M.A. et al 1980: Cobalt minerals in the Hällefors area, Bergslagen, Sweden. New occurrences of costibite, paracostibite, nisbite and cobaltian ullmannite. Canadian Mineralogist, Vol. 18, pp. 165-171.
- Ödman, O. 1945: A nickel-cobalt-silver-mineralization in the Laver Copper Mine, N Sweden. SGU ser C nr 470.

