



Mineralmarknaden 2020

Tema: Kobolt

Nytt!

Denna gång med
infografik, resebetraktelse
och expertintervjuer.

SGU Sveriges
geologiska
undersökning

Periodiska publikationer 2021:1

Ändringar genomförda 26 maj 2021

Sidan 36, andra spalten, tionde raden uppifrån. Ändring av namn.

Ny text: Vinberget

Ursprunglig text: Vinliden

© Sveriges geologiska undersökning

Omslagsbild: Till framtidens elfordon kommer stora mängder kobolt att behövas.

Foto: Istockphoto

Medverkande i publikationen: Anders Hallberg, Daniel Larsson, Helge Reginiussen, Jonathan Hamisi, Josefine Sjöberg, Lars Norlin, Mattias Fackel, Peter Åkerhammar, Pontus Westrin, Roger Hamberg och Théo Berthet.

ISSN 0283-2038

Tryck: Elanders Sverige AB

Layout: Lina Rönnåsen, SGU

FÖRORD

Detta är SGUs femtioförsta rapport om mineralmarknaden. Rapportserien mineralmarknaden behandlar ett urval av metaller och mineralprodukter som har ekonomisk betydelse för Sverige. Denna utgåva har temat kobolt. Rapportserien riktar sig till myndigheter, företag, organisationer, studerande och enskilda som har ett intresse av att följa utvecklingen på mineralmarknaderna samt att få en fördjupning kring olika metaller som är viktiga i vårt samhälle. Arbetet är ett led i SGUs uppgift att bland annat följa mineralhanteringen och att informera om utvecklingen.

Denna rapport går igenom ett flertal aspekter – som var i världen det finns kobolt, vilka möjligheterna är för återvinning och olika framtidsscenarier för användningen av kobolt. Hur teknikutvecklingen och omställningen till fossilfria och hållbara samhällen ser ut förändrar behovet av mineral och metaller, i synnerhet kobolt som används i bland annat batterier till elbilar. Rapporten redovisar fakta kring malmbildning, anrikning och användning samt miljö- och hälsoaspekter av brytning av kobolt i världen. De koboltfyndigheter som finns i Sverige redovisas och även landets historiska brytning. I Sveriges berggrund finns många koboltfyndigheter. De är inte stora i ett globalt perspektiv men kan ändå bli viktiga för Sveriges och Europas tillgång till kobolt. Mineralprospektering med fokus på kobolt kan också upptäcka nya tillgångar.

Rapporten har utarbetats av Anders Hallberg, Daniel Larsson, Helge Reginiussen, Jonathan Hamisi, Josefine Sjöberg, Lars Norlin, Mattias Fackel, Peter Åkerhammar, Pontus Westrin, Roger Hamberg och Théo Berthet.

Anneli Wirtén
Generaldirektör

Erika Ingvald
Enhetschef

Innehållsförteckning

Contents

Sammanfattning	5
<i>Summary</i>	
Behov av sällsynt metall skapar geopolitiska problem (grafik)	6
<i>Need for rare metal creates geopolitical problems (graphics)</i>	
Inledning	7
<i>Introduction</i>	
Vad är kobolt?	8
<i>What is cobalt?</i>	
Historia	8
Egenskaper	9
Hur används kobolt?	11
<i>How is cobalt used?</i>	
Kobolt i batterier	12
Substitut	15
Användning och utvinning av kobolt i Sverige	16
Var finns det kobolt?	18
<i>Where can cobalt be found?</i>	
Förekomst	18
Fyndigheter	19
Prospektering	26
Hur mycket kobolt produceras i världen?	28
<i>How much cobalt is produced globally?</i>	
Produktion	28
Var finns det kobolt i Sverige?	33
<i>Where can cobalt be found in Sweden?</i>	
Fyndigheter och tillgångar i Sverige	33
Prospektering i Sverige idag	39

Hur utvinns kobolt?	40
<i>How is cobalt mined?</i>	
Utvinning av kobolt	40
Anrikning av kobolt	41
Omanrikning – utvinning ur anrikningssand	42
Är utvinning och användning av kobolt hållbart?	43
<i>Is the use of cobalt sustainable?</i>	
Återvinning	43
Hälsoeffekter	45
Artisanal och småskalig utvinning av kobolt	46
Resebetraktelse	52
Hur är marknaden för kobolt?	53
<i>How is the market for cobalt?</i>	
Handel och priser	53
Hur kan den framtida utvecklingen se ut?	59
<i>What can the future development look like?</i>	
Efterfrågan och framtidsutsikter	59
Intervjuer om kobolt och framtiden	62
Referenser	66
<i>References</i>	

Sammanfattning

Summary

Kobolt är sedan länge en viktig metall för industri och samhälle, men användningen och efterfrågan på kobolt förändras nu snabbt. Efterfrågan stiger, inte minst inom dess tillämpning i laddningsbara batterier, och diskussionen om var framtidens kobolt ska komma ifrån är högst aktuell. Den här rapporten bidrar med faktaunderlag om kobolt i samhället idag och också om vad framtidens elbilar med batterier av kobolt kommer att betyda för utvinningen och användningen av kobolt.

Sedan början av 1900-talet har inte någon kobolt utvunnits i Sverige och idag bryts inte kobolt i någon svensk gruva. Sista brytningen var 1914 i De Bescheska gruvan i Tunaberg i Södermanland. Totalt har ungefär 300 ton kobolt brutits från svenska gruvor, i synnerhet vid Tunaberg och Gladhammar. Det finns flera kända koboltfyndigheter i Sverige med stor spridning från norr till söder. Kännedomen om brytvärda mängder kobolt i Sverige är dock låg och de inrapporterade siffrorna på svenska koboltfyndigheter visar på relativt små tonnage och låga halter i en internationell kontext. Samtidigt visar bredden på fyndigheter samt historisk brytning att potential finns i svensk berggrund. Ytterligare undersökning behövs för att hitta mer betydande mineraliseringar och i skrivande stund står Sverige ganska långt bort från att ha en inhemsk brytning av kobolt.

Sveriges efterfrågan på kobolt är främst inom stålindustrin, där behovet är över 500 ton om året. I och med starten av Northvolts batterifabrik i Skellefteå ökar dock behovet av kobolt i svensk industri. Fabriken ska ha en planerad kapacitet på 32 000 MWh 2024, vilket kan motsvaras av omkring 6 500 ton kobolt, beroende på vilken batteriteknik som fabriken kommer att tillverka.

Varje år importerar Sverige ca 260 ton helt elektriska fordon (EV, eng. *Electric Vehicle*) till ett värde av 84 miljarder kronor. Dessa bedöms innehålla ca 3 ton kobolt. Till 2030 förutspås mängden av helt elektriska fordon ha ökat till ca 400 000 nya fordon per år, importerade såväl som producerade i landet. Detta kan motsvaras av en mängd kobolt på upp emot 9 000 ton. Det är dock

en mycket vag siffra på grund av osäkerheten kring hur kemin i de framtida batterierna kommer att se ut. Det finns varianter med olika koboltmängder. Sverige importerar även 2 000 ton mobiltelefoner till ett värde av 32 miljarder kronor. Dessa bedöms ha ett koboltinnehåll på 220 ton.

Kobolt utvinns till 90 procent från tio av världens länder. Mer än 60 procent av all kobolt i världen bryts i Demokratiska republiken Kongo medan övriga stora producenter är Kanada, Ryssland, Australien och Kina. Omkring 2 000 ton kobolt bryts i Finland varje år, en andel på strax över en procent av världsproduktionen.

Samtidigt som koboltanvändningen förväntas stiga så har utvinningen av kobolt i DR Kongo uppmärksammas. Utvinningen där är viktig för den globala koboltförsörjningen och en mycket stor del av världens koboltreserver finns i landets berggrund. Majoriteten av utvinningen kommer från storskaliga gruvor som bryts av internationella bolag, men 15–30 procent kommer från så kallad småskalig brytning. I denna utvinning av kobolt arbetar många fattiga och utsatta människor, och hoten mot människa, miljö och samhälle är flera. Denna brytning har uppmärksammas av flera människorättsorganisationer på senare år och ett flertal stämningar har gjorts mot stora teknikföretag.

I denna rapport tas problematiken med småskalig gruvdrift i bland annat DR Kongo upp. Koboltmarknaden i stort diskuteras också, särskilt med betoning på de större flöden som kommer från DR Kongo och Kina och vad detta betyder för ett litet land som Sverige.

Miss a intel!

Denna utgåva av Mineralmarknaden innehåller även några helt nya inslag – som en resebetraktelse från DR Kongo, en informationsgrafik och intervjuer om framtiden med fyra experter.

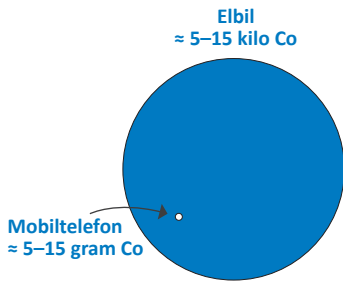
Behov av sällsynt metall skapar geopolitiska problem

Need for rare metal creates geopolitical problems

1. Elfordon driver efterfrågan på kobolt (Co)



Metallen kobolt används i uppladdningsbara litiumjonbatterier till elektronisk utrustning. Behovet av kobolt ökar kraftigt när antalet eldrivna fordon ökar, oavsett vilken framtida batteriteknik som används.



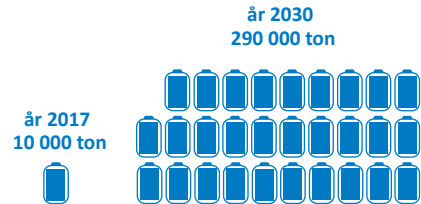
46 %

av världens koboltproduktion används idag i batterier. Övriga 54 % används i bl.a. legeringar, pigment och katalysatorer.

2. Stort behov för bilbatterier

29 gånger

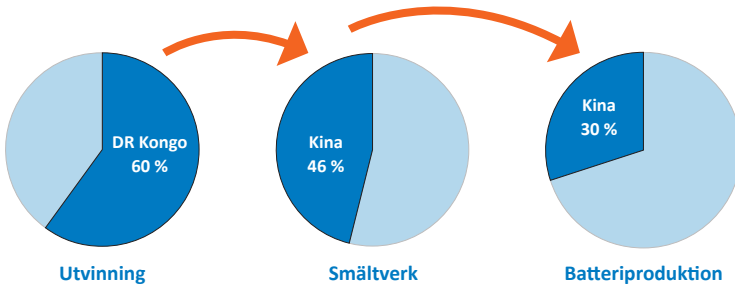
mer kobolt behövs enbart för batterier till elfordon år 2030 jämfört med 2017, om världens energisektor ska uppnå nollutsläpp av växthusgaser till 2060. Förutsatt att batteritekniken utvecklas så att mindre kobolt går åt – annars behövs 39 gånger mer!



Behov av kobolt enbart för batterier till elfordon

3. Risk för störningar i produktionen

Koboltmarknaden domineras av Demokratiska republiken Kongo och Kina. En sådan marknadskoncentration innebär risk för störningar i produktionen.



4. Liten återvinning

5 %

av kobolten i världens litiumjonbatterier återvinns idag. Fram till år 2030 spås andelen tredubblas.

5. Svåra villkor för arbetare inom småskalig utvinning

15–30 %

av den kobolt som produceras i Demokratiska republiken Kongo kommer från småskalig utvinning.

Vilket kan innebära:

- risk för ras
- låga inkomster
- barnarbete
- ohälsosamt stendamm
- långa arbetsdagar
- skador på miljön
- fattigdomsfälla
- kopplingar till rebellgrupper
- korruption

6. Hur kan kobolttekvationen lösas?

Ersätta kobolt i batterier med andra metaller som t.ex. nickel.



Utveckla den småskaliga utvinningen i DR Kongo till reglerad verksamhet.



Öka andelen återvunnen kobolt.



Starta utvinning utanför DR Kongo, exempelvis av europeiska fyndigheter.



Minska beroendet av Kina genom mer spridd raffinaderi- och batteriverksamhet.



Mer hållbar användning av kobolt!

Inledning

Introduction

Metallen kobolt har hamnat i rampljuset de senaste åren. Kobolt nämns i nyheterna, utvinningen kritiseras och tillgången till metallen för batteriteknik i exempelvis elbilar lyfts fram som kritisk. Användningen av kobolt är däremot ingen nyhet. Under mycket lång tid har metallen använts som färgämne och under de senaste hundra åren även i olika metallegeringar. Kobolt är fortfarande mycket viktigt för att tillverka hårdmetall, för användning i medicinska implantat, för att tillverka magneter och som katalysator i kemiindustri.

Kobolt är en viktig råvara i vårt moderna samhälle, men utvinningen i Europa är liten samtidigt som förädlingen och användningen i industrin är mycket stor. Var i världen finns det kobolt? Finns det i Sverige? Hur mycket kobolt återvinns? Kan kobolt ersättas av andra metaller och hur mycket kommer vi att behöva i framtiden? Det är frågeställningar som är aktuella och med informationen i denna rapport hoppas vi på Sveriges geologiska undersökning (SGU) att det blir lättare att svara på de frågorna.

Utgåvan om kobolt är en del i rapportserien Mineralmarknaden som riktar sig till myndigheter, företag, organisationer, studerande och enskilda som har ett intresse av att följa utvecklingen på mineralmarknaderna samt att få en fördjupning kring olika metaller som är viktiga i vårt samhälle. Arbetet är ett led i SGUs uppgift att bland annat följa mineralhanteringen och att informera om utvecklingen.

Läsanvisning

Första kapitlet, *Vad är kobolt?*, beskriver kobolt som grundämne, dess egenskaper och användningsområden samt historia i Sverige.

I kapitel *Hur används kobolt?* finns en mer detaljerad beskrivning av vilka produkter och användningsområden som finns för kobolt. Kapitlet visar hur viktig metallen är i gammal och ny teknik. Ett längre avsnitt redogör för hur kobolt används i batterier och hur batteritekniken utvecklas.

Det tredje kapitlet, *Var finns det kobolt?*, går igenom var i världen kobolt finns och vilka koboltmineral som är vanligast. Kapitlet tar även kort upp var fyndigheter med kobolt bildas och hur man hittar dem. Några fyndighetstyper beskrivs mer detaljerat. Vissa avsnitt i kapitlet har ett vetenskapligt innehåll som riktas främst till de som redan kan en del om geologi.

Därefter ger kapitlet *Hur mycket kobolt produceras i världen?* en kort överblick av var kobolt utvinns och anrikas till användbara produkter. Avsnittet beskriver hur kobolt produceras och förädlas på relativt få platser, och innehåller även en tabell över koboltproduktionen.

Femte kapitlet, *Var finns det kobolt i Sverige?*, innehåller en mer detaljerad genomgång av de koboltfyndigheter som finns i Sverige. Kapitlet innehåller många viktiga vetenskapliga termer och är riktat främst till de som redan kan en del om geologi.

I kapitlet *Hur utvinns kobolt?* beskrivs hur koboltmineral omvandlas till användbara koboltprodukter i anrikningsverk.

Kapitlet *Är utvinningen och användningen av kobolt hållbar?* beskriver kort hur kobolt kan återvinnas och hur utvinning av kobolt påverkar miljö och människa. Större delen av avsnittet berör de hållbarhetsaspekter som är särskilt tydliga i utvinning och handel med kobolt. Småskalig, hantverksmässig utvinning i Demokratiska republiken Kongo får en särskild plats.

Under rubriken *Hur är marknaden för kobolt?* går det att läsa om vilka länder och företag som handlar med kobolt, hur koboltpriset förändras och vilka faktorer som påverkar priset.

Nionde och sista kapitlet, *Hur kan den framtida utvecklingen se ut?*, diskuterar hur teknikutveckling och omställning till fossilfri energiproduktion förändrar koboltmarknaden. Till slut ger även några sakkunniga sin syn på hur vi använder kobolt idag och vad de tror om kobolt i framtiden.



Koppar-koboltmalm från småskalig utvinning i södra Demokratiska republiken Kongo. Foto: Mattias Fackel.

Vad är kobolt?

What is cobalt?

HISTORIA

History

Föreningar av grundämnet kobolt har använts sedan mer än 4 000 år tillbaka som pigment och färgämne. Bland annat har ämnet upptäckts i äldre skulpturer, glas och keramik från Egypten och Kina. Den blå färgen från kobolten, som senare utvecklades och kom att nämnas koboltblå, var det huvudsakliga användningsområdet i flera tusen år. Först i och med industrialiseringen under 1900-talet skiftade användningen till i huvudsak högpresterande legeringar.

Under lång tid bröts kobolt från fyndigheter i Sverige, Norge, Ungern och Tyskland. Det var då ofta i form av koboltglans vilket är en förening mellan

kobolt, arsenik och svavel. Metallen var mycket svår att bearbeta för gruvarbetarna eftersom smältning på traditionellt vis – som med järn, silver och koppar – inte fungerade. Det dröjde till år 1735 innan kobolt först isolerades som ren metall ur mineralet linneit av den svenske kemisten Georg Brandt.

Namnet kobolt kommer från ordet *kobold*, en slags naturande som bor under marken i tysk folktro. Gruvarbetarna misstog ofta koboltglansen för koppar, silver eller andra värdefulla mineral, och när den visade sig värdelös trodde folket att dessa varelser hade tagit de värdefulla ämnena och ersatt dem med så kallad ”koboldmetall”. Eftersom koboltglansen innehåller mycket arsenik blev gruvarbetarna sjuka och ibland



Figur 1. Ren koboltmetall. I naturen förekommer inte ren kobolt men kan framställas i laboratorier och industrier. Foto: Heinrich Pniok/Wikipedia (CC BY 3.0).

Pure cobalt metal. Pure cobalt does not occur naturally but can be produced in laboratories and industries.

döende av de giftiga gaser som uppstod vid smältningen av malmen, vilket också skyldes på dessa naturandar.

Sedan början av 1900-talet har inte någon kobolt utvunnits i Sverige. Då brytningen upphörde hade 4 754 ton koboltmalm utvunnits i Sverige totalt sett enligt uppskattning av Tegengren (1924), vilket som mest motsvarar ungefär 300 ton kobolt. Sista brytningen var 1914 i De Bescheska gruvan i Tunaberg i Södermanland. I Tunabergs gruvor utvanns kobolt mellan cirka 1887 och 1914.

EGENSKAPER

Properties

I sin rena form är kobolt en hård, silvergrå metall (fig. 1), som i likhet med järn och nickel inte mjuknar

före smältning. Kobolt behåller även sina magnetiska egenskaper upp till höga temperaturer. Kobolt är en så kallad karbidbildare, vilket innebär att den kan bilda en förening med kol. Detta används för att ge stål ökad hållbarhet samt korrosions- och värmebeständighet. Kobolt ger dessutom vissa legeringar konstant utvidningskoefficient inom vissa temperaturintervall, vilket betyder att det är enkelt att se hur mycket materialet kommer att expandera när det utsätts för värme. Vissa legeringar med kobolt utvidgas inte alls med varierande temperatur.

Kobolt har förmåga att bilda kemiska komplex vilka bland annat kan ge katalytiska egenskaper, det vill säga öka hastigheten på kemiska reaktioner, vilket används i vissa industriella processer. När kobolt i förening med syre bildar koboltoxid uppstår

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La–Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac–Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	UUb	UUt	UUq	UUp	UUh	UUs	UUo
Lantaniderna:		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Aktiniderna:		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Figur 2. Periodiska systemet, med kobolt markerat i rött.
The periodic table, with cobalt marked in red.

olika komplex som ger olika färg. Detta utnyttjas för att framställa färgpigment från rosa till kraftigt blå, så kallad koboltblå.

Curiepunkt kallas den temperaturgräns där ett ämnes magnetiska förmåga försämras kraftigt. För kobolt ligger Curiepunkten vid 1 150 grader Celsius, vilket är högst av alla grundämnen. Kobolt kan i legering med järn öka dess mättnadsmagnetism, det vill säga punkten där magnetiseringen av ett material inte kan öka mer. Det finns en rad olika legeringar och material där koboltens magnetiska egenskaper utnyttjas.

Det finns bara en naturligt förekommande isotop av kobolt, Co-59 (⁵⁹Co). Isotopen är inte radioaktiv, men genom att utsätta den för strålning, exempelvis i en kärnreaktor, så bildas den radioaktiva isotopen Co-60. Co-60 används i ett antal tekniska och medicinska tillämpningar, bland annat för bestrålning av tumörer med en så kallad koboltkanon. Kobolt används istället för radium, som är mycket dyrare.

Tabell 1. De fysikaliska egenskaperna hos kobolt.
The physical properties of cobalt.

Symbol	Co
Atomnummer	27
Atomvikt	58,93 g × mol ⁻¹
Medelhalt i jordskorpan	2,5 × 10 ⁻⁵ kg/kg
Medelhalt i oceanerna	2 × 10 ⁻¹¹ kg/L
Smältpunkt	1 495 °C
Kokpunkt	2 927 °C
Densitet	8,86 g × cm ³
Viktigaste mineral	Erythrite Skutterudite Cobaltite Carrollite Linnaeite Sphero-cobaltite Kolwezite Heterogenite Absolane



Nära hälften av all producerad kobolt används idag inom den uppladdningsbara batteribranschen och efterfrågan ökar allt mer. För batterierna i ett elfordon behövs omkring 5–15 kg kobolt. Foto: Istockphotos

Hur används kobolt?

How is cobalt used?

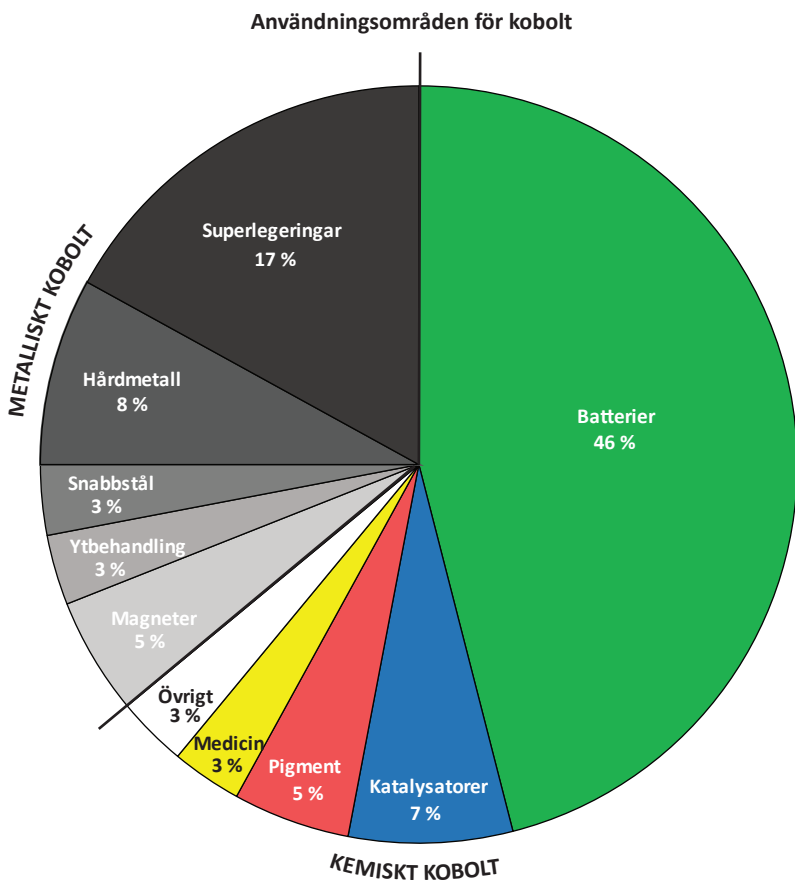
Den nuvarande användningen av kobolt kan delas upp i två delar. Den ena är den metallurgiska användningen i superlegeringar (eng. *superalloys*), hårdmetaller och magneter, vilken utgör en tredjedel av koboltanvändningen. Den andra delen är de kemiska användningarna vilka domineras av den uppladdningsbara batteribranschen. Den laddningsbara batterimarknaden står för närvarande för ungefär hälften av koboltefterfrågan (fig. 3).

Den globala efterfrågan på raffinerad kobolt var ca 98 000 ton under 2016 enligt British Geological Survey (Petavratzi m.fl. 2019). Efterfrågan hade då tredubbats sedan år 2000. Det största användningsområdet för kobolt är som batterikemikalier i litiumjon- och nickel-

metallhybridbatterier. Andra användningsområden är superlegeringar, hårdmetall, magneter och pigment m.m.

Legeringar och superlegeringar (legeringar med högpresterande egenskaper) är ett stort användningsområde för kobolt. Kobolt gör att legeringarna kan bli mycket hårda och hållfasta samt få en hög smältpunkt, vilket efterfrågas i konstruktionen av bland annat jetmotorer, rymdskepp och turbiner. Kobolt har en hög smältpunkt och är ferromagnetisk, vilket betyder att metallen går att magnetisera för att göra permanenta magneter.

Andra användningsområden för kobolt är som komponent i katalysatorer, pigment och inom kemiska processer i olje- och gasindustrin. Ett annat växande användningsområde för kobolt är inom bio-



Figur 3. Slutanvändning av raffinerad kobolt 2015. Med metalliskt kobolt avses kobolt i hårda metaller och legeringar, medan kemiskt kobolt återfinns i kemiska produkter som medicin och batterier. Källa: Joint Research Centre (Alves Dias m.fl. 2018)

End use of refined cobalt 2015. The rechargeable battery market accounts for about half (46%) of cobalt demand.

teknologi, där det används i medicin, tandvård och fermenteringsprodukter.

Efterfrågan på kobolt förväntas växa kraftigt i framtiden på grund av en växande marknad för elektriska fordon med litiumjonbatterier (fig. 4, se även avsnitt *Efterfrågan och framtidsutsikter*).

KOBOLT I BATTERIER

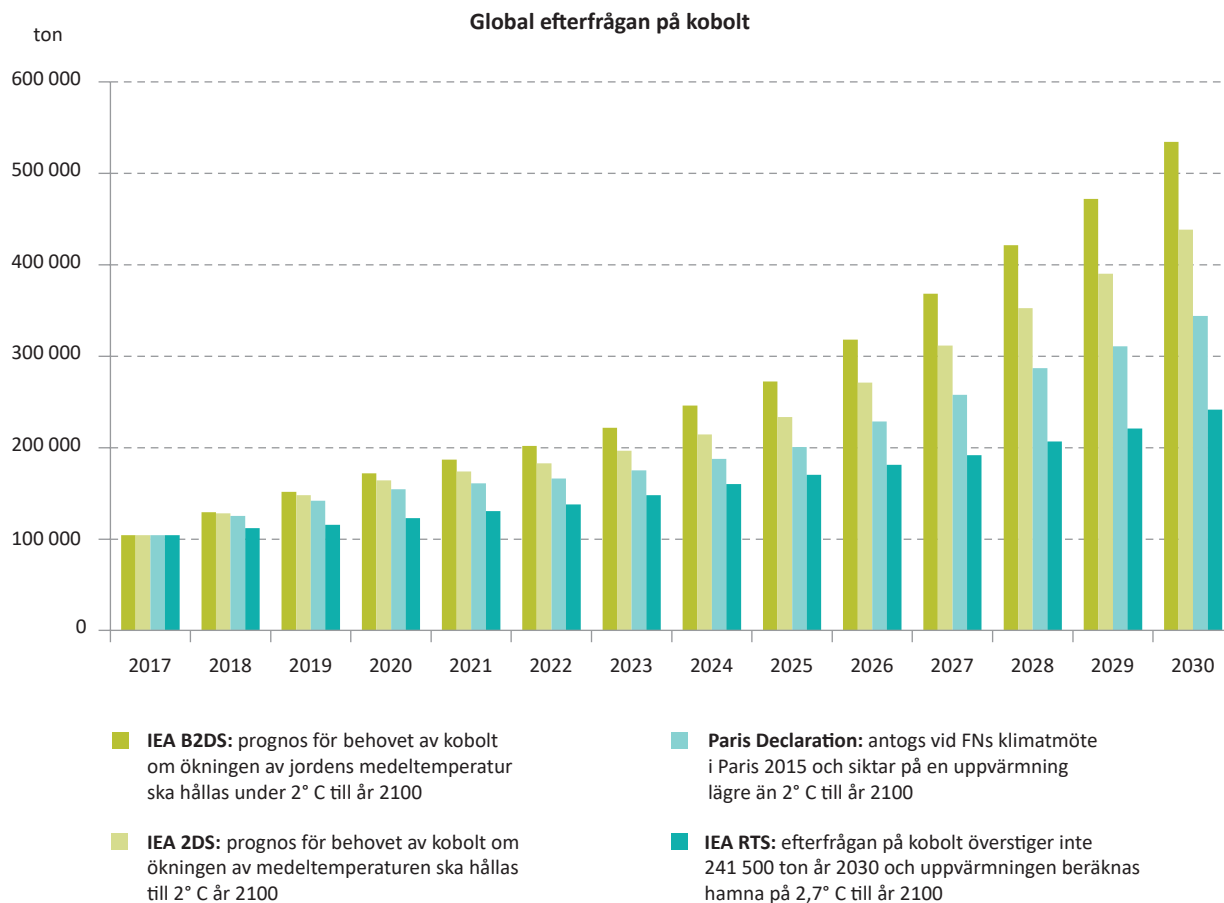
Cobalt in batteries

Uppladdningsbara batterier i elbilar och elektronikprodukter, som exempelvis mobiltelefoner, är ofta av typen litiumjonbatterier. I dessa batterier är det litiumjoner som vandrar genom batteriet vid laddning och urladdning. Batteriets anod (minuspol) består av grafitblandningar och dess katod (pluspol) av litium-metalloxid. De

metaller som finns i katoden tillsammans med litium kan vara kobolt, mangan eller nickel i olika kombinationer.

Batteritypen med det snarlika namnet litiumbatterier ska inte förväxlas med de litiumjonbatterier som beskrivs här. Litiumbatterier, exempelvis små knappbatterier, har litiummetall som anod. De är inte uppladdningsbara, har andra användningsområden och annan sammansättning än litiumjonbatterier.

Kobolt används i katoden för de flesta litiumjonbatterierna, med olika koncentration beroende på vilken typ av katod som används. Litium-koboltoxidkatoder (LCO, eng. *Lithium Cobalt Oxide*) som innehåller ca 60–90 procent kobolt används företrädesvis i konsumentelektronik, medan nickel-mangan-kobolt (NMC, eng. *Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide*) och nickel-kobolt-aluminium katoder (NCA, eng. *Lithium Nickel Cobalt Aluminium Oxide*) innehåller ca 10–30 procent kobolt och



Figur 4. Prognos för efterfrågan på kobolt i världen 2017–2030. Fyra möjliga scenarier för utvecklingen är jämförda. Internationella energirådets (IEA) mest ambitiösa prognos, IEA B2DS, syftar till att hålla jordens medeluppvärmning under 2° C till år 2100. Enligt detta scenario beräknas konsumtionen av kobolt öka med ca 13 procent per år mellan 2017 och 2030. Detta beror främst på det ökade behovet av kobolt i laddningsbara batterier för elbilar. Övriga tillämpningar ökar i mycket mindre takt. Övriga scenarier räknar med en lägre tillväxttakt av efterfrågan på kobolt (se avsnitt *Efterfrågan och framtidsutsikter*). Källa: Joint Research Centre (Alves Dias m.fl. 2018). *Forecast of global cobalt demand 2017–2030. Four possible scenarios are compared. The International Energy Agency's (IEA) most ambitious forecast, IEA B2DS, aims to keep global warming below 2° C by 2100. According to this scenario, cobalt consumption is expected to increase by about 13 percent per year between 2017 and 2030, mainly due to the increased need for cobalt in rechargeable batteries for electric cars. Other applications are increasing at a much slower rate. The other scenarios expect a lower growth rate of demand for cobalt (see section Demand and prospects).*

används mest i elektriska fordon. Olika egenskaper och typer av kemier hos litiumjonbatterier visas i tabell 2 och 3.

Den mest populära litiumjonteknologin för närvarande är litium-koboltoxid (LCO) som har en katod bestående av LiCoO_2 . Hög energitäthet innebär en lång användningstid för bärbara enheter som mobiltelefoner, surfplattor, bärbara datorer och kameror. Katodmaterialet innehåller ungefär 60 procent kobolt. Nackdelar är låg livslängd och relativt låg säkerhets-

prestanda vid varma och kalla temperaturer. LCO-tekniken, liksom de flesta andra batteriteknikerna, förbättras ständigt. För LCO-tekniken fokuserar majoriteten av forskningen på katod- och elektrolytlösningen medan anoden anses väl optimerad.

Litium-nickel-mangan-koboltoxid-batterier (NMC) har en katod som innehåller mellan 10 och 30 procent kobolt. NMC-batterier kan teoretiskt ha samma eller till och med högre kapacitet än LCO-batterier. De

Tabell 2. Egenskaper hos litiumjonbatterier av typen LCO, NCA och NMC. Källa: Cobalt Institute (2021a).
Properties of lithium-ion batteries of the type LCO, NCA and NMC.

	Litium-koboltoxid, LCO	Litium-nickel-kobolt-aluminiumoxid, NCA	Litium-nickel-mangan-koboltoxid, NMC
Katod	LiCoO ₂	LiNiCoAlO ₂	LiNiMnCoO ₂
Spänning (V)	3,7–3,9	3,65	3,8–4,0
Energitäthet (Wh/Kg)	150–240	200–300	150–220
Cykler	500–1 000	500	1 000–2 000
Termisk rusning (°C)	150	150	210
Applikationer	Mobiltelefoner, surfplattor, bärbara datorer, kameror.	Medicinsk utrustning, elmotorer.	Elcyklar, elfordon, medicinsk utrustning.

Tabell 3. Olika typer av kemier i litiumjonbatterier. Källa: Cobalt Institute (2021a), Azevedo m.fl. (2018).
Different types of chemistry in lithium-ion batteries.

Batterityp	Kemisk formel	Koboltinnehåll	Egenskaper	Applikationer
Litium-koboltoxid (LCO)	LiCoO ₂	60 %	Hög kapacitet.	Mobiltelefoner, surfplattor, bärbara datorer, kameror.
Litium-manganoxid (LMO)	LiMn ₂ O ₄	Ingen Co	Hög säkerhet. Lägre kapacitet än LCO, men högre specifik energi och livslängd.	Eldrivna handverktyg, elcyklar, elektriska fordon, medicinsk utrustning.
Litium-järnfostat (LFP)	LiFePO ₄	Ingen Co	Hög säkerhet men hög kostnad.	Elektriska apparater och större elektriska fordon som bussar.
Litium-nickel-mangan-koboltoxid (NMC)	LiNiMnCoO ₂	10–30 %	Hög kapacitet och goda övriga egenskaper som säkerhet, kostnad och livslängd.	Konsumentelektronik och ökad användning i elektriska fordon.
Litium-nickel-kobolt-aluminiumoxid (NCA)	LiNiCoAlO ₂	10–15 %	Hög kapacitet. Får alltmer betydelse inom elektriska drivlinor och energilagring.	Industriapplikationer och medicinsk utrustning.

används i elverktyg, elcyklar och elfordon för dess högre specifika energi och långa livslängd. NMC-batterier har också den lägsta självuppvärmningsgraden av de olika typerna av litiumjonbatterier. På grund av NMC-batteriernas fördelaktiga egenskaper så forskas mycket på denna typ, vilken åtminstone på kort sikt ser ut att ta över mycket av marknaden.

Litium-nickel-kobolt-aluminiumoxid-batterier (NCA) har liknande egenskaper som NMC-batterier, eftersom de också har en hög specifik energi och lång livslängd. Nackdelen med NCA-tekniken är att den är dyr och har lägre säkerhet. NCA-batterier används inom industrin, medicintekniska produkter och även i elmotorer.

Kobolt används även i batterier med nickelmetallhydridteknik (NiMH), i nickelelektroden. Under ladd-

ning oxideras kobolt till kobolthydroxid. I genomsnitt innehåller NiMH-batterier ca 4 procent kobolt.

NiMH-batterier finns i liknande applikationer som litiumjonbatterier, till exempel i elverktyg och även i vissa hybridfordon. NiMH-batterier är billigare än litiumjonbatterier, men har också lägre specifik energi. Andra nackdelar med NiMH inkluderar en hög självurladdning (cirka 50 procent större än nickelkadmiumbatteri, NiCd) och försämrade prestanda vid förhöjda temperaturer.

Teknikutveckling

Litiumjonbatterier för mobila telefoner, bärbara datorer och annan elektronik har hittills drivit den ökade efterfrågan på kobolt, men nu förväntas den huvudsakliga tillväxten på kort sikt att vara kopplad till den

kommande elfordonsboomen. En enkel förklaring är att en telefon i genomsnitt bara innehåller 5–15 g kobolt medan ett elfordon kräver tusen gånger mer, alltså omkring 5–15 kg kobolt.

Industrins oro över priser och tillgång på kobolt påverkar utvecklingen av laddningsbara batterier i och med att man försöker minska användningen av kobolt och öka användningen av substitut. LCO-katoder i hemelektronik ersätts exempelvis gradvis av NMC- och NCA-kemikalier, men även litiumjärnfosfatkatoder (LFP) utan kobolt. Trots det har användningen av kobolt på elfordonsmarknaden ökat de senaste åren eftersom kobolt möjliggör optimal batteriprestanda. Utvecklingen av hybridfordon inledde användningen av litiumjonbatterier och NMC-katoder i batterierna är fortfarande vanliga. En övergång till koboltfri teknik som LFP eller litiummanganoxid (LMO) har inte skett. NMC- och NCA-katoder har fortfarande tekniska fördelar som tillåter hög kapacitet och livslängd tillsammans med ett fördelaktigt pris.

Det finns flera NMC-konfigurationer med olika koboltinnehåll och tekniken bör inom de närmaste tio åren göra det möjligt för batterier med högre nickelinnehåll att ta en växande andel av marknaden. Biltillverkaren BMW använder till exempel idag NMC111 (samma mängd kobolt, mangan och nickel i katoden) för sin i3-modell och planerar att byta till NMC622 (60 % nickel, 20 % kobolt) år 2021. År 2025 förväntar man sig NMC811-batterier (80 % nickel, 10 % kobolt).

Trots att mängden kobolt som används i varje enskilt batteripaket till elfordon förväntas minska, växer efterfrågan på batterier snabbt och försörjningskedjan börjar reagera på den förväntade ökningen (till exempel batterifabriken Northvolt Sweden). Det betyder att en ny försörjningskapacitet för kobolt och nickel kommer att behövas för att möta den växande efterfrågan.

Alternativa och potentiellt revolutionerande tekniker som halvledarbatterier har utvecklats under flera år men har inte ännu förfinats till användning i massproducerade fordon. Bränslecellsfordon och avancerade cellgenerationer som litium-luft och litium-svavel, det mest avancerade batterialternativet till litium-jon, kan fortfarande ha en lång väg att gå innan de når ut på marknaden.

SUBSTITUT

Cobalt substitutes

Kobolt har många användningsområden och applikationer i flera teknikområden och branscher. Även om det ofta används i relativt små mängder så är kobolt ändå en viktig metall som möjliggör teknikutveckling tack vare sina unika egenskaper vid hög temperatur. Att ersätta kobolt med andra metaller kräver en god balans mellan prisskillnad och prestandaförändringar i slutprodukten. Även om det är möjligt att ersätta kobolt i pigment till låg kostnad och utan större förändringar i funktion, skulle substitutionen av kobolt i alla andra sektorer innebära en hög kostnad och/eller förlust av prestanda.

Kobolt används i superlegeringar, exempelvis i flygplanens jetmotorer, på grund av dess höga smältpunkt och överlägsna korrosionsbeständighet vid höga temperaturer. Betydande forskning görs inom området superlegeringar och substitutioner av olika kompositer (sammansatta material) är fullt möjliga – som metallmatriskompositer, armerade kol-kolkompositer, titanaluminider, nickelbaserade enkristallegeringar, järnbaserade superlegeringar och keramiska matriskompositer. Emellertid tar det lång tid att få nya material inom flyg- och rymdindustrin godkända så substitutionsfrekvensen är låg på detta område.

I hårda material för skärverktyg används kobolt som bindemedel. Nickel, nickeltitan, nickel-aluminium, järn eller till och med rutenium är potentiella substitut för kobolt med tillräcklig prestanda.

Kobolt är viktigt i olika magneter, som AlNiCo-magneter och samarium-koboltmagneter, eftersom det kan behålla magnetism vid mer än 1 000 °C. Även om det finns potential för substitution med nickel-järn eller neodymium-järn-borlegeringar har det visat sig vara svårt, speciellt vid högttemperaturapplikationer.

Använt som en katalysator i kemiska processer kan kobolt ersättas med rutenium, molybden, nickel eller volfram vid till exempel hydroavsvavling som avlägsnar svavel från petroleumprodukter. Men få substitut kan matcha prestandan eftersom cirka 50 års forskning har gått ut på att identifiera kobolt som metall i dessa applikationer.

Uppladdningsbara batterier utan kobolt finns tillgängliga och kan användas som substitut för de som innehåller kobolt. Det är exempelvis blybatterier, litium-manganoxid (LMO) eller litium-järnfosfat (LFP).



Elektriskt fordon med låg hastighet i Luoyang, Kina. I Kina drivs denna typ av fordon ofta av blybatterier, men de kommer troligen ersättas av litiumjonbatterier. Foto: Kevauto/Wikipedia (CC BY 4.0)

Low-speed electric car in Luoyang, China. In China, this type of vehicle is often powered by lead-acid batteries, but they will probably be replaced by lithium-ion batteries.

Dessa teknologier har dock ofta sämre prestanda och kapacitet vilket gör att de mest är intressanta för forskning och mindre användningsområden, och inte för till exempel laddningsbara batterier i elfordon just nu. I stället ersätter man delvis kobolt med nickel för att minska, men inte helt eliminera, mängden av kobolt. Emellertid drivs elektriska fordon med låg hastighet (så kallade LSEV, eng. *Low-speed Electric Vehicles*) ofta av blybatterier i Kina och representerar en betydande andel av alla eldrivna fordon som sålts de senaste tio åren. Men eftersom blybatterierna ofta medför säkerhetsrisker och miljöproblem så förväntas lagstiftning komma som förbjuder blybatterier till fördel för bland annat litiumjonbatterier. I västvärlden återvinns däremot ca 97 procent av alla blybatterier (ILZSG 2021).

När kobolt används som pigment kan det ersättas av cerium, acetat, järn, blymangan eller vanadin med liknande prestanda.

ANVÄNDNING OCH UTVINNING AV KOBOLT I SVERIGE

Consumption and mining of cobalt in Sweden

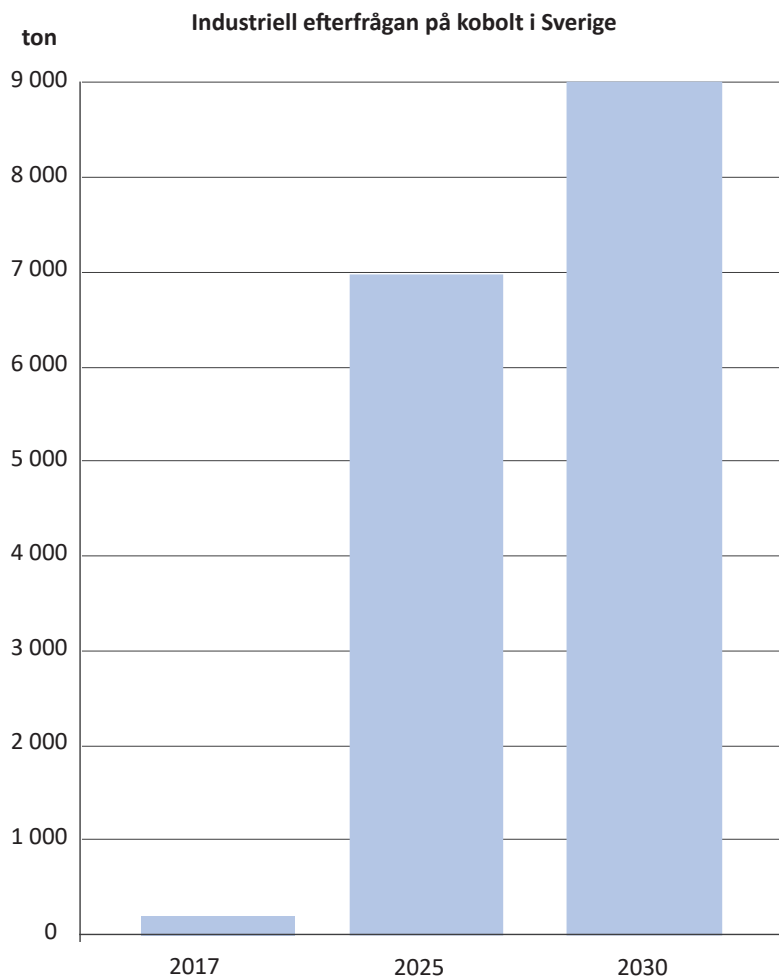
Enligt uppskattning bröts 4 754 ton koboltmalm i Sverige fram till början av 1900-talet, varav det sista under

1914 i Tunabergs gruvor i Bergslagen (Tegengren 1924). Detta motsvarar ungefär 300 ton kobolt. Idag finns ingen brytning av kobolt i Sverige

I dagsläget importerar Sverige mindre mängder kobolt främst till stålindustrin, för framställning av specialstål av hårdmetall och snabbstål. Dessa legeringar används för att framställa skärverktyg, borrar, slitstarka komponenter och liknande. Importen ligger på ca 350 ton koboltråvaror per år. Från Finland importeras 90 ton medan 50 ton kommer från Belgien. Importen består främst av

- koboltskärsten och andra mellanprodukter
- koboltsulfater
- kobolt i obearbetad form
- avfall och skrot av kobolt
- pulver av kobolt
- varor av kobolt.

Sverige har idag ingen produktion av batterier med inslag av kobolt, men produktion vid Northvolts batterifabrik i Skellefteå förväntas starta 2021. Sverige importerar enligt Statistiska centralbyrån ca 13 000 ton litiumjonbatterier per år till ett värde av drygt 1,6 miljarder kronor. Dessa bedöms innehålla 650 ton



Figur 5. Den industriella efterfrågan på kobolt i Sverige kommer att öka under 2020-talet när den planerade Northvolt-fabriken i Skellefteå kommer igång. Siffrorna är osäkra eftersom det inte är känt vilken konfiguration av batterier som kommer att tillverkas. Efterfrågan är beräknad på ett genomsnitt av de två batterityperna NMC 111 och NMC 811. Den senare innehåller mindre än hälften så mycket kobolt. Efterfrågan kan bli något mindre då uppgifter talar för att NMC 811 kommer att användas, med omkring 10 procent kobolt. Källa: SCB Statistikdatabasen 2017 (råvaror), SCB Statistikdatabasen 2018 (mobil och fordon), Joint Research Centre (Alves Dias m.fl. 2018, s. 26).

The industrial demand for cobalt in Sweden will increase during the 2020s when the planned Northvolt plant in Skellefteå starts up. The figures are uncertain as it is not known which configuration of batteries will be manufactured. Demand is calculated on an average of the two battery types NMC 111 and NMC 811. The latter contains less than half as much cobalt. Demand may be slightly lower as information suggest that NMC 811 will be used, with about 10 percent cobalt.

kobolt. Ungefär 50 procent av batterierna kommer från Sydkorea. Övriga typer av batterier där kobolt ingår importeras till en mängd av 2 500 ton och ett värde av 0,4 miljarder kronor.

Varje år importeras till Sverige ca 260 ton helt elektriska fordon (EV, eng. *Electric Vehicle*) till ett värde av 84 miljoner kronor. Dessa bedöms innehålla 3 ton kobolt. Till 2030 förutspås mängden av helt elektriska fordon ha ökat till ca 400 000 nya fordon per år, importerade såväl som producerade i landet. Detta kan motsvaras av en mängd kobolt på upp mot 9 000 ton (fig. 5). Det är dock en mycket vag siffra på grund av osäkerheten kring hur kemin i de framtida batterierna kommer

att se ut. Det finns varianter med olika koboltmängder.

Sverige importerar även 2 000 ton mobiltelefoner till ett värde av 32 miljarder kronor. Dessa bedöms ha ett koboltinnehåll på 220 ton.

Det svenska företaget Northvolt har påbörjat bygget av en batterifabrik i Skellefteå, som beräknas producera ca 32 GWh år 2024 med möjlighet att gå upp till 40 GWh i framtiden. Beroende på vilka typer av batterier som kommer att framställas kan det komma att innebära en årlig efterfrågan på ca 6 500 ton kobolt. Detta förutsatt att nuvarande koboltrika batterikonfigurationerna står sig. Northvolt har tecknat avtal med biltillverkarna Volkswagen och BMW för leverans av batterier.



Vy över omgivningarna kring Tenke-gruvan i Demokratiska republiken Kongo. En mycket stor del av världens koboltfyndigheter finns i landets berggrund. Foto: Mattias Fackel.

Var finns det kobolt?

Where can cobalt be found?

FÖREKOMST

Occurrence

Halten kobolt i jordskorpan är omkring 20 ppm (ppm = miljondelar, 10 000 ppm = 1 %), vilket är lika mycket som litium och bly, men mindre än hälften så mycket som koppar. Det gör att ämnet hamnar på 34:e plats av alla grundämnen med avseende på förekomst. Kobolt är mer förekommande än exempelvis molybden, arsenik och uran.

Det finns många geologiska miljöer med koboltmineral. Mest kobolt kan generellt hittas i basiska och ultrabasiska bergarter som dunit och peridotit,

där genomsnittshalterna är 125–150 ppm (0,0125–0,0150 %). De fyndigheter där koboltmineral utvinns idag har vanligtvis en kobolthalt över 0,05 procent (> 500 ppm) och i de stora koboltfyndigheterna i centralafrikanska kopparbältet är halterna ofta över 0,1 procent (> 1 000 ppm).

Kobolt återfinns primärt i ett trettiotal mineral, där endast ett fåtal är associerade med malmer. Några av de vanligaste koboltmineralen i koboltmalmer är kobaltit, linneit, carrollit, heterogenit, skutterudit och erytrit (tabell 4). Det är dock vanligt att kobolt agerar som substitut i ett flertal mineral och kemiska föreningar, oftast istället för järn och nickel.

Tabell 4. Viktiga koboltmineral.
Important cobalt minerals.

Namn	Mineralklass	Kemisk formel
Erythrite	Arsenat	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Skutterudite	Arsenid	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_3$
Cobaltite	Sulfosalt	CoAsS
Pentlandite-serien	Sulfid	$(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8 - (\text{FexNiy})_{\Sigma 9}\text{S}_8$
Carrollite	Sulfid	$\text{Cu}(\text{Co}, \text{Ni})_2\text{S}_4$
Linnaeite	Sulfid	CoCo_2S_4
Cattierite	Sulfid	(CoS_2)
Sphero-cobaltite	Karbonat	CoCO_3
Kolwezite	Karbonat	$(\text{Cu}, \text{Co})_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
Heterogenite	Oxid	$\text{CoO}(\text{OH})$
Absolane	Oxid	$(\text{Ni}, \text{Co})_{2-x}\text{Mn}(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

FYNDIGHETER

Deposits

Den kunskap som är nödvändig för att hitta platser att utvinna mineral på kommer från forskningen om geologiska miljöer. Det är forskning som försöker beskriva de geologiska processer som bildar stora mängder mineral på en viss plats. För att en fyndighet ska kunna utvinnas utan ekonomisk förlust måste mineralet finnas i tillräckligt hög koncentration. Hur stor koncentration som krävs för att utvinningen ska bli lönsam bestäms av priset på mineralet. En stor efterfrågan på ett mineral ihop med en liten förekomst i jordskorpan innebär ett högt värde och höga priser. När flera mineral utvinns ur samma fyndighet är de ekonomiska förutsättningarna för utvinningen summan av efterfrågan och tillgång för flera mineral. I fallet koboltmineral är de ekonomiska förutsättningarna alltid knutna till efterfrågan och tillgång av även nickel och koppar.

Forskningen om mineralens förekomst tillämpas i mineralprospekteringen. Prospektering är det praktiska arbetet med att hitta mineralfyndigheter – platser där mineral kan utvinnas utan ekonomisk förlust. I tider då koboltpriset är högt ökar värdet av koboltmineralen i en koppar eller nickelfyndighet, och prospekteringsfokus skiftar till kobolt.

Ordlista Glossary

- Metall:** Grundämne med metalliska egenskaper. 80–100 grundämnen hör till metallerna beroende på definition. Metaller förekommer som rena grundämnen eller i kemiska föreningar.
- **Mineral:** En kemisk förening eller ett grundämne med en väldefinierad kemisk sammansättning och en i normala fall ordnad kristallstruktur som bildats genom en geologisk process. Det finns mer än 4 000 olika mineral.
 - **Bergart:** Byggs upp av ett eller vanligen flera mineral. Olika bergarter skiljer sig från varandra genom bland annat mineralsammansättning och inre uppbyggnad.
 - **Mineralisering:** En koncentration av mineral i berggrunden som kan vara av ekonomiskt värde.
 - **Malm, fyndighet, mineraltillgång:** En mineralisering av sådan betydelse att utvinning med ekonomisk lönsamhet kan vara möjlig.
 - **Mineralreserv:** Den del av en mineraltillgång som efter noggrann undersökning är ekonomiskt utvinningsbar.

Prospektering för bara kobolt är sällsynt men alltmer förekommande i takt med att kobolt förutspås bli viktigare i samhället. Fynd av betydande koboltmineraliseringar har i stort sett alltid varit resultatet av nickel- eller kopparprospektering. Kopparprospekteringen i det centralafrikanska kopparbältet har resulterat i de koboltreserver som världen är beroende av idag. Ingen annanstans finns koboltmineral i sådan mängd som där, trots att de stora fyndigheterna upptäcktes vid en tid då efterfrågan på kobolt var liten.

Det finns få kända betydande fyndigheter av kobolt. Figur 6 visar de flesta kända koboltfyndigheterna i världen, deras andel kobolt i procent samt hur stora de är i miljoner ton. Kiskamavaara, som är den största koboltfyndigheten i Sverige, är internationellt sett mycket liten. Figur 7 visar också kända mineraliseringar med kobolt i Europa och Norden. Här anges många av de kända fyndigheterna, men utan hänsyn till storlek eller halter. Kobolt förekommer i huvudsak i fem typer av mineraliseringar:

- Sedimentära fyndigheter där främst koppar och kobolt anrikats i sandstenar, skifferar och dolomiter.

Den här typen av koboltfyndigheter finns i centralafrikanska kopparbältet och är de största landbaserade fyndigheterna av kobolt vi känner till. Exempel är fyndigheterna Mutanda, Tenke, Kamoto, Kisanfu och Étoile, alla i Demokratiska republiken Kongo.

- Lateritmalmer där nickel och kobolt mobiliserats till delar av jordmånen i form av hydroxider och oxider. Utvinns för kobolt i exempelvis Kuba och Nya Kaledonien.
- Mafiska, intrusiva nickel-koppar-koboltsulfidmalmer. Exempel på kända fyndigheter är Sudbury området i Kanada och Kambaldadistriktet i Australien.
- Koboltförande gångar av olika typer, där kobolt anrikats genom vulkaniska och hydrotermala processer. Exempel är bland annat Outokumpu-distriktet i Finland samt Great Bear Lake-området i Kanada.
- Koboltrika noder och sediment i djuphaven, generellt på 4–5,5 kilometers djup. De har bildats över miljontals år genom olika processer på botten av haven. Fyndigheter av detta slag har skapat

Kort om hur malmer bildas

About ore formation

För att en malm ska bildas krävs att flera geologiska förutsättningar och processer samverkar. De malmbildande processerna har gemensamt att de löser, transporterar och avsätter mineral i sådan mängd och koncentration att mineralen kan utvinnas.

De metaller som ingår i malmen finns först i magman under jordskorpan och i många av de mineral som bygger upp jordskorpan bergarter. Metaller cirkulerar också i lösningar i berggrunden – lösningar med varierande kemisk sammansättning och påverkade av olika tryck och temperaturförhållanden.

Malmer med kobolt kan bildas på olika sätt, men ofta samverkar två eller flera processer under lång tid. De olika bildningssätten är

- i samband med magmatiska processer
- när lösningar som cirkulerar i berggrunden avsätter koboltmineral
- när erosion och vittring anrikar koboltmineral i jordmånen och i sediment.

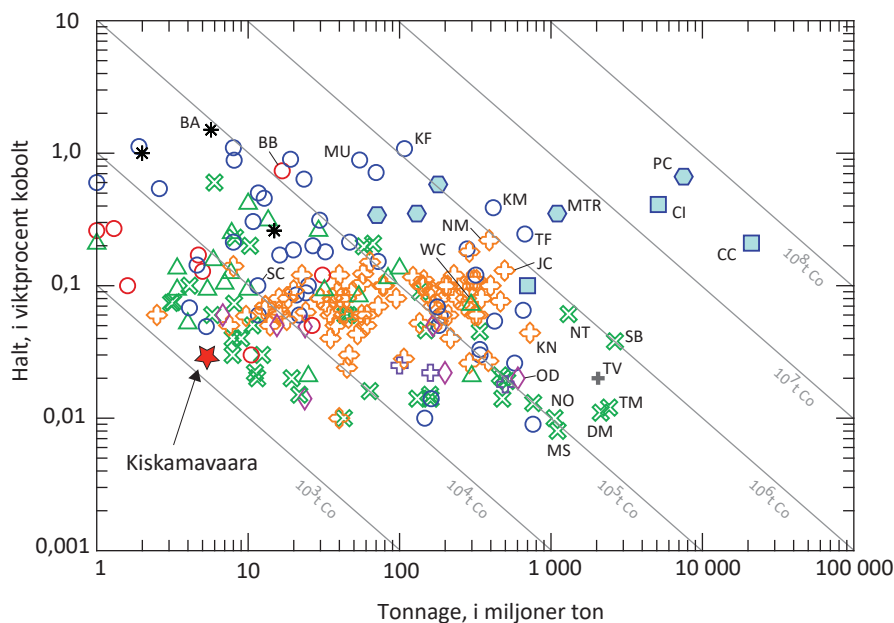
Ordlista

Glossary

- **Sedimentär:** Något som kommer från eller finns i sediment, de partiklar som avsätts i havet eller på markytan och som efter lång tid kan bilda sedimentära bergarter, exempelvis sandsten och kalksten.
- **Hydrotermal:** Något som kommer från eller finns i varma lösningar i berggrunden. Hydrotermala lösningar kan lösa, transportera och avsätta metaller.
- **Intrusiva:** Något som kommer från eller finns i de bergarter som bildats när magma stelnat nere i jordskorpan. Exempel på intrusiva bergarter eller djupbergarter är gabbro och granit.
- **Metamorfa:** Något som har att göra med de bergarter som bildas av andra bergarter under tryck och värme. Exempelvis marmor och gnejs.
- **Magmatiska:** Något som har att göra med de smälta delarna av jordens inre. Magmor kan kylas av och bilda magmatiska bergarter. Exempelvis granit.
- **Mafiska:** Mineral eller bergarter som är mörka och vanligtvis innehåller mycket järn, magnesium och kalcium. Exempel på mafiska bergarter är gabbro och peridotit. Ljusa mineral och bergarter kallas felsiska.

mycket intresse för mineralutvinning på grund av deras höga halter av metaller, bland annat med upp till 1–2,5 procent kobolt, men idag utvinns de inte. Det är oklart hur stora dessa är, men de är troligen mycket större än de kända landbaserade fyndigheterna (Su m.fl. 2020).

Utöver dessa vanligaste och viktigaste malmtyperna finns kobolt även i bly-zinkmalmer i kalksten, sulfidmalmer i ofoliter och svarta skifferar, skarnmalmer, vulkaniska massiva sulfidmalmer samt i hydrotermala sulfidmalmer i impregnationer (ungefär; små spridda korn) och gångar eller av IOCG-typ (järnoxid koppars guld).



Förkortningar

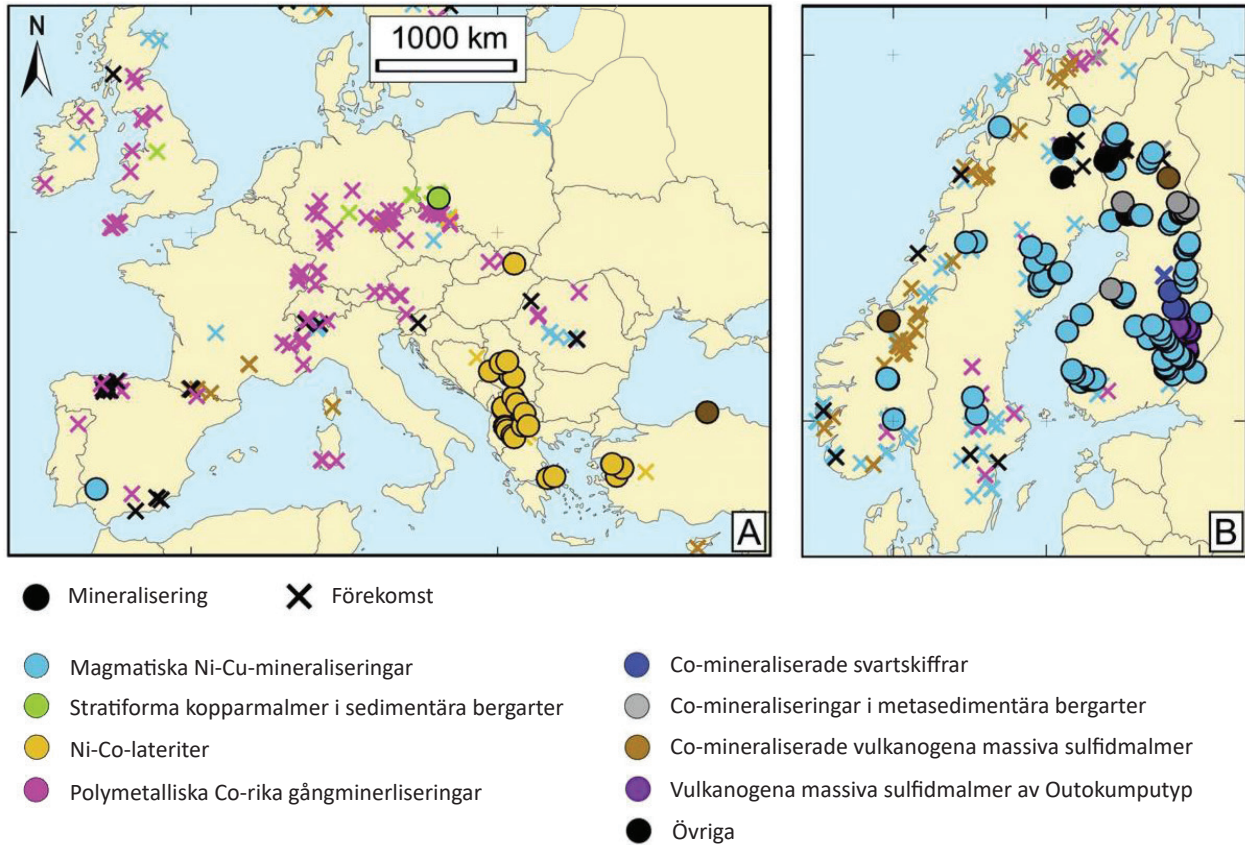
- BA: Bou Azzer (Marocko)
- BB: Blackbird (Idaho, USA)
- CC: Clarion-Clipperton zone (Stilla havet)
- CI: Cook Islands Exclusive Economic Zone (Stilla havet)
- DM: Dumont (Kanada)
- JC: Jacaré (Brasilien)
- KF: Kisanfu (DR Kongo)
- KM: Kamoto-KOV–Musonoi–Mupine deposits (DR Kongo)
- KN: Kalgoorlie Nickel (Australien)
- MS: Mesaba (Minnesota, USA)
- MTR: Maderia-Tore Rise (Atlanten)
- MU: Mutanda (DR Kongo)
- NM: Nkamouna (Kamerun)
- NO: Northmet (Minnesota, USA)
- NT: Noril'sk Talnakh (Ryssland)
- OD: Olympic Dam (Australien)
- PC: Pacific prime crust zone (Stilla havet)
- SB: Sudbury (Kanada)
- SC: Sheep Creek (Montana, USA)
- TF: Tenke Fungurume (DR Kongo)
- TM: Twin Metals (Minnesota, USA)
- TV: Talvivaara (Finland)
- WC: Windy Craggy (Kanada)

Typ av koboltfyndighet

- Sedimentära koppars-kobolt fyndigheter
- ⊕ Nickel-kobolt lateritmalmer
- ⊗ Magmatiska nickel-koppars (kobolt-platinagrupp) sulfidmalmer
- ⊕ Nickel-koppars-zink-kobolt svartskifferar
- ⊕ Järn-koppars-kobolt skarnmalmer
- ◇ IOCG-malmer (järnoxid, koppars, guld)
- Metasedimentära kobolt-koppars-gulds-malmer
- ⊗ Polymetalliska och andra koboltrika gångar
- △ Vulkaniska massiva sulfider
- Järn-mangan-noduler på havsbotten
- ⬢ Järn-mangan-avlagringar på havsbotten

Figur 6. Tonnage och halter i 214 av världens koboltfyndigheter. Tonnage och halter inkluderar produktion, reserver och andra kända tillgångar. Data från publika rapporter och webbsidor. Bokstavsmarkeringarna visar fyndigheter med mer än 500 000 ton kobolt, ett flertal amerikanska fyndigheter, ett antal mindre vanliga fyndighetstyper samt ytterligare några andra exempel. Fyndigheter med mindre än 1 000 ton kobolt visas inte. Diagonala linjer är isolinjer för koboltinnehållet i ton. Med i sammanställningen är också de marina fyndigheter på havsbotten som i dag inte utvinns. Se även Kiskamavaara den största kända koboltfyndigheten i Sverige med en beräknad mineralförekomst, markerad med röd stjärna. Källa: Modifierad från Slack m.fl. (2017).

Tonnage and grades in 214 cobalt deposits worldwide. Tonnage and grades include production, reserves and other known resources. Data from public reports and websites. The letter markings show deposits with more than 500,000 tonnes of cobalt, a number of American deposits, a number of less common deposit types and a few other examples. Deposits with less than 1,000 tonnes of cobalt are not shown. Diagonal lines are isolines for the cobalt content in tonnes. Included in the compilation are also the marine deposits on the seabed that are not mined today. See also Kiskamavaara the largest known cobalt deposit in Sweden with an estimated mineral deposit, marked with a red star.



Figur 7. Karta över Europas idag kända och viktigare koboltmineraliseringar vilka representerar en mängd olika fyndighetstyper (genetiskt klassificerade, alltså efter deras bildningsprocess). Den största potentialen för kobolt bedöms ligga i lateritfyndigheter på Balkan och i Turkiet samt i magmatiska och metasedimentära fyndighetstyper i Norden. Källa: Modifierad från Horn m.fl. (2020).

Known cobalt mineralisations in Europe, which represent a variety of deposit types (genetically classified, ie according to their formation process). The greatest potential for cobalt resources is found in laterite deposits in the Balkans and Turkey, and in magmatic deposits and black shale-hosted deposits in the Nordic countries.

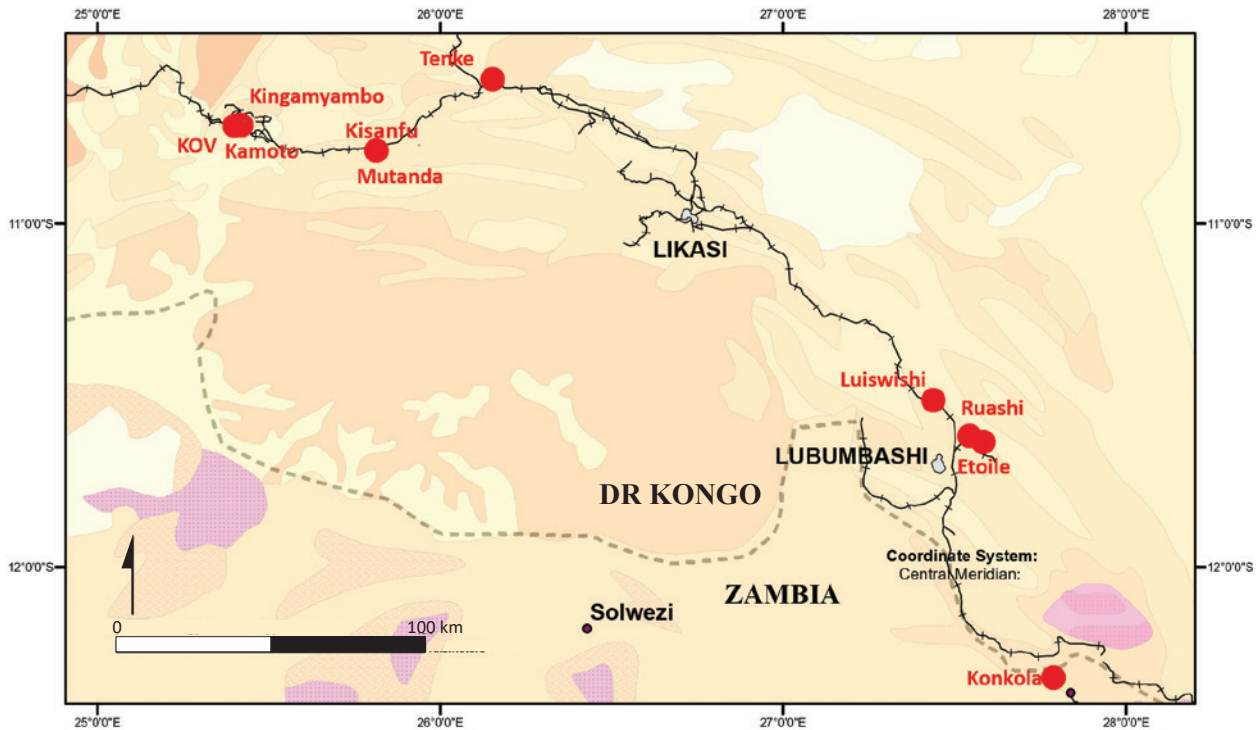
Kobolt förekommer nästan alltid tillsammans med en eller flera av koppar, nickel, uran, guld, silver, zink, bly och jordartsmetaller.

Några av de mest intressanta kända koboltmineraliseringarna finns på havsbotten – i Fe-Mn-noduler och avlagringar samt i aktiva vulkaniska sulfidmalmsbildningar. Metallrika noduler på havsbotten är runda ansamlingar av mineral som bildats under mycket lång tid. De här marina malmtyperna uppskattas innehålla både de högsta kobolthalterna och den största totala mängden kobolt av alla kända koboltmineraliseringar. Det är i nuläget inte ekonomiskt möjligt att utvinna dessa fyndigheter och miljöpåverkan av utvinning på havsbotten är heller inte helt utredd.

Tre av de tidigare nämnda malmtyperna är idag mest betydande för världens kobolttillgångar:

- Sedimentära koppar-koboltmalmer med höga kobolthalter och stora malmer. Dessa är typiska för centralafrikanska kopparbältet och står för mer än hälften av världens koboltreserver.
- Nickel-kobolt lateritmalmer med låga kobolthalter men stora malmer.
- Magmatiska nickel-koppar-koboltmalmer med medelhöga kobolthalter och stora malmer.

Närmare redogörelser för dessa malmtyper presenteras i de följande tre avsnitten.



Figur 8. Några av de viktigaste koboltfyndigheterna i DR Kongo. Kingamyambo är inte en gruva utan anrikningssand med höga kobolthalter. Fyndigheterna KOV och Kamoto ligger i staden Kolwezi. Fyndigheten Konkola längst ned är en underjordsgruva i Zambia. De här koppar-koboltfyndigheterna utvinns i stor industriell skala med småskalig utvinning runt de stora gruvorna och i verksamheter där storskalig utvinning temporärt eller permanent avbrutits.

Some of the most important cobalt deposits in DR Congo. Kingamyambo is not a mine but tailings with high cobalt contents. The deposits KOV and Kamoto are located in the town of Kolwezi. The Konkola deposit at the bottom is an underground mine in Zambia. These copper-cobalt deposits are mined on a large industrial scale with small-scale mining around the large mines and in operations where large-scale extraction has been temporarily or permanently interrupted.

Sedimentära kopparmalmer i centralafrikanska kopparbältet

Koppar- och koboltmalmen i centralafrikanska kopparbältet (fig. 8) är unika på två sätt. För det första är koppar nästan alltid den dominerande metallen i malmen och bara undantagsvis finns uran, zink, nickel, bly och guld som malmmineral. Kopparhalten är mycket höga, nästan alltid över 1 procent och inte sällan över 3 procent. Det andra som gör de här malmen unika är de exceptionellt höga halterna kobolt i både stora och små malmkroppar. Kombinationen av höga kobolthalter och stora tonnage gör malmen i centralafrikanska kopparbältet till de mest betydande för världens koboltreserver.

Koppar- och koboltmineraliseringarna finns här i

svagt till kraftigt omvandlade sedimentära bergarter, i en geologisk miljö som för 500–800 miljoner år sedan var en stor grund havsbassäng, en så kallad riftbildning. Under årmiljonerna öppnades och slöts den och bildade med tiden en bergskedja som efter miljoner år av erosion nu finns kvar som böljande höjder och dalar i gränslandet mellan Zambia och Demokratiska republiken Kongo (DR Kongo). De sediment som avsattes i havsområdet innehåller nu koppar- och koboltsulfider som bildats ur både sedimentära och senare hydrotermala lösningar som innehållit salter, metaller och andra kemiska förutsättningar för transport och fastsättning av sulfidmineral. Det finns få vulkaniska bergarter i kopparbältet men de mycket äldre intrusiva och metamorfa bergarterna under kopparbältets sediment syns

i låga domer, där äldre berggrund lyfts upp, och där de yngre sedimenten eroderat bort.

Sulfidmineralen i kopparbältet har ofta bildats i marmorliknande kalkstenar, i svarta skiffrar med spår av kolväten och järnsulfider eller i kvartsiter och sandstenar. Sulfidmalmen förekommer som impregnationer i vissa sedimentära horisonter eller som breccior och gångar.

De exakta förutsättningarna för malmernas tillkomst studeras fortfarande. Om mineraliseringen i de sedimentära och metamorfa bergarterna har föregåtts av underliggande porfyrrmineraliseringar och/eller malmer av IOCG-typ är inte klarlagt. Om malmbildningen pågått under många faser och mycket lång tid, eller under en kortare geologisk period är inte helt säkerställt.

Koppar- och kobolthalterna är högre på den kongolesiska sidan av kopparbältet, vilket följer den västra halvan av gränsen mellan Zambia och DR Kongo. Koboltmineraliseringen i fyndigheter som Tenke, Kisanfu och Kamoto i DR Kongo är exceptionell och kobolt förekommer där tillsammans med mycket höga kopparhalter. Fyndigheten i Kolwezi som utvinns i KOV- och Kamoto-gruvorna omfattar drygt 400 miljoner ton malm med 4,49 procent koppar och 0,39 procent kobolt (Taylor m.fl. 2010).

De kongolesiska koppar-kobolt-malmerna är i hög grad påverkade av vittring, transport och anrikning av koppar- och koboltmineral i form av sekundära karbonat- och oxidmineral. Stora komplexa brecciasystem, i eller i anslutning till kalkstenar, har genom sekundära malmbildningsprocesser (vittring) bidragit till kopparhalter över 5 procent och kobolthalter nära eller i sällsynta fall över 1 procent.

Kobolt i nickel-lateritmalmer

Laterit är en jordartstyp som består av i huvudsak järn- och aluminiumhydroxider samt lermineral. Lateriten bildas när bergarter vittrar i en tropisk miljö under lång tid. De flesta mineral i den ursprungliga bergarten löses upp av regnvatten, och vittringsresterna – aluminium- och järnhydroxider, oxider och lermineral – blir kvar. I sällsynta fall anrikas processen som bildar laterit också metallmineral. Lateriter som bildats ur aluminiumsilikatiska bergarter kan utgöra aluminiumfyndigheter i form av bauxit. Lateriter från peridotiter eller

Vill du veta mer ...

... om lateritmalmer och kobolt?

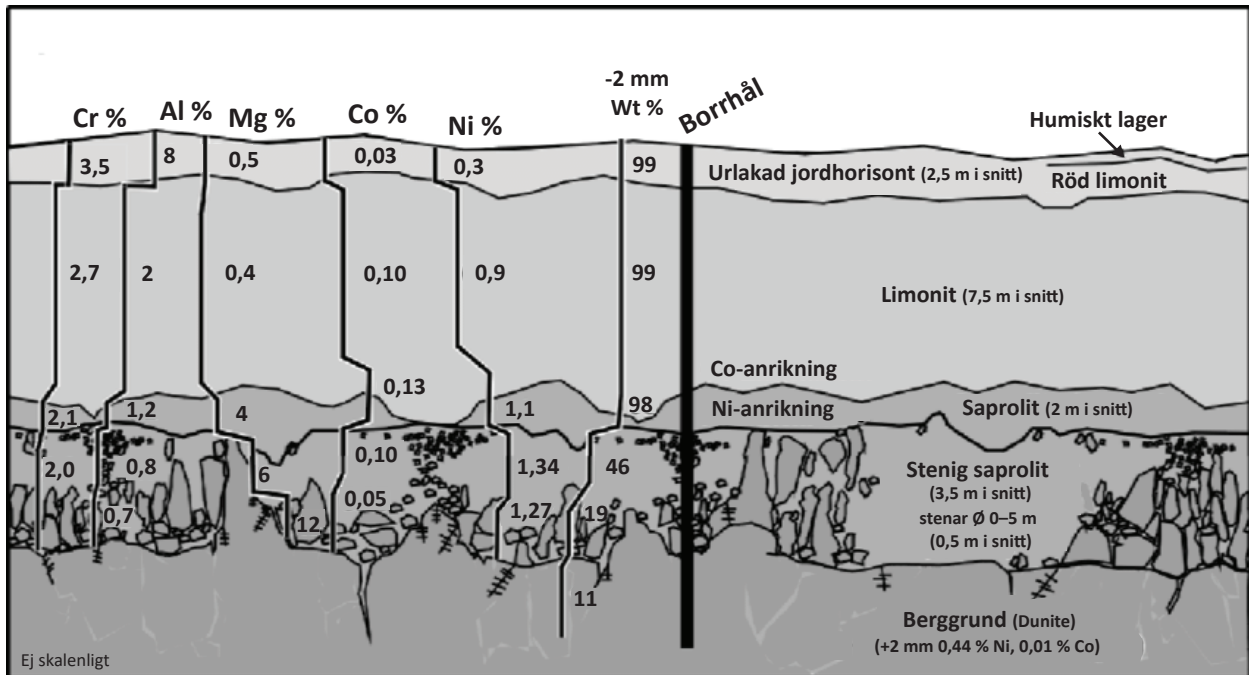
Här finns tips på läsning:

- Marsh, E., Anderson, E. & Gray, F. 2013: *Nickel-Cobalt Laterites – A Deposit Model*. Scientific Investigations Report 2010–5070-H, U.S. Geological Survey
- Herrington, R., Mondillo, N., Boni, M., Thorne, R. & Tavlan, M. 2016: *Bauxite and Nickel-Cobalt Lateritic Deposits of the Tethyan Belt*. I Richards, J. P. (red.): *Tectonics and Metallogeny of the Tethyan Orogenic Belt*. Society of Economic Geologists, INC
- Berger, V., Singer, D., Bliss, J. & Moring, B. 2011: *Ni-Co laterite deposits of the world: Database and grade and tonnage models*. Open-File Report 2011-1058, U.S. Geological Survey.

andra mafiska bergarter kan bilda nickel-koppar-mangan- och koboltmalmer.

Nickel-kobolt-malmer i lateriter är bra exempel på hur flera malmbildande processer samverkar över lång tid för att bilda en malm. Malmbildningen börjar ofta med att magmor med särskilt höga halter av järn, magnesium, nickel och kobolt bildas djupt ner i jordskorpan eller i de spridningszoner som finns mellan jordskorpan plattor. De mafiska bergarterna som bildas här har många metalliska mineral och de uppträder som exempelvis peridotiter, lagrade mafiska intrusiv eller ofiolitkomplex när de i och med jordskorpan rörelser och erosionen exponeras i jordytan.

När de lagrade mafiska intrusiven, peridotiterna eller ofiolitkomplexen påverkas av varma lösningar i berggrunden kan metallmineralen anrikas ytterligare i sin moderbergart eller i omkringliggande bergarter. När de mafiska intrusiven eller ofiolitkomplexen på grund av erosion och jordskorpan rörelser hamnar i jordytan så vittrar de koboltrika mineralen tillsammans med omgivande mineral. Om vittringen pågår under mycket lång tid, i en varm och fuktig miljö och där koboltmineralen bildar sekundära och stabila mineral samtidigt som omgivande mineral vittrar bort så anrikas kobolt och nickel tillsammans med järn och aluminiumhydroxider och lermineral till en lateritmalm (fig. 9).



Figur 9. Profil genom en lateritmalm med kobolt i Ramufyndigheten, Papua Nya Guinea. Lateritprofilens huvudsakliga lager är illustrerade med minskande grad av vittring ned till det underliggande berget. Illustrationen visar hur metallhalterna varierar i den extremt vittrade jordprofilen och var kobolthalterna är högst. Källa: Modifierad från Queen m.fl. (2001).

Profile through a laterite ore with cobalt in the Ramu deposit, Papua New Guinea. The main layers of the laterite profile are illustrated with decreasing degree of weathering down to the underlying rock. The illustration shows how the metal levels vary in the extremely weathered soil profile and where the cobalt levels are highest.

Kobolt i lateritmalmerna finns i huvudsak i oxidmineral av nickel eller mangan. Mineralen med kobolt i lateritmalmerna är ofta svåra att anrika och anrikningsprocessen kostsam.

Viktiga lateritmalmer med kobolt finns på Kuba, i Australien och i Nya Kaledoniderna (fig. 10). I Europa finns kobolt i lateritmalmer på Balkanhalvön, men ingen kobolt utvinns ur de europeiska lateritmalmerna.

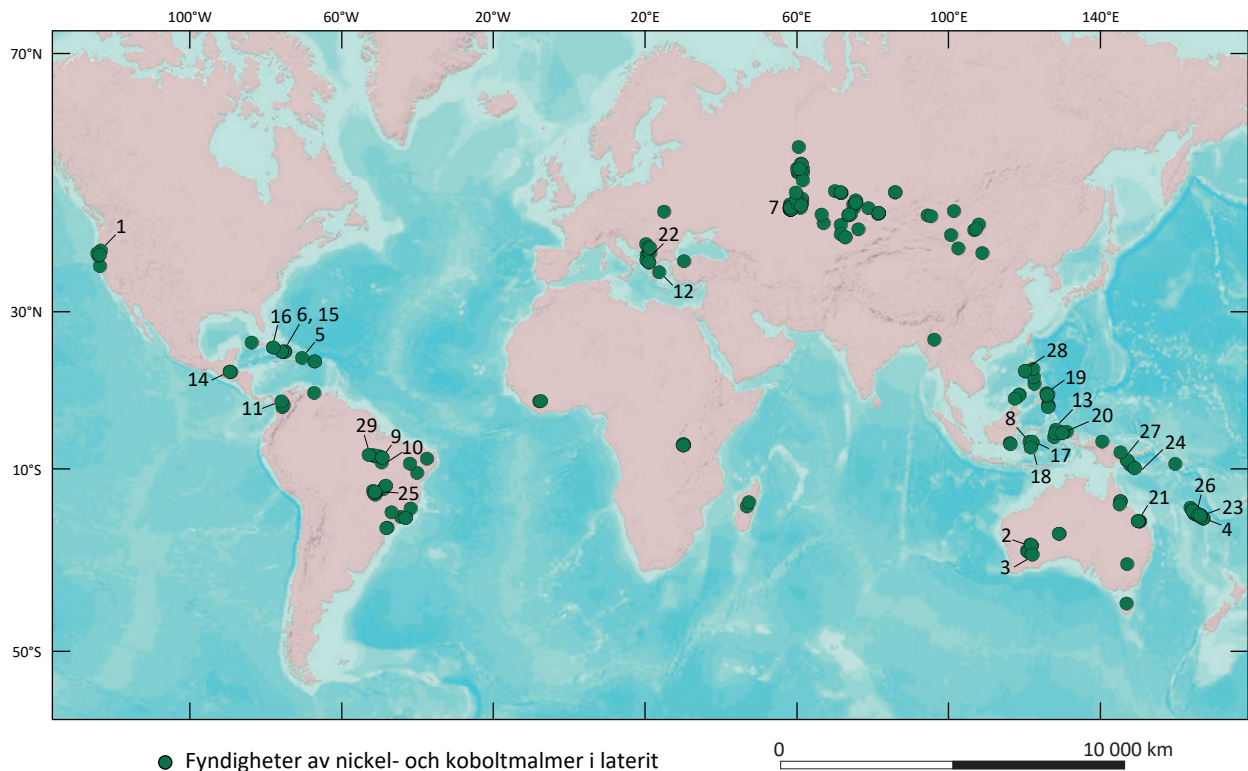
Magmatiska kobolt-nickel-malmer

Malmer i magmatiska bergarter, resultatet av i huvudsak magmatiska processer, är viktiga för nickel, koppar, platinagruppens metaller och krom. I många av de magmatiska nickelmalmerna finns också kobolt i de malmmineral som innehåller nickel eller som koboltmineral. De mafiska och ultramafiska magmatiska bergarterna karakteriseras av många järn- och magnesiummineral, en mörk färg och av bildningssättet djupt nere i jordskorpan eller som vul-

kaniska bergarter. Exempel på de ultramafiska bergarterstyperna är dunit, peridotit, komatiit och pyroxenit.

Malmmineral med kobolt, som pentlandit och linnaeite, finns i högre koncentrationer i delar av den mafiska bergartskroppen på grund av magmatiska processer, men även som resultatet av senare hydrotermala processer (cirkulerande lösningar i jordskorpan). När en magma utvecklar mer svavelrika delar så anrikas nickel, kobolt och platinagruppmetaller där i sulfidmineralrika lager. Det är många mekanismer som samverkar när magmatiska nickel-kobaltmalmer bildas. Mineralens densitet, magmans kemi och ibland yttre faktorer som kraftiga meteoritnedslag (Sudbury och Bushveld) samverkar för att bilda sulfidrika malmer i de mafiska bergarterna.

Viktiga magmatiska malmer med kobolt finns i nickelmalmerna i Sudbury och Voisey's Bay i Kanada, Norilsk i Ryssland och i platinagruppmalmen i Bushveldkomplexet i Sydafrika.



Förklaring

- | | | | | | |
|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 1. Nickel Mountain | 6. Moa Bay | 11. Cerro Matoso S.A. | 16. San Felipe | 21. Marlborough | 26. Kouaoua |
| 2. Murrin Murrin | 7. Nowo Akkermann | 12. Evia | 17. La Sampala | 22. Devolli | 27. Ramu |
| 3. Cawse | 8. Soroako | 13. Halmahera/Weda Bay | 18. Pomalaa | 23. Thio | 28. Acoje/Zambales |
| 4. Goro | 9. Serra dos Tapas | 14. Exmibal | 19. Taganito/Adlay | 24. Wowo Gap | 29. Jacaré |
| 5. Falcondo | 10. Valedos Sohnos | 15. Pinares de Mayari | 20. Gag Island | 25. Santa Fe | |

Figur 10. Fyndigheter av nickel- och koboltmalmer i laterit. Nickel-lateritmalmer förekommer ibland med kobolt, i stora fyndigheter med mycket låga kobolthalter. Källa: Modifierad från Marsh m.fl (2013).

Deposits of nickel and cobalt ores in laterite. Nickel laterites with cobalt are sometimes found in large deposits with very low cobalt contents.

PROSPEKTERING

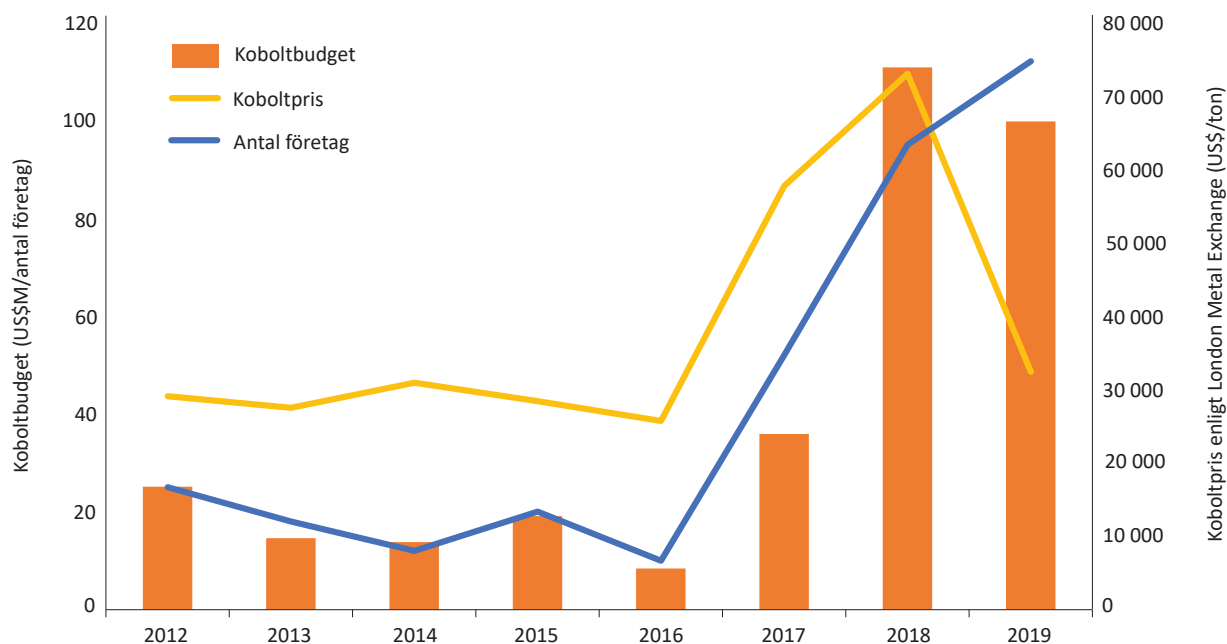
Exploration

En snabb uppgång av koboltpriset 2017 och första kvartalet 2018 ledde till en stark uppgång i antal planerade prospekteringsprojekt inriktade mot kobolt. Enligt data från S&P Global Market Intelligence ökade prospekteringsbudgetarna med 1 200 procent från 8,4 miljoner USD år 2016 till 110,8 miljoner USD år 2018 (fig. 11). Koboltpriset ökade med över 300 procent under samma period. En efterföljande minskning av kobolt-

priset under 2018 och 2019 åtföljdes av en minskning av prospekteringsbudgetar med 10 procent.

Även om Demokratiska republiken Kongo har de absolut största koboltreserverna så prioriterar prospekteringsföretagen länder som Australien och Kanada för att hitta koboltfyndigheter. Det är länder med mindre politisk och ekonomisk risk, och där all mineralutvinning är reglerad och industriell. Australien låg 2019 på första plats med ett anslag på 34,1 miljoner USD för prospektering av kobolt inom landet. Kanada låg på andra plats med ett anslag på 15,4 miljoner USD.

Prospekteringsbudget och koboltpris



Figur 11. Diagrammet visar antal företag som prospekterar efter kobolt, företagens budget för prospektering av kobolt 2012–2019 samt koboltpris (enligt London Metal Exchange, LME). Data från 4 november 2019. LME koboltpris för 2019 är ett genomsnitt för tio månader, från 1 januari till 31 oktober. Källa: S&P Global Market Intelligence.

Diagram showing the number of companies exploring for cobalt, the companies' budget for exploring cobalt 2012–2019 and the cobalt price (according to the London Metal Exchange, LME). Data from 4 November 2019. The LME cobalt price for 2019 is an average for ten months, from 1 January to 31 October.

Vill du veta mer ...

... om kobolt i världen?

Här finns tips på läsning:

- Petavratzi, E., Gunn, G. & Kresse, C. 2019: *Commodity review: Cobalt*. British Geological Survey.

På tredje och fjärde plats kom DR Kongo respektive Kina (S&P Global Market Intelligence).

De små prospekteringsföretagens, så kallade juniorföretagens, prospekteringsbudgetar minskade med 12 procent under 2019. De står ändå för 73 procent av den globala budgeten för koboltprospektering. Större och mellanstora företag är mer fokuserade på primär koppar- och nickelproduktion där kobolten är en biprodukt.

Vill du veta mer ...

... om kobolt i Europa?

Här finns tips på läsning:

- Alves Dias, P., Blagoeva, D., Pavel, C. & Arvanitidis, N. 2018: *Cobalt: demand-supply balances in the transition to electric mobility*, EUR 29381 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-94311-9, doi: 10.2760/97710, JRC112285
- Horn, S., Gunn, A.G., Petavratzi, E., Shaw, R.A., Eilu, P., Törmänen, T., Bjerkgård, T. Sandstad, J.S. Jonsson, E., Kountourelis, S. & Wall, F., 2020: *Cobalt resources in Europe and the potential for new discoveries*. Ore Geology Reviews, Volume 130, 25 s. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103915>



Transportband vid bearbetningsanläggning. Koboltproduktionen har ökat stadigt de senaste 25 åren. Bara mellan 2009 och 2010 skedde en stor ökning och den globala produktionen steg ca 40 procent till 110 000 ton. Foto: Istockphotos

Hur mycket kobolt produceras i världen?

How much cobalt is produced globally?

PRODUKTION

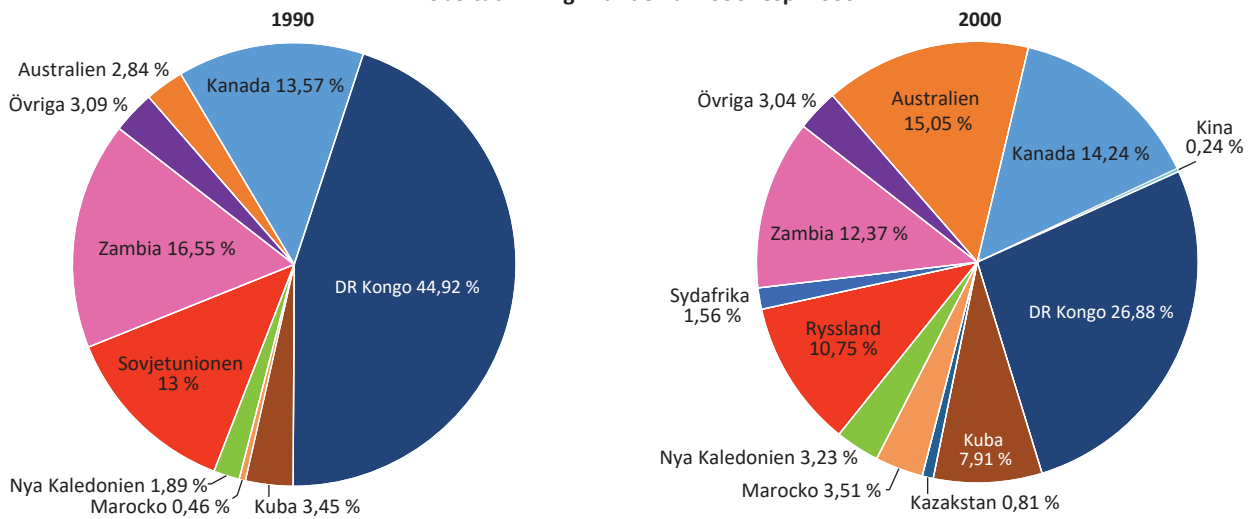
Production

Koboltproduktionen är begränsad till ett fåtal länder. Enligt U.S. Geological Surveys mineralårsrapporter (USGS 2021) var det bara 14 länder som producerade kobolt i början av 1990-talet. Demokratiska republiken Kongo dominerade produktionen med ca 45 procent (fig. 12) av den totala världsproduktionen följt av Zambia (ca 17 %), Kanada (ca 14 %) och Sovjetunionen (ca 13 %). Från 1991 fram till början av 2000-talet sjönk koboltproduktionen i DR Kongo betydligt, till ca 27 procent av den globala produktionen, på grund

av ekonomins kollaps och den politiska instabiliteten i landet. Men nya aktörer kom in på marknaden och sex länder stod för ungefär 87 procent av världens gruvkoboltproduktion – DR Kongo, Australien, Kanada, Zambia, Ryssland och Kuba (fig. 12).

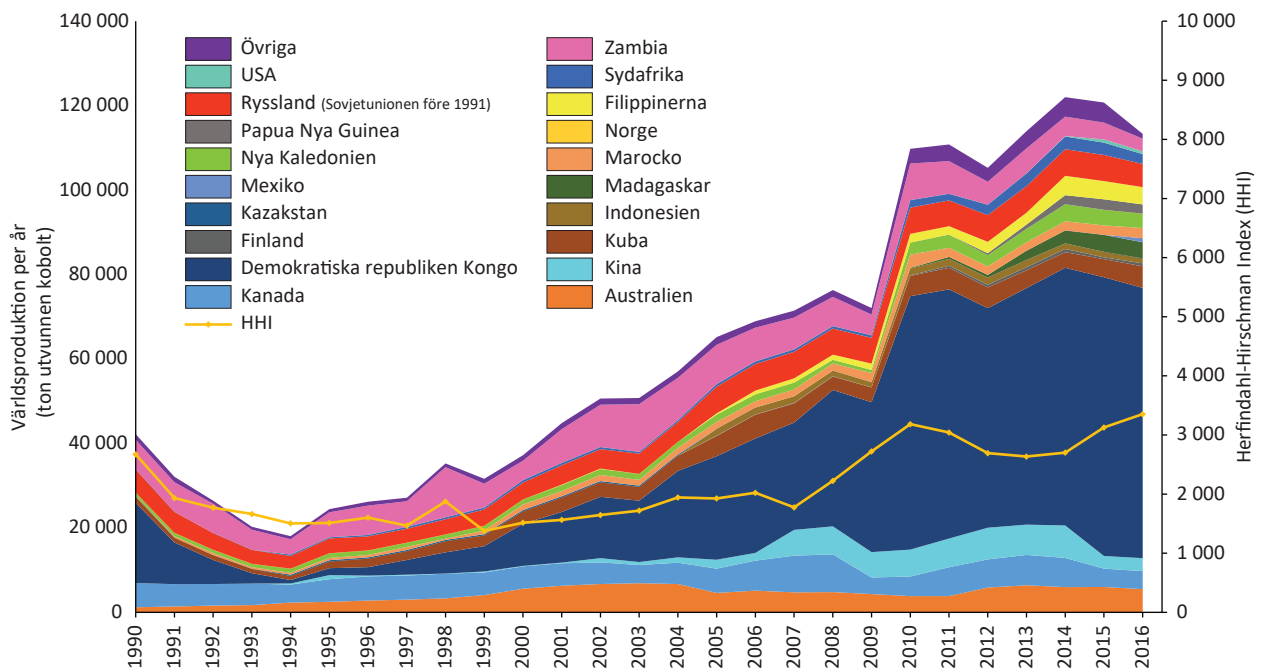
Sammantaget har koboltproduktionen ökat stadigt under de senaste 25 åren (tabell 5 och fig. 13). Trots en avmattning och minskning under 2009 samtidigt med internationella finansiella kriser, såg året 2010 en kraftig ökning med ca 40 procent av den globala produktionen vid den tiden. I och med det ökade den globala produktionen från 72 100 ton till 110 000 ton. Tabell 6 visar koboltutvinningen i Europa 2019.

Koboltutvinning i världen år 1990 resp. 2000



Figur 12. Koboltutvinning från gruvor i världen år 1990 respektive 2000 fördelat på produktionsländer i procent. I posten Övriga ingår Albanien, Botswana, Brasilien, Vietnam och Zimbabwe. Källa: U.S Geological Surveys årsrapporter 1994–2016 (USGS 2021).
World cobalt extraction from mines in 1990 and 2000, respectively, by country of production in percent. The item Other (purple) includes Albania, Botswana, Brazil, Vietnam and Zimbabwe.

Koboltproduktion i världen 1990–2016



Figur 13. Världsproduktion av kobolt per land från 1990–2016. I posten Övriga ingår Albanien, Botswana, Brasilien, Vietnam och Zimbabwe. Figuren visar även Herfindahl-Hirschman Index (HHI) som är ett mått på hur produktionen inom en marknad koncentreras till ett fåtal länder. Källa: U.S Geological Surveys årsrapporter 1994–2016 (USGS 2021).
World production of cobalt per country 1990–2016. The item Other (purple) includes Albania, Botswana, Brazil, Vietnam and Zimbabwe. The figure also shows the Herfindahl-Hirschman Index (HHI), which is a measure of market concentration.

Tabell 5. Gruvproduktion av kobolt efter länder och år, angivet i ton kobolt. Posten Totalt är avrundad till närmaste hundratal. Källa: U.S Geological Surveys årsrapporter 1994–2016 (USGS 2021).

Mining production of cobalt by country and year. The item Total is rounded to the nearest hundred.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Albanien	600	600	20	10												
Australien	1 200	1 400	1 600	1 700	2 300	2 500	2 800	3 000	3 300	4 100	5 600	6 300	6 700	6 900	6 700	4 590
Botswana	205	208	208	205	225	271	408	334	335	331	308	325	269	294	223	326
Brasilien	400	400	400	400	400	400	400	400	400	700	900	1 003	1 099	1 097	1 236	1 400
Kanada	5 740	5 270	5 100	5 110	4 265	5 339	5 714	5 709	5 861	5 323	5 298	5 326	5 148	4 327	5 060	5 767
Kina					270	980	190	200	40	250	90	150	1 000	700	1 260	2 100
DR Kongo	19 000	9 900	5 700	2 460	826	1 647	2 000	3 500	5 000	6 000	10 000	12 000	14 500	14 500	20 500	24 500
Kuba	1 460	1 120	1 150	1 030	972	1 591	2 011	2 082	2 665	2 537	2 943	3 425	3 442	3 274	3 554	4 798
Finland																100
Indonesien																1 600
Kazakstan					300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	
Madagaskar																
Mexiko																
Marocko	194	325	461	397	419	537	565	714	287	863	1 305	1 242	1 453	1 391	1 600	1 600
Nya Kaledonien	800	800	800	800	1 000	1 100	1 100	1 000	1 000	1 100	1 200	1 400	1 400	1 400	1 400	1 769
Norge												100	100			
Papua Nya Guinea																
Filippinerna																300
Ryssland (Sovjet före 1991)	5 500	5 000	4 000	3 300	3 000	3 500	3 300	3 300	3 600	3 900	4 000	4 600	4 600	4 800	4 700	6 300
Sydafrika					358	288	350	450	435	450	580	560	520	400	460	620
USA																
Vietnam																
Zambia	7 000	6 990	6 910	4 750	3 600	5 908	6 959	6 043	11 900	5 640	4 600	8 000	10 000	11 300	10 000	9 300
Zimbabwe	102	105	80	90	100	80	95	100	138	121	79	95	99	79	59	100
Totalt	42 300	32 500	26 800	20 600	18 000	24 400	26 200	27 100	35 300	31 600	37 200	44 800	50 600	50 800	57 100	65 200

Tabell 5. Fortsättning.
Continued.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Albanien											
Australien	5 130	4 730	4 780	4 340	3 852	3 848	5 870	6 410	5 978	6 000	5 500
Botswana	303	242	337	270	272	149	195	248	196	316	281
Brasilien	1 100	1 311	1 215	1 200	3 139	3 623	2 900	3 500	3 828	3 800	300
Kanada	7 115	8 692	8 953	3 919	4 636	6 836	6 676	7 168	6 907	4 339	4 245
Kina	1 840	6 100	6 630	6 000	6 380	6 800	7 500	7 200	7 700	3 000	3 100
DR Kongo	27 100	25 400	32 300	35 500	60 000	59 000	52 000	56 000	61 000	66 000	64 000
Kuba	5 602	4 540	3 175	3 500	4 800	5 100	4 900	4 200	3 700	4 300	5 100
Finland	100	115	105	27	140	500	635	750	770	440	690
Indonesien	1 600	1 600	1 300	1 200	1 600	1 600	1 700	1 700	1 300	1 300	1 200
Kazakstan											
Madagaskar					165	500	630	2 200	3 100	4 000	3 800
Mexiko											980
Marocko	1 500	1 600	1 700	2 200	3 110	2 160	2 000	2 000	2 150	2 250	2 400
Nya Kaledonien	1 629	1 620	869	719	2 850	3 100	2 670	3 190	4 040	3 690	3 390
Norge											
Papua Nya Guinea							469	1 013	2 134	2 505	2 191
Filippinerna	900	1 000	1 200	1 500	2 100	2 000	2 700	2 800	4 600	4 300	4 100
Ryssland (Sovjet före 1991)	6 300	6 300	6 200	6 100	6 200	6 100	6 300	6 300	6 300	6 200	5 500
Sydafrika	600	600	590	610	1 800	1 600	2 500	3 000	3 000	2 900	2 300
USA									120	760	690
Vietnam								25	223	277	134
Zambia	8 000	7 500	6 900	4 900	8 648	7 702	5 435	5 919	4 600	4 000	3 000
Zimbabwe	110	100	85	74	79	174	195	319	358	355	409
Totalt	68 900	71 500	76 300	72 100	110 000	111 000	105 000	114 000	122 000	121 000	113 000

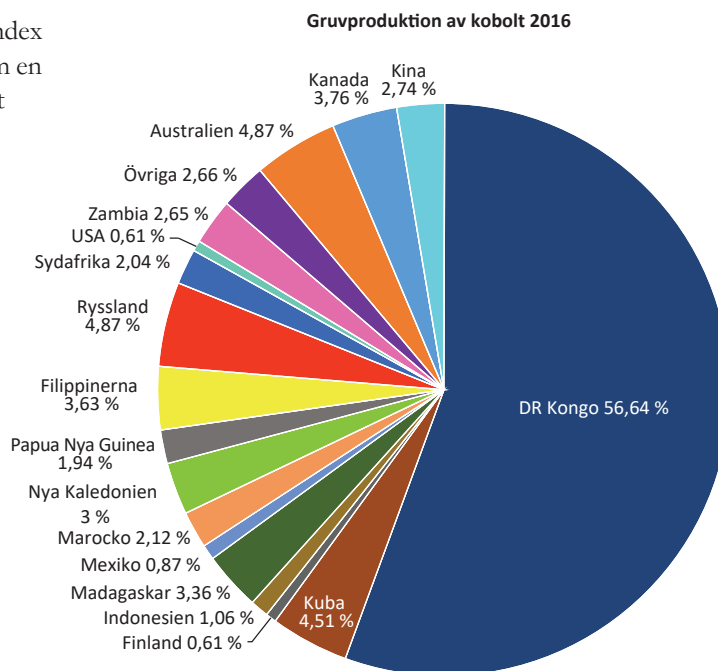
Tabell 6. Koboltutvinning i Europa, 2019 (exklusive Ryssland). Källa: S&P Global Intelligence.
Cobalt extraction in Europe, 2019 (excluding Russia).

Världsrankning producenter 2019	Namn	Land	Företag	Utvinning	Koboltproduktion (t)	Andel av världsproduktion (%)
25	Terrafame	Finland	Terrafame Oy	nickel, zink, koppar, kobolt, U ₃ O ₈	1 203	0,808
36	Kevitsa	Finland	Boliden AB (publ)	nickel, koppar, guld, platinum, palladium, kobolt	445	0,299
37	Kylylahti	Finland	Boliden AB (publ)	koppar, guld, kobolt, nickel, zink, silver	425	0,285

Figur 13 visar även Herfindahl-Hirschman Index (HHI) som är ett mått på hur produktionen inom en marknad koncentreras till ett fåtal länder. När ett fåtal aktörer innehar en stor andel av marknaden definieras branschen som mycket koncentrerad, vilket resulterar i en monopolistisk situation. Detta leder till att aktörerna till viss del kan bestämma priserna då konkurrensen är liten. En låg koncentrationsgrad innebär tvärtom att konkurrensen inom branschen är balanserad och många företag innehar mer eller mindre lika stor andel av marknaden (Corporate Finance Institute, 2019).

Indexet varierar från 1 (minst koncentrerad) till 10 000 (mest koncentrerad). Det amerikanska justitiedepartementet definierar värden mellan 1 och 1 500 som låg marknadskoncentration, värden mellan 1 500 och 2 500 som måttlig marknadskoncentration och värden över 2 500 som hög marknadskoncentration. År 2016 var HHI för utvinning av kobolt över 3 300, vilket skulle betraktas som en hög marknadskoncentration.

Enligt prognosen och med den nuvarande utvecklingen av ny teknik förutsägs efterfrågan och därmed även produktionen av kobolt att öka. År 2016 förblev DR Kongo den största världsproducenten av kobolt med en andel på ca 57 procent av produktionen (fig. 14). Tack vare höga koboltpriser och stor efterfrågan på marknaden har dock nya länder (USA, Madagaskar, Mexiko, Filippinerna och Vietnam) gått in i den begränsade cirkeln av koboltproducenter, och länder som redan producerar kobolt har också



Figur 14. Världens gruvproduktion av kobolt 2016 fördelat på produktionsländer i procent. I posten Övriga ingår Albanien, Botswana, Brasilien, Vietnam och Zimbabwe. Källa: U.S Geological Surveys årsrapporter 1994–2016 (USGS 2021).

Distribution of world cobalt mining production 2016 in percent. The item Other (purple) include Albania, Botswana, Brazil, Vietnam and Zimbabwe.

ökat sin produktion avsevärt. Ett bra exempel är Ryssland som har ökat sin koboltproduktion med 55 procent, men samtidigt minskat sin andel av världsproduktionen av kobolt med 10 procent.



Koboltmineral från Storgruvan, i Tunabergs historiska gruvområde i Södermanland, en av de svenska gruvor där man tidigare utvunnit kobolt. Mitt i stuffen finns en cirka 2 cm stor kristall av koboltglans. Foto: Edine Bakker.

Var finns det kobolt i Sverige?

Where can cobalt be found in Sweden?

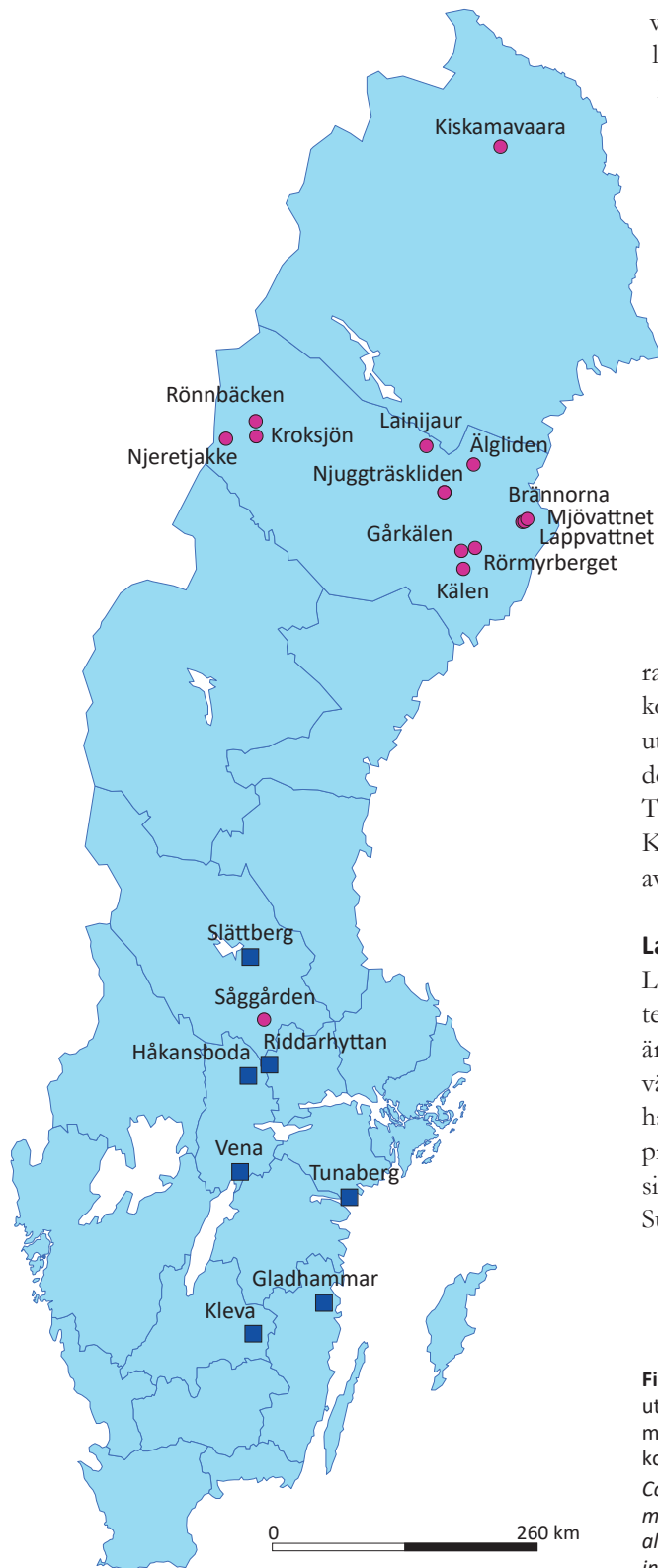
FYNDIGHETER OCH TILLGÅNGAR I SVERIGE

Cobalt resources in Sweden

I SGUs mineralresursdatabas finns totalt 283 fyndigheter där kobolt har beskrivits. Figur 15 visar de fyndigheter där kobolt har hittats i noterbar mängd. De flesta ligger inom Sveriges fyra klassiska malmdistrikt: Norra Norrbotten, Skelleftefältet (inklusive nickellinjen), Bergslagen och Kaledoniderna. Många av fyndigheterna är polymetalliska, det vill säga att kobolt ingår som en av flera metaller, och koboltinnehållet kan vara en liten del. För några är dock kännedomen om innehållet såpass omfattande att det finns en tillgångsberäkning (tabell 7). Idag utvinns inte kobolt i aktiva svenska gruvor.

De mest tillförlitliga uppgifterna om svenska kobolttillgångar kommer från gruv- och prospekteringsbolag som rapporterar i enlighet med internationellt accepterade rapporteringsstandarder (t.ex. JORC-code, NI 43–101, FRB-standard, PERC och UNFC). Flera av de redovisade malMBERÄKNINGARNA I tabell 7 är dock av äldre datum, innan de internationella systemen fanns. Även om dessa inte är lika säkra som moderna beräkningar så ger de ett bra underlag för att identifiera potentiella förekomster, men det krävs ytterligare prospekteringsarbeten för att tillgångarna ska kunna klassificeras enligt moderna standarder.

Eftersom kobolt sällan bildar egna ekonomiskt bryt-



värda mineraliseringar, utan vanligtvis förekommer i låga halter i malmer som i dag bryts för andra metaller, så utvinns kobolt oftast som biprodukt i smältverk eller vid metallraffinering. Numera utvinns nästan all kobolt i världen som biprodukt från nickel- och kopparproduktion (Smith 2001, Mudd m.fl. 2013). De flesta svenska fyndigheter som redovisas i tabell 7 har nickel eller koppar som ekonomiskt viktigaste metall.

I de följande avsnitten presenteras Sveriges viktigaste koboltfyndigheter, med den mest betydande först. Presentationerna har i delar publicerats av SGU tidigare (Hallberg & Reginiussen 2018).

Kiskamavaara

Kiskamavaara koppar-kobolt-(guld)-mineralisering är belägen ungefär 40 km öster om Kiruna. Fyndigheten hittades 1972 av SGU och undersöktes därefter med borrhningar som bland annat resulterade i en malmeräkning på 2,87 Mt med 0,6 procent koppar och 0,09 procent kobolt (Persson 1982). SGU utpekade 2018 Kiskamavaara som riksintresse för värdefulla ämnen eller material. Prospekteringsbolaget Talga Resources har i nuläget undersökningstillstånd. Kiskamavaara kan möjligtvis representera en fyndighet av så kallad IOCG-typ (Martinsson, 2011).

Lainejaur

Lainejaur ligger ca 1 mil nordost om Malå i Västerbotten. Fyndigheten upptäcktes 1941 och mineraliseringen är knuten till en gabbrodioritisk intrusion. Under andra världskriget bröt Boliden ca 100 kt malm här, med en halt på 2,2 procent nickel, 0,93 procent koppar och 0,1 procent kobolt. I basen av intrusionen finns en massiv sulfidmalm som har en tjocklek på ca 1–3 meter. Sulfiderna utgörs av magnetkis, kopparkis och pent-

Figur 15. Kobolt i Sverige. Historiska gruvor där kobolt utvunnits tidigare visas med blå fyrkant och kända kobolt-mineraliseringar visas med rosa prick. Idag utvinns inte kobolt vid någon gruva i Sverige.

Cobalt in Sweden. Historic mines where cobalt has been mined before are shown in blue and known cobalt mineralisations in pink. Today, cobalt is not mined at any mine in Sweden.

landit. Ovanför den basala massiva malmen uppträder en disseminerad malm (upp till 11 meters mäktighet) med impregnationer av magnetkis, pentlandit och kopparkis. Gångar av nickel-koppar-arsenider finns i de undre delarna av den massiva basala sulfidmalmen och i metasedimenterna under denna (Grip & Frietsch 1973, Berkut Minerals 2018a, Gungnir Resources 2020). Bolaget Berkut Minerals är nuvarande ägare av projektet och publicerade 2018 en uppdaterad JORC-kompatibel mineraltillgång (eng. *inferred mineral resource*) på 460 kt med 2,2 procent nickel, 0,7 procent koppar och 0,15 procent kobolt (Berkut Minerals 2018a).

Lappvattnet

Vid Lappvattnet, som är en av de största av nickelfyndigheterna i den så kallade nickellinjen i Västerbotten, uppträder mineraliseringen som dissemination och massivmalm i metamorfoserade mafiska till ultramafiska lagergångar och intrusiv samt som fragment och breccia i sidobergets paragnejs. Mineraliseringen är 620 meter lång och 1–20 meter bred (Åkerman 1987, SGU 2007). Sulfiderna domineras av magnetkis, pentlandit och kopparkis. Fyndigheten blev provbruten av Nämnden för statens gruvegendom (NSG) under åren 1978–1982. Flera bolag har senare under-

Tabell 7. Koboltfyndigheter och mineraliseringar i Sverige. NI 43-101 och JORC är rapportformat som är vanliga vid rapportering av mineraltillgångar. Tillförlitligheten av mineraltillgångens uppskattning ökar från historisk, via antagen till indikerad. Generellt kan sägas att de kända fyndigheterna av kobolt i denna lista i internationella sammanhang antingen är små eller av låg halt, eller både och. Källa: Hallberg & Reginiusen (2018)

Cobalt deposits and mineralisations in Sweden. NI 43-101 and JORC are report formats that are common when reporting mineral resources. The reliability of the mineral resource estimate increases from historical, via inferred to indicated. In general, the known deposits of cobalt in this list are either small or of low content or both in an international context.

Fyndighet	Mineraltillgång	Rapportering*	Tonnage (Mt)	Cu (%)	Ni (%)	Co (%)	Cr (%)
Gärkälen ¹	historisk	äldre	0,04	0,18	0,40	0,04	
Kälen ¹	historisk	äldre	0,07	0,27	0,41	0,04	
Njuggräskliden B ¹	historisk	äldre	0,11	0,17	0,69	0,05	
Njuggräskliden C ¹	historisk	äldre	0,19	0,11	0,70	0,05	
Njuggräskliden D ¹	historisk	äldre	0,26	0,41	0,73	0,03	
Brännorna ¹	historisk	äldre	0,35	0,04	0,63	0,02	
Mjövattnet ¹	historisk	äldre	0,17	0,19	1,29	0,02	
Lainijaur ²	antagen	JORC	0,46	0,74	2,20	0,15	
Lappvattnet ³	antagen	NI 43-101	0,78	0,25	1,35	0,025	
Rörmyrberget ³	antagen	NI 43-101	36,8	0,02	0,19	0,009	
Rönnbäcken ⁴	antagen	NI 43-101	12,20		0,085	0,004	
Rönnbäcken ⁴	indikerad	NI 43-101	319,90		0,103	0,003	
Kroksjön ⁵	historisk	äldre	0,30		0,30	0,02	0,69
Njeretjakke ⁵	historisk	äldre	38,30		0,28	0,01	0,43
Ägliden ⁶	historisk	äldre	13,00	0,70	0,20	0,03	
Kiskamavaara main ⁷	antagen	JORC	6,00	0,25		0,03	
Kiskamavaara lower ⁷	antagen	JORC	1,68	0,23		0,05	
Slättberg ⁸	historisk	äldre	0,30	0,50	0,60	0,06	
Såggården ⁹	historisk	äldre	0,70			0,06	

*Flera av malmberäkningarna är av äldre datum, före internationellt accepterade redovisningssystem som JORC-code, NI-43-101 och Fennoscandian Review Board fanns.

¹Åkerman (1987), ²Berkut Minerals (2018a), ³Gungnir Resources Inc. (2020), ⁴Nickel Mountain AB (2012), ⁵Stigh m.fl. (1981), ⁶Beräknad från data i Weihed m.fl. (1992), ⁷Talga Resources Ltd. (2019), ⁸Flood (1979), ⁹Edberg m.fl. (1991)

sökt fyndigheten. Gungnir Resources publicerade en NI 43-101-kompatibel, antagen mineraltillgång på 0,78 Mt med 1,35 procent nickel, 0,25 procent koppar och 0,025 procent kobolt (Gungnir Resources 2020).

Rörmyrberget

Vid Rörmyrberget i Västerbotten uppträder en differentierad ultramafisk lagergång som är 1,7 km lång och 320 meter bred (Åkerman 1987, SGU 2007). Gungnir Resources publicerade en NI 43-101-kompatibel, antagen mineraltillgång på 36,8 Mt med 0,19 procent nickel, 0,02 procent koppar och 0,009 procent kobolt (Gungnir Resources 2020).

Slättberg

Slättberg ligger 25 km norr om Falun. Inom området finns ett cirka två kilometer långt stråk med mineraliseringar och historiska gruvområden. Fyndigheterna i Slättberg blev utmål (område för gruvdrift i gammal lagstiftning) år 1805 och bröts från början på koppar. Kvarvarande tillgångar i Slättberg uppskattas till ca 300 kt med 0,6 procent nickel, 0,5 procent koppar och 0,06 procent kobolt (Flood 1979). Denna malmberäkning är dock osäker och uppfyller inte moderna krav på rapportering. Bolaget Sienna Resources har i dagsläget undersökningstillstånd i Slättberg och har påbörjat ett borrhprogram för att undersöka fyndigheten i mer detalj (Sienna Resources 2018).

Njuggräskliden

Flera mineraliserade ultramafiska kroppar uppträder längs med ett 5 km långt stråk i Njuggräskliden, Västerbotten. Nickel-koppar-kobolt-mineraliseringar förekommer i fyra linser och skivor (A–D), varav A, C och D linsen är de viktigaste. Totalt är de mineraliserade kropparna beräknade att innehålla 0,57 Mt med 0,71 procent nickel, 0,26 procent koppar och 0,04 procent kobolt (Åkerman, 1987). D-mineraliseringen är den största och viktigaste, och har även förhöjda halter av platinagruppens metaller (Åkerman 1983).

Gårkälén

Flera mindre ultramafiska kroppar bestående av metaperidotit och metapyroxenit uppträder i området vid Gårkälén, Västerbotten. Två av dessa är mineraliserade, varav den största har en längd på 90 meter och bredd på ca 20

meter som mest (Filén & Johansson 1981). Diamantborring indikerar att mineraliseringens utbredning på djupet är blygsam (endast 15–20 meter). Tonnaget är beräknat till 35 kt med 0,4 procent nickel, 0,18 procent koppar och 0,04 procent kobolt (Åkerman 1987). Fler mindre intrusioner upptäcktes av Outokumpu under 1990-talet, men ingen intressant mineralisering hittades då.

Rönnbäcken

Rönnbäcken omfattar de tre närliggande fyndigheterna Rönnbäcksnäset, Sundsberget och Vinberget, vilka är belägna inom fjällkedjan ungefär 20 km söder om Tärnaby i Västerbotten. Bolaget Nickel Mountain Resources publicerade under 2012 en modern NI 43-101-kompatibel tillgångsberäkning för den största av de tre fyndigheterna (Rönnbäcksnäset) med en indikerad mineraltillgång på 319,9 Mt med 0,103 procent nickel och 0,003 procent koppar, samt en antagen mineraltillgång på 12,2 Mt med 0,085 procent nickel och 0,004 procent kobolt. Mineraliseringen uppträder i serpentinit och består huvudsakligen av nickelsulfider som bildades epigenetisk vid serpentinisering av nickelrik olivin. Vanligaste koboltmineral är pentlandit, millerit och koboltglans (Nickel Mountain 2012).

Njeretjakke

Njeretjakke ligger på kalfjäll ca 800 meter över havet i Vardofjällsområdet i Västerbotten och är den enskilt största kända kroppen av detritisk serpentinit (Stigh m.fl. 1981b), en järn- och magnesiumrik metamorf bergart som bland annat finns i de svenska fjällen. Även om området inte är detaljundersökt med diamantborring och saknar statistisk malmberäkning så indikerade en initial uppskattning (Stigh m.fl. 1981a, b) att halter och tonnage av nickel och kobolt var så pass höga att det kunde ge underlag för dagbrottsbrytning i stor skala. Senare upptäcktes att nickel- och kopparhalterna sannolikt var överestimerade med ungefär en tredjedel på grund av analytiska fel (Zachrisson 1983), vilket gör att underlaget för dessa uppskattningar är mycket osäkra. Dock kvarstår faktum att tonnaget i Njeretjakke även med omräkning till lägre halter är mycket stort.

Kroksjön

Den detritiska serpentiniten vid Kroksjön är belägen söder om Rönnbäcken och några kilometer öster om



Los koboltgruva i Hälsingland med ett av dagbrotten i förgrunden. Här pågick brytning under 30 år på 1700-talet. Foto: Arild Vågen/Wikipedia (CC BY 4.0)

sjön Virisens östända i Västerbotten. Kroksjön har sannolikt de högsta kobolthalterna av de detritiska serpentiniterna (Stigh m.fl. 1981b), även om de absoluta halterna sannolikt är ungefär en tredjedel lägre än de analysvärden som först redovisades (Zachrisson 1983).

Njuonajaure

Njuonajaure är beläget ca 900 meter över havet på kalvfjäll ungefär 10 km sydväst om Klimpfjäll och ungefär 11 km sydöst om Stekenjokk. I jämförelse med andra detritiska serpentiniterna så har denna fyndighet relativt höga nickelhalter (Stigh m.fl. 1981b).

Ahmavouma

Ahmavouma ligger ca 2 mil söder om Lannavaara i Norrbotten. Mineraliseringen uppträder i en sek-

vens med intermediära till felsiska vulkaniter och utgörs av kopparkisförande pyritgångar. Kobolt är associerad med pyrit. Förhöjda halter av molybden och guld förekommer i vissa sektioner. I dagsläget har bolaget Talga Resources undersökningstillstånd i området.

Los

Gruvdriften i Los i Gävleborgs län påbörjades 1738 och ett blåfärgsverk anlades i området 1745. Brytningen pågick i ca 30 år. Under 1800-talet gjordes försök på att återuppta produktionen, men utan resultat (Tegengren m.fl. 1924). Upptäckten av grundämnet nickel gjordes av Cronstedt år 1751 genom analys av ett malmsprov innehållande mineralet gersdorffit (nickelglans) från Los. Mineraliseringen i Los uppträder i bergarten

amfibolit (amygdaloidal). Viktigaste koboltmineral är koboltglans, men paragenesen inkluderar mineral innehållande järn, kobolt, nickel, koppar, vismut och arsenik. Malmen hade en maxbredd på ca 30 centimeter och kunde följas ca 90 meter längs med en sprickzon (Lundqvist 1968). Koboltmineraliseringar fanns dessutom som impregnation i amfiboliten utanför sprickzonen. Det finns inga uppgifter om tonnage och halter avseende malmproduktionen.

Håkansboda

Håkansboda ligger i västra Bergslagen ungefär 1,5 mil norr om Lindesberg. Kopparfyndigheten i området har varit känd sedan 1400-talet och malm har brutits i omgångar från 1500-talet fram till 1920-talet (Tegengren m.fl. 1924, Carlon 1986). Totalt bröts drygt 60 kt malm i olika perioder under åren 1741–1919. Den nedlagda gruvan har därefter bytt ägare ett antal gånger då olika bolag har bedrivit prospektering i Håkansboda: Stora Kopparberg, Gränges AB, SSAB, BP-LKAB och Copperstone Resources AB. Malmen förekommer som massiva linser och lager av sulfider i en dolomitmarmor. Huvudmineralen är kopparkis, magnetkis, arsenikkis, svavelkis, magnetit och molybdenglans. Kobolt substituerar för järn i magnetkis och arsenikkis samt förekommer i koboltmineralen koboltglans och glaukodot.

Tunaberg

Tunaberg ligger ca 14 km sydväst om Nyköping i Södermanlands län. Malmutvinning i Tunaberg har medeltida anor. Uppgifter om kopparbrytning omnämns för första gången av Erik av Pommern år 1420 då han förlängde bergsmännens privilegier. Malmfältet omfattar ett antal koppar-koboltfyndigheter som ligger i en zon av bandade gnejser med inlagringar av pyroxengnejs, amfibolit samt en kalkstenformation med pyroxenskarn. Malmen är bunden till kalkstenen, och då i synnerhet pyroxenkalksten innehållande kopparkis och koboltglans (Tegengren m.fl. 1924). Den mest betydande gruvan i Tunabergsfältet är Storgruvan. Malmen där är 3,5–5,5 meter bred i de övre delarna, men avtar till ca 1,5–2,5 meter i gruvans djupare delar (ca 165 meter under markytan). Bolaget Berkut Minerals har för närvarande undersökningstillstånd i Tunaberg (Berkut Minerals 2018b).

Vena

Vena gruvfält ligger ungefär 2 km öster om Åmmeberg i Örebro län. Fältet sträcker sig i riktning från nordväst till sydost i mer än 2 km och omfattar över hundra individuella gruvor. Brytning av kobolt började 1770 och pågick oregelbundet fram till 1870-talet. Fältets bästa gruvor var Gamla Vena samt Galtgruvorna. Tegengren m.fl. (1924) beskriver berggrunden i området som bestående av ”plagioklasleptit” och ”leptitisk gnejs” (sannolikt metavulkaniter med intermediärt till felsiskt ursprung) med inslag av amfibolit. Malmmineralen utgörs av magnetkis, svavelkis, kopparkis, koboltglans, zinkblände, arsenikkis, smaltit, blyglans och vismutglans. Malmen utgörs av parallella mineraliserade impregnationsstråk av 0,5–5 meters bredd och upp till 500 meter långa. Malmens kobolthalt var 0,2–0,5 procent och är inte utbruten, utan fortsätter på djupet (Tegengren m.fl. 1924). SGU påbörjade 2018 ett projekt i Venafältet med bland annat provtagning, kartering och insamling av geofysiska data. Resultat från projektet finns att läsa i SGU-rapport 2020:16.

Gladhammar

Produktionen i Gladhammars malmfält i Kalmar län startade på 1400-talet, och bergsbruket var från början inriktat på järn- och koppartillverkning. Kobolt producerades en kort period i början av 1820-talet för att återupptas 1875, men sedan upphörde gruvbrytningen 1891. Gladhammar malmfält har varit Sveriges största producent av koboltprodukter och totalt producerades här ca 4 260 ton anrikad koboltmalm som såldes till Tyskland (Tegengren m.fl. 1924). Malmen, vars halt är okänd, anrikades grovt genom krossning och vaskning till en antagen halt på uppåt 6 procent kobolt, det vill säga motsvarande 256 ton kobolt, innan den såldes vidare. I tillägg producerades ca 320 ton koppar. Malmen förekommer i långsmala zoner med finkorniga spridda malmmineral. Malmen uppträder i ytbergarter bestående av kvartsit och hälleflinta. Malmmineralen är magnetit, hematit, svavelkis, kopparkis, bornit, linneit och koboltglans.

Riddarhyttefältet

Riddarhyttefältet ligger i Skinnskattebergs kommun i Västmanland. Malmfältet domineras av järnmalm, men här finns också koppar, kobolt, sällsynta

jordartsmetaller, molybden och guld. Bergsbruket i Riddarhyttan startade på medeltiden och det har varit produktion i olika omgångar av både sulfid- och järnmalm från ett antal gruvor fram till 1979 då järnmalmsproduktionen i Bäckegruvan avslutades. Berggrunden i Riddarhyttefältet utgörs av en sekvens paleoproterozoiska (1,8–1,9 Ga) metavulkaniska och metasedimentära bergarter som domineras av omvandlade ryoliter med inlagrade karbonater och skarn. De suprakrustala bergarterna intruderas av olika generationer graniter och pegmatit. Kompakta sulfidmineraliseringar av bland annat svavelkis och magnetkis förekommer (Thre & Sädbom 1986). Järnmalmerna i fältet består både av magnetit och hematit. Hematitmalm, ”blåkullatyp”, är finfjällig hematit, ofta kvartsrandig med skikt av kalksilikat. Magnetitmalm återföljs ofta av sulfider och skarn. Sulfiderna utgörs av bland annat svavelkis, kopparkis, koboltglans, magnetkis samt molybdenglans. Sällsynta jordartsmetaller (dominerande lätta sällsynta jordartsmetaller) uppträder på flera ställen i fältet bland annat i ceritgruvan i nya Bastnäs fältet. Bolaget EMX Royalty Corp. har i nuläget undersökningstillstånd i området. Bolaget tolkar mineraliseringarna inom Riddarhyttefältet som så kallad IOCG-typ (EMX Royalty Corp. 2018).

Kleva

Fyndigheten Kleva i Småland upptäcktes 1691 och bröts först på koppar. Brytning av nickelmalm startade år 1845. Under åren 1845–1878, 1882–1889 och 1914–1919 producerades 54,4 kt malm med 1,9 procent nickel, 0,8 procent koppar och 0,2 procent kobolt. Mineraliseringen utgörs av massiva sulfider och breccia som är knuten till en gabbronoritisk intrusion.

PROSPEKTERING I SVERIGE IDAG

Cobalt exploration in Sweden today

Intresset för kobolt har ökat de senaste åren eftersom det används för att lagra energi i batterier för bland annat elbilar och modern elektronik. Detta reflekteras i en ökad prospekteringsaktivitet och i dagsläget prospekterar bolag efter kobolt på ett antal platser i Sverige. Kobolt är en klassisk biproduktmetall som säljan kan brytas och utvinnas lönsamt på egen hand. Att

det finns brytvärda halter av en huvudmetall som kan utvinnas samtidigt är i dag ofta en nödvändig förutsättning för en ekonomisk hållbar utvinning. För de flesta undersökningstillstånd där kobolt ingår prospekterar bolagen också efter andra metaller, vanligtvis koppar och nickel.

Vid utgången av mars 2019 fanns i Sverige 90 beviljade undersökningstillstånd där kobolt ingår som ett koncessionsmineral. Dessa täckte en yta på drygt 2000 km². Antalet prospekteringsbolag uppgick till 26 stycken. Flest undersökningstillstånd finns i Bergslagen, norra Norrbotten och längs den så kallade nickel-linjen i Västerbotten. Ett antal prospekteringsobjekt ligger i anslutning till äldre gruvområden och kända fyndigheter, så kallade brownfields. Dessa kan till exempel vara nedlagda gruvor och gruvområden där det tidigare brutits malm innehållande basmetaller eller utvunnits kobolt för till exempel blåfärgsproduktion. Flera av dessa projekt är listade i avsnitt *Fyndigheter och tillgångar i Sverige*.

Svenska fyndigheter med kobolt förekommer i flera geologiska miljöer och har bildats av flera geologiska processer. De viktigaste fyndighetstyper innehållande kobolt, som prospekteringen i Sverige är inriktad på i dagsläget, kan grovt klassas som:

- **Magmatisk:** Denna typ är huvudsakligen mafiska och ultramafiska intrusiv, innehållande massiva eller disseminerade järn-nickel-koppar-sulfider. Rena koboltmineral finns sällan i denna typ, utan kobolt finns bunden till sulfidmineral som till exempel pentlandit, magnetkis och pyrit. Exempel är Lappvattnet och Lainejaur i Västerbotten.
- **VMS** (eng: *Volcanic Massive Sulphide*): Fyndigheter som bildats genom submarin vulkanisk aktivitet. Skelleftefältets massiva sulfidmalmer är ett exempel.
- **Skarn, kontaktmetamorf eller magmatisk hydrotermal:** Magmatiska intrusiv som innehåller magnetit, kopparkis och koboltrik pyrit. Bildning i miljö av ”porphyry type” eller genom kontaktmetamorfos av karbonatiska sediment. Inkluderar IOCG-mineraliseringar (järnoxid, koppar, guld). Exempel är Kiskamavaara i Norrbotten.
- **”Vein-type”:** Detta är oftast mindre fyndigheter med flera metaller som kan ha höga kobolthalter. Exempel är Kongsberg, Norge.



Lastning vid koppar- och koboltgruvan i Tenke, DR Kongo. Även om halterna kobolt och koppar är relativt höga i fyndigheterna här kräver produktionen stora maskiner samt hög produktivitet i både brytning och anrikningsverk för att nå god lönsamhet. Foto: Mattias Fackel.

Hur utvinns kobolt?

How is cobalt mined?

UTVINNING AV KOBOLT

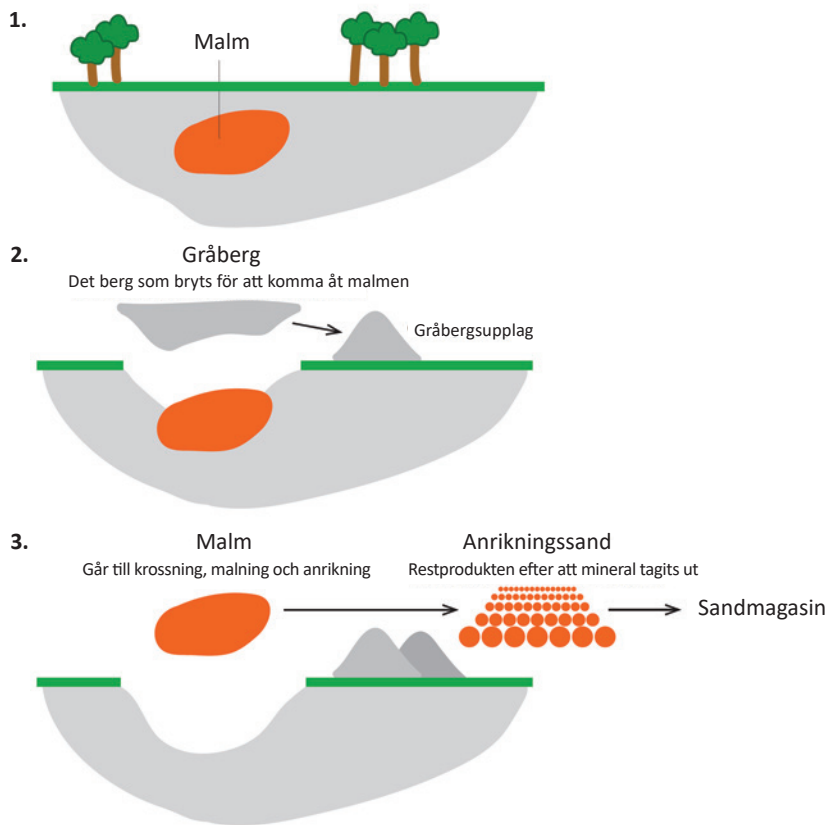
Mining cobalt

Enligt S&P Global Market Intelligence utvinns kobolt i ca 20 länder idag (2018), varav mer än hälften av utbudet kommer från Demokratiska republiken Kongo (DRKongo). Kobolt bryts som en biprodukt vid koppar- och nickelgruvor men även i mindre utsträckning som biprodukt vid gruvor där man bryter platinagruppens metaller (PGM:s). Bara vid gruvan Bou Azzer i Marocko bryts kobolt som huvudmetall. Ungefär 90 procent av världens brytning av kobolt sker vid koppar- och nickelgruvor, som en biprodukt till huvudmetallerna.

Mineralutvinning sker i två huvudsakliga steg, först

brytning i gruva och sedan anrikning i ett anrikningsverk. Första steget i brytningen innebär lossgörning och lastning av malm. Malmen med de mineral som ska utvinnas skiljs från gråberg och lastas på gruvtruckar. Malmen transporteras till ett anrikningsverk medan gråberg läggs på hög eller används för att bygga vägar och andra konstruktioner (fig. 16).

Efter sprängning och losstagning transporteras malmen till ett anrikningsverk där den krossas till mindre bitar för att sedan anrikas till ett koncentrat av malmmineral. Genom olika tekniker skiljs de mineral som ska utvinnas, det vill säga malmmineralen, från mineral i malmen utan värde, det vill säga gångartsmineral. Vid koboltutvinning innehåller malmmineralen givetvis kobolt men också



Figur 16. Förenklad illustration av hur mineralutvinning går till. Gråberg avlägsnas för att komma åt malmen, malmen tas upp och transporteras till ett anrikningsverk, gråberg och anrikningssand är restprodukter som blir utvinningsavfall.

Simplified illustration of mineral extraction. Waste rock is removed to access the ore, the ore is extracted and transported to a concentrator, waste rock and tailings are residual products that become extractive waste.

en eller flera av metallerna koppar och nickel. Slutprodukten från anrikningsverket kallas ofta koncentrat. Beroende på malmtyp separeras sedan kobolten i olika steg från koncentraten vid stora smält- och raffineringverk.

Under gruvbrytningen framkommer också restprodukter vilka räknas som utvinningsavfall (gruvavfall). Gråberget förvaras i gråbergsdeponier och gångartsmineralen som anrikningssand i sandmagasin (fig. 16).

I huvudsak sker koboltutvinningen i världen storskaligt och i både dagbrott och underjordsgruvor. I DR Kongo utvinns kobolt också manuellt i småskalig utvinning.

ANRIKNING AV KOBOLT

Processing cobalt

Vid varje fyndighet utreds vilka metoder som är mest lämpade för att anrika malmineral i just den fyndig-

heten. För att utvinna kobolt används en kombination av anrikningsmetoder beroende på sammansättningen av mineral i malmen. Kobolt kan anrikas från sulfidmineral (innehållande svavel) och från andra mineraltyper (oxider, karbonater m.fl.).

Om kobolten sitter i sulfider används flotation som en första anrikningsmetod. Vid flotation avskiljs mineral som kan fastna i ett skum som skapas i stora tankar. I ett första stadie finfördelas den malda malmen i vatten för att bilda en slurry. Bubblorna bildas genom att man blåser luft genom slurryn. För att separera ut kobolt från sulfidmineral så tillsätts flotationsmedel som gör att de mineral som ska avskiljas fäster vid luftbubblorna i skummet, som sedan avskiljs. Koncentratet från flotationen kan sedan processas vidare via syralakning, upphettning eller smältning i olika kombinationer. I dessa processer kan en förhållandevis hög koncentration av kobolt ansamlas.



Vy över delar av anrikningsverket i Tenke, Haut-Katanga, DR Kongo. Här anrikas en stor del av det kobolt som utvinns i DR Kongo. Anrikningsverket anrikar koppar och kobolt i flera processteg. Foto: Mattias Fackel

Om kobolt återfinns i icke-sulfider är inte flotation ett lämpligt första anrikningssteg utan då används istället syralakning för att frigöra kobolten från koboltmineral.

Då koboltmineral nästan alltid förekommer tillsammans med andra mineral som också ska avskiljas innebär koboltanrikning att mineral avskiljs i flera steg och med en kombination av tekniker. Anrikningen av kobolt kräver därför komplexa anrikningsverk. Vid de stora koppar-koboltgruvorna i DR Kongo är produkten från anrikningsverken i allmänhet kopparkatoder och kobolthydroxid. Kopparkatoderna är ren koppar i stora plåtar, kobolthydroxiden är en produkt som säljs till smältverk för vidare förädling. Ett av världens största koboltsmältverk ligger i Kokkola, Finland och ägs av belgiska Umicore. Mycket av det kobolt som förädlas i Kokkola kommer från Tenkegruvan i DR Kongo och används sedan i produkter i hela världen.

OMANRIKNING – UTVINNING UR ANRIKNINGSSAND

Re-mining – Extracting cobalt from mine tailings

Potentialen att utvinna kobolt ur anrikningssand från nickel- och koppargruvor är stor. I de äldre anriknings-

verken var anrikningsmetoderna mindre effektiva än idag och anrikningssanden från äldre gruvor kan innehålla relativt höga halter kobolt. Vissa mineral som återfinns i historiskt gruvavfall saknade användningsområde och hade därmed inte något värde vid tiden för utvinningen. De ansågs vara gångartsmineral men är nu malmmineral.

Ett exempel är anrikningssanden från Metalkatverket i Musonoi nära Kolwezi, DR Kongo. Anrikningssanden därifrån ligger i sandmagasinet Kingamyambo och i dalen Musonoi, vilka beräknas omfatta 112 miljoner ton anrikningssand från gamla gruvor, med ett innehåll på 1,49 procent koppar och 0,29 procent kobolt (International Finance Corporation 2009). I anrikningssanden där förekommer kobolt framför allt som mineralen heterogenite (CoOOH) och kolwezite ($\text{CuCo}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$) (Lunt 2003), men ingen utvinning är ännu påbörjad. I Metalkatverket anrikades också malmer från Kipushigruvan (US Bureau of Mines 1955) med zink- och kadmiummineral. Anrikningssanden är därför en mycket stor koboltreserv, men också uppblandad med ett stort antal andra både värdefulla och miljömässigt svåra mineral.



Flera faktorer kring kobolt bidrar till att användningen inte är hållbar i dagsläget. Exempelvis bedöms omkring 15–30 procent av koboltproduktionen i DR Kongo komma från riskfylld småskalig utvinning där metallen grävs fram och tvättas för hand. Foto: Mattias Fackel

Är utvinning och användning av kobolt hållbart?

Is the use of cobalt sustainable?

ÅTERVINNING

Recycling

Kobolt kan återvinnas från batterier, legeringar och katalysatorer (ämnen som påskyndar kemiska reaktioner utan att själva förbrukas). Kobolt kan också återvinnas ur olika industriella avfall bland annat kopplade till slaggprodukter (UNEP 2013). Globalt återvinns 32 procent av all kobolt i produkter vid slutet av deras livslängd, så kallad EOL-återvinning (eng. *End of Life*; OECD 2019). Däremot är återvinningen av kobolt från litiumjonbatterier mindre än 5 procent (Curch & Wuennenberg 2019), trots att majoriteten av all kobolt används för tillverkning av batterier (Slack m.fl. 2018). Legeringar smälts ofta

ned för att användas som legering igen, utan att kobolt separeras, och återvinningen av kobolt ur katalysatorer är relativt liten (Carlsson & Myhr Radell 2019).

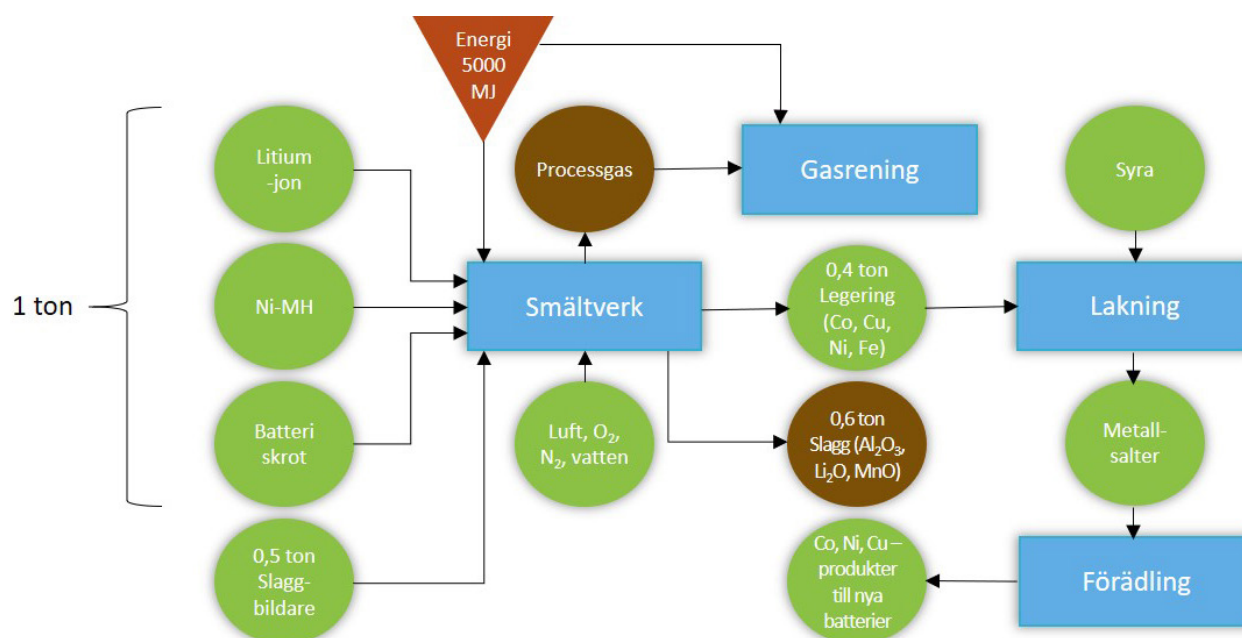
I Sverige återvinns tio ton kobolt varje år via omsmältning av batterier (SGU 2014). Det är dock oklart hur mycket kobolt som återvinns totalt, i och med återvinningen av legeringar i stålproduktionen. I Sverige används ca 500 ton kobolt per år inom stålindustrin. En stor del av den kobolt som återvinns tillbaka till ”ren metall” och kan återanvändas i till exempel batterier kommer från batterierna själva, främst litiumjon- och nickel-metall-hybrid-batterier. I Sverige återvinns batterier med en insamlingsgrad på ca 10 procent. Den låga

andelen beror främst på att många batterier är inbyggda i annan utrustning och därmed är svåra att separera ut. De samlas därför inte in som batterier utan som elektronik. Elektronik som innehåller koboltbatterier går främst på export för återvinning i Kina eller Sydkorea, vilket gör att återvinningsgraden är högre globalt sett än vad den är i Sverige.

De batterier som samlas in i Sverige består till största delen av portabla batterier. Insamlingsgraden beräknas på att batterierna ska ha en livslängd på 3–6 år (Melin 2019). Under det senaste decenniet har livslängden hos batterier ökat, men prestandan går ändå ner över tid och till slut måste batterierna bytas ut. Forskare jobbar med att försöka sänka andelen kobolt i batterierna, men idag är kobolt fortfarande en helt nödvändig ingrediens i de mest högpresterande batterierna, exempelvis för elbilar och ladd-hybrider. Då elbilar och ladd-hybrider är relativt nya produkter, så finns ännu ingen statistik för deras batterier. De förväntas dock få en mycket högre insamlingsgrad (över 80 procent), och återvinningen av kobolt i batterier spås att tredubblas fram till år 2030 (IISD 2019). Samtidigt väntas kobolthalten i batterierna

gå ned på grund av det höga priset på kobolt. Detta skapar mindre incitament för insamling då priset på metallerna går ner per batteri (Melin 2019). Det finns därför anledning att i framtiden skapa ytterligare reglering och styrning för insamling och återvinning av batterier som innehåller kobolt för att öka cirkulariteten.

I Sverige samlas batterierna (ca 3 000 ton/år) i första hand in av företaget El-kretsen, på återvinningscentraler och återvinningsstationer (El-kretsen 2020). Batterierna skickas till en uppsamlingsplats där de förbehandlas och transporteras sedan vidare utomlands (Belgien, Finland) för vidare behandling. Vid återvinningsprocessen är det viktigt att avskilja metallhöljen och reaktionskänsliga material på ett säkert sätt för att materialen ska kunna återvinnas. Förbehandlingen av batterierna inför återvinningen är en viktig och kostsam process. Exempelvis måste alla litiumjonbatteriers poler tejpas, eftersom de utgör en brandfara om de kortsluts. Detta måste i de flesta fall ske manuellt, vilket kostar mycket. Den nuvarande återvinningsprocessen (fig. 17) innebär att batterierna strippas från yttre skyddsmaterial, hettas upp och brinner samman till en smälta.



Figur 17. Översikt av återvinningsprocessen för kobolt. Källa: Luzendu (2016)
Overview of the cobalt recycling process.

Smältan löses sedan upp i syra och metallerna faller ut som metallsalter. Dessa löses i sin tur också upp och sedan koncentreras metallerna i en elektrolytprocess. Tidigare forskning visar att en högre temperatur (i intervallet 1 200–1 400°C) i smältugnarna ger ett högre koboltutbyte. För att sänka kostnaderna i samband med koboltåtervinningen vill man sänka temperaturen vid smältningen och bibehålla utbytesgraden (vanligtvis över 95 procent), men också öka kostnadseffektiviteten i efterföljande syra-laknings- och elektrolytprocesser (Danino-Perraud 2020).

HÄLSOEFFEKTER

Effects on health

Kobolt är ett naturligt förekommande ämne i berg och jord. Det tas upp av kroppen från vatten och mat, vid inandning av damm som innehåller kobolt och till viss del också genom huden. Kobolt har både positiva och negativa effekter på kroppen, men är vid normal naturlig exponering inte en hälsorisk.

Kobolt ingår i vitamin B12 (kobalamin) som kroppen behöver för ett fungerande nervsystem, för ämnesomsättningen i cellerna och för bildandet av blodkroppar. Vitamin B12 finns främst i animaliska livsmedel.

Kobolt kan vara skadligt om man utsätts för damm vid exempelvis metallbearbetning av koboltlegeringar

eller i liknande industrimiljöer där kobolthalterna kan vara höga. Hud, luftvägar, hjärta och lungfunktion kan påverkas vid exponering för höga halter i form av damm, metall eller ångor.

I Sverige varierar halten kobolt i jordarten morän från enstaka till tiotals miljondelar (ppm). Bakgrundskoncentrationen av kobolt i yt- och grundvatten kan variera mellan 1 och 10 miljarddelar (ppb). I dricksvatten är koncentrationen vanligtvis mindre än 2 ppb. Kobolt är ett spårämne för människor och djur samt återfinns i bakterier och växter. Spårämnena är mineralsom i mindre mängder är för kroppens biokemiska funktioner. Höga kobolthalter bromsar växters fotosyntes, men vissa växter utvecklar en hög tolerans för kobolt.

Kobolt-60

Grundämnet kobolt har flera isotoper, men bara den stabila isotopen kobolt-59 (^{59}Co) förekommer naturligt på jorden. Andra radioaktiva isotoper av kobolt framställs syntetiskt, exempelvis kobolt-60 (^{60}Co) som används som strålningskälla i sjukvården och i mätinstrument. ^{60}Co bildas också i kärnkraftverk när koboltlegeringar utsätts för strålning.

Oavsiktlig exponering för gammastrålningen från ^{60}Co är mycket hälsofarlig och kan orsaka svåra skador. Höga stråldoser är dödliga.

Vill du veta mer ...

... om hälsorisker och kobolt?

Här finns tips på läsning:

- United States Department of Health and Human Services, 2004: *Toxicological profile for cobalt*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 397 s.
- Klasson, M., Bryngelsson, I-L., Pettersson, C., Husby, B., Arvidsson, H. & Westberg, H. 2016: *Occupational Exposure to Cobalt and Tungsten in the Swedish Hard Metal Industry: Air Concentrations of Particle Mass, Number, and Surface Area*. *Annals of Occupational Hygiene* 60(6), s. 684–699.

Vad är en isotop?

What is an isotope?

Ett grundämnes atomnummer anger hur många protoner atomkärnan innehåller, och därmed även dess plats i det periodiska systemet. Kobolt har atomnummer 27.

För isotoper av ett grundämne skiljer sig antalet neutroner i kärnan. Isotopen har därför ett annat massantal men samma atomnummer. Ett grundämnes massantal anger summan av antalet protoner och neutroner.

En isotops halveringstid är den tid det tar för hälften av isotopen att sönderfalla till en annan isotop. Radioaktiva isotoper avger joniserande strålning när de sönderfaller. Den radioaktiva isotopen ^{60}Co har halveringstiden 5,27 år och sönderfaller till den stabila isotopen ^{60}Ni .



Småskalig utvinning av kobolt i Haut-Katanga provinsen i södra DR Kongo. Här bryts kobolt och kopparmalm i ett dagbrott som tidigare utvanns med maskiner i stor skala. Små mängder med de högsta halterna grävs upp för hand, tvättas och bärs bort i säckar. Det är stor rasrisk när dagbrottets väggar destabiliseras av tunnlar och schakt. Foto: Mattias Fackel

ARTISANAL OCH SMÅSKALIG UTVINNING AV KOBOLT

Artisanal and small-scale mining of cobalt

Med artisanal och småskalig mineralutvinning (ASM, eng. *Artisanal and Small-scale Mining*) menas gruvverksamhet med låg mekaniseringsgrad och liten kapitalinvestering som bedrivs av individer, grupper av individer, familjer, mindre företag eller av kooperativ. Definitionen av ASM kan vara diffus och gränserna oklara mellan de olika formerna. Med artisanal utvinning avses i huvudsak manuell och hantverksmässig utvinning, medan småskalig utvinning kan ske med viss mekanisering eller vara helt mekaniserad men ske i liten skala. Ofta finns flera typer av utvinning på samma plats, och där utvinningen är informell och oreglerad kan det vara svårt att identifiera de olika aktörerna.

Det bör påpekas att utvinning i liten skala hänvisar till de enkla medel som används i utvinningen och till den låga produktionstakt per individ som karakteriserar ASM. Skalan är inte liten i relation till det antal individer som arbetar med utvinningen eller i relation till den betydelse utvinningen har för individen. Skalan är heller inte liten i relation till den skada utvinningen kan ha på individer, samhällen och miljö.

De mineral som utvinns småskaligt är i första hand industrimineral och byggnadsmaterial som har ett lågt värde men används lokalt – som sten, grus och sand. Den småskaliga utvinningen av det som kallas ”low value minerals” eller ”development minerals” finns överallt i länder med hög arbetslöshet och låga löner. En annan typ av utvinning som inte är lika utbredd, men som lokalt kan vara mycket intensiv, är småskalig utvinning av mineral som har ett högt värde i små

Demokratiska republiken Kongo *Democratic Republic of Congo*

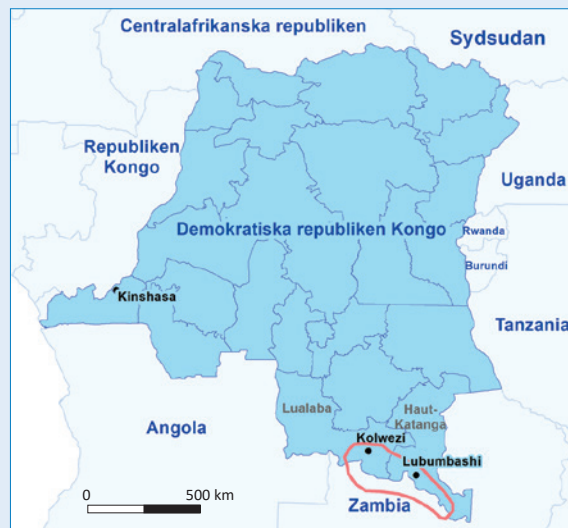
Yta: 2,3 miljoner km²

Befolkning: ~ 87 miljoner

Huvudstad: Kinshasa

BNP per capita: 580 USD

Kartan visar Demokratiska republiken Kongo med de södra provinserna Lualaba och Haut-Katanga markerade. Det centralafrikanska kopparbältet med de viktiga koboltfyndigheterna visas i rött. Kartan visar även huvudstaden Kinshasa och centralorterna i kopparbältet, Kolwezi och Lubumbashi.



Källa: Världsbanken 2019

mängder och som utvinns för en exportmarknad. Det handlar främst om guld, ädelstenar och de så kallade konfliktmineralen tantal, tenn och volfram (3T), men även av koppar och kobolt som styrs av både interna och externa faktorer. Utvinningen är beroende av både global efterfrågan och lokala förhållanden – förutsättningar för oreglerad och informell småskalig aktivitet, fattigdom och arbetslöshet. Det är denna typ av småskalig mineralutvinning som är aktuell för kobolt.

Faktorerna som påverkar uppkomsten av ASM är flera. Dels hänger det samman med tillgängligheten till malmen och malmens geologi, efterfrågan och priset på mineral, dels med socioekonomiska förhållanden. Finns det till exempel möjlighet för en lågt betald arbetskraft? Är utvinningen helt eller delvis oreglerad? Socioekonomiska faktorer som fattigdom är främsta orsaken till uppkomsten av ASM, och oftast uppstår det där en eller flera faktorer sammanfaller. Malmer med höga halter, mineral med högt värde, fyndigheter nära markytan och samhällen där staten inte reglerar utvinningen eller skyddar innevärdare från konflikt eller andra hot mot mänskliga rättigheter.

Småskalig utvinning av kobolt i DR Kongo

Demokratiska Republiken Kongo (DR Kongo) är troligtvis det enda landet i världen där kobolt utvinns

genom artisanal och småskalig utvinning (ASM), och det har registrerats där sedan 1990-talet. På flera platser i DR Kongo kan halterna av kobolt i sällsynta fall vara mycket höga, över 1,5 procent. De relativt höga kobolt-halterna i kombination med höga kopparhalter skapar tillsammans med social utsatthet förutsättningar för ASM i de delar av DR Kongo där exceptionella koboltfyndigheter finns (se faktaruta *Demokratiska republiken Kongo*). Förutsättningarna är till lika del skapade av utbredd arbetslöshet, fattigdom och stora interna flyktingströmmar som av mineralens värde och tillgång.

I DR Kongo finns koboltreserver på cirka 3,5 miljoner ton enligt kända uppskattningar av Hitzman m.fl. (2017). Produktionen av kobolt i DR Kongo har dubblats de senaste tio åren från 47 400 ton kring 2010 till 100 000 ton år 2019 (USGS 2021).

Rapporterad industriell, storskalig produktion av kobolt står för 70–85 procent av produktionen i DR Kongo och den återstående andelen på 15–30 procent bedöms komma från småskalig utvinning (World Economic Forum 2020). Uppskattningar av produktion och arbetskraft i ASM är dock mycket osäkra. För att sätta siffrorna i perspektiv – 2019 var den totala produktionen av kobolt 100 000 ton, vilket innebär att mellan 15 000 och 30 000 ton producerades av ASM. Detta till ett marknadsvärde av mellan 6 och 12 miljarder svenska

kronor. Om man även lägger till eventuell kopparinnehåll förknippat med kobolt blir värdet ännu större.

Bara en liten del av marknadsvärdet hamnar dock hos dem som arbetar med utvinningen. Det är svårt att veta exakt hur många människor som jobbar med småskalig brytning av kobolt i DR Kongo, men uppskattningsvis är det mellan 150 000 och 200 000 människor endast i regionen Lualaba i södra DR Kongo (World Economic Forum 2020). Den totala siffran för alla människor som arbetar eller är beroende av ASM i DR Kongo är långt större. UNICEF (2012) uppskattar att 40 000 barn arbetar i ASM-sektorn i Katanga i södra DR Kongo, med brytning av olika metaller. Den informella ekonomin i landet är mycket stor och som jämförelse är de nationella statliga inkomsterna bara 4–6 miljarder dollar (IMF, World Economic Outlook Database 2019).

Sociala och ekonomiska effekter av småskalig utvinning av kobolt

Koboltutvinningen i Demokratiska republiken Kongo har uppmärksammats mycket på grund av de svåra förhållanden som människor i småskalig koboltutvinning är utsatta för. Exempelvis är barnarbete vanligt förekommande. När efterfrågan på kobolt ökar och förväntas öka ännu mer i framtiden är koboltutvinningen i DR Kongo i fokus. Det gäller både den småskaliga utvinningen med svåra arbetsförhållanden och den råvarukedja från gruva till produkt som är svår att följa och dokumentera. Stora industriella gruvor existerar sida vid sida med småskalig utvinning i DR Kongo, och kobolt från stora och små, formella och informella gruvor används i de produkter vi alla har runt omkring oss.

2012 uppskattade UNICEF (2012) att mer än 40 000 barn arbetade i gruvor i provinsen Katanga, inklusive koboltgruvor. Amnesty International och Afrewatch (2016) dokumenterade fall i Katanga mellan april och maj 2015, där de besökte fem gruvor och intervjuade 90 personer som arbetade i gruvorna, inklusive 17 barn. Kvinnor och barn gör vanligtvis inte grävarbetet, men det är inte ovanligt att se kvinnor – ibland med små barn på ryggen – och barn som krossar, tvättar och sorterar malmen. I intervjuer fick Amnesty International vittnesmål från barn som sett eller utsatts för våld av säkerhetsvakter när de gjort

Vill du veta mer ...

... om hållbarhet och småskalig utvinning av kobolt i DR Kongo?

Här finns tips på läsning:

- Nkulu, C.B., Casas, L., Haufroid, V., Putter, T.D., Saenen, N.D., Kayembe-Kitenge, T., Obadia, P.M., Mukoma, D.K., Ilunga, J.L., Nawrot, T.S., Numbi, O.L., Smolders, E., & Nemery, B., 2018: *Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo*. Nature sustainability, 1, s. 495–504.
- The Impact Facility, 2020: *Digging for Change, Towards a Responsible Cobalt Supply Chain*. The Impact Facility for Sustainable Mining Communities, 77 s.
- World Economic Forum, 2020: *Making Mining Safe and Fair: Artisanal cobalt extraction in the Democratic Republic of the Congo*. White Paper, World Economic Forum.

intrång i gruvkoncessioner. Ras i schakt och tunnlar orsakar många dödsfall varje år, någon officiell statistik finns inte och kroppar lämnas ibland begravda under rasmassorna.

Enligt vissa uppskattningar arbetar minst 200 000 människor i småskalig mineralutvinning i DR Kongo och cirka 1,2 miljoner är beroende av utvinningen (Intergovernmental Forum on Mining 2017). Andra uppskattningar ger en betydligt större omfattning. Uppskattningarna är visserligen osäkra men icke desto mindre är småskalig mineralutvinning vanlig i många delar av DR Kongo och en viktig inkomstkälla för många människor.

Cirka 110 000 personer antas arbeta som ”grävare” (fr. *creuseurs*) i den småskaliga utvinningen av koppar och kobolt i sydvästra DR Kongo (Amnesty International 2017). Det finns olika typer av creuseurs, men i stort innebär arbetet att plocka eller knacka delar av en fyndighet med högre halter kobolt för att sedan sortera och tvätta malmen innan den paketeras i säckar.

Vissa creuseurs arbetar organiserat och med tillstånd i områden avsedda för detta ändamål. Dessa områden kallas Zone d'Exploitation Artisanal (ZEA) och tilldelas av staten genom Cadastre Minier (CAMI) och tillsynsorganet Service d'Assistance et d'Encadrement des Mines Artisanales et de Petit



En så kallad "comptoir", en handelsplats för malm med koppar och kobolt som utvunnits manuellt. Haut-Katanga provinsen i södra DR Kongo. Foto: Mattias Fackel

Echelle, känt som SAEMAPE, tidigare SAESSCAM (Service for Assistance and Supervision of Artisanal and Small-Scale Mining). De creuseurs som ingår i en ZEA bildar vanligtvis ett kooperativ – en juridisk enhet erkänd av myndigheter – och deras verksamhet är väl reglerad. Det finns exempel där creuseurs har avtal med gruvföretag som äger en bearbetningsanläggning, där de tillåts att bearbeta sin malm mot en avgift och sedan sälja den till tredje part eller till företaget som äger anläggningen.

Andra creuseurs arbetar vid stora fyndigheter eller gruvor som fortfarande undersöks eller utvinns av gruvföretag. Ibland har man avtal med det företag som har laglig rätt till undersökning eller utvinning, men ibland arbetar man utan tillstånd vilket kan leda till konflikter. Det finns också creuseurs som utvinna gammalt eller nytt gruvavfall. De arbetar utan lagligt tillstånd på en gruvkoncession som redan är i verksamhet.

Ett annat vanligt upplägg vid småskalig utvinning är att en grupp creuseurs delar vinsten från försäljningen av malmen de producerar med en lokal finansiär. Finansiären tillhandahåller vanligtvis ett förskott för kostnaden av utvinningen och är sedan mellanhand för creuseur och köpare. Köparna är ofta utländska företag, huvudsakligen kinesiska, som öppnar så kallade "comptoirs" – en handelsbod för inköp, förvaring och vidare försäljning av mineral. Det är inte ovanligt att finansiären eller mellanhanden försöker dra nytta av bristen på kunskap om marknadsvärden hos creuseurs, och de priser som betalas i comptoirs kan vara mycket låga.

De som arbetar med småskalig mineralutvinning i DR Kongo riskerar att fångas i en fattigdomsfälla. Fattigdom är den faktor som lockar människor till oreglerad och informell småskalig mineralutvinning. Bristen på teknisk kunskap kombinerat med dåliga

arbetsförhållanden och låg produktivitet innebär dock en mycket liten ekonomisk avkastning. En undersökning har gjorts av The Impact Facility (2020) kring hur mycket pengar som egentligen hamnar hos arbetarna i ASM-gruvor. Generellt så skiljer sig summan mycket beroende på var i gruvan arbetet sker, hur äganderätten ser ut (även om ägandet är informellt) och vad priset på mineralen är. En person som bär säckar med mineral eller tvättar och anrikar mineral kan tjäna två till fem dollar om dagen, medan en person som arbetar med att gräva fram material i gruvhålen kan tjäna mycket mer beroende på ägandet av området.

De som arbetar utan personlig skyddsutrustning och utan skyddsåtgärder utsätts bland annat för stendamm som innehåller metaller inklusive kobolt (Banza m.fl. 2009) samtidigt som rasrisken ofta är stor i tunnlar och schakt. Utöver de uppenbara och allvarliga hälsoriskerna (tabell 10) är det vanligt att de som arbetar arresteras eller fängslas när de arbetar utan tillstånd eller utanför anvisade områden. Den låga ekonomiska avkastningen och de osäkra arbetsförhållandena förhindrar creuseurs att förbättra sin ekonomiska situation. De kan inte investera i utbildning för sig själva eller sina barn och inte heller betala för sjukvård. De som arbetar med småskalig mineralutvinning är ofta kvar i sin verksamhet främst för att överleva.

Med tanke på det stora antal personer som arbetar i småskalig utvinning av kobolt (> 100 000) samt de många personer som indirekt är beroende av den, skulle utvinningen kunna bidra till att minska fattigdom och stimulera ekonomisk tillväxt. För att detta ska ske måste den verksamheten formaliseras och regleras. Organiserad och reglerad småskalig mineralutvinning har potential att bidra väsentligt till ekonomisk utveckling, till ökat miljöskydd och förbättrade arbetsförhållanden.

En grund för formaliseringen av sektorn lades 2002 i DR Kongo, i och med den första mineral-lagstiftningen efter Zaire-eran (diktatur 1971–1997). Lagstiftningen introducerade den statliga myndighet som ansvarar för att reglera den småskaliga gruvverksamheten, Service d'Assistance et d'Encadrement des Mines Artisanales et de Petit Echelle (SAEMAPE). Trots lagstiftningen skapas få Zones d'Exploitation Artisanale (ZEA) varje år och antalet som redan finns är också lågt relativt det stora antalet människor

som söker sig till småskalig mineralutvinning. Olagligt intrång på gruvkoncessioner är vanligt likaså motsättningar och konflikter mellan grupper och med koncessionsinnehavare. Medlen för stöd och inspektion av gruvområden är små trots ökande antal grupper av creuseurs i den informella sektorn.

Miljö- och hälsorisker vid småskalig utvinning

Småskalig mineralutvinning kan i allmänhet leda till allvarliga skador på miljön och ekosystemen. Verksamheten är oftast oreglerad, saknar tillstånd och undgår prövning och tillsyn av myndigheter. De metoder och tekniker som används för framför allt anrikning av mineral kan vara ineffektiva och kräva kemiska produkter som släpps ut i naturen i stor omfattning jämfört med den låga andelen utvunna mineral.

I en koboltfyndighet finns koboltmineral alltid tillsammans med mineral som kan innehålla nickel, koppar, bly, zink, järn, kadmium, arsenik, germanium och uran. Vid utvinning av kobolt separeras också de mineral som finns associerade med koboltmineral. Skador på människor och miljö kan komma från höga halter kobolt, men också från de ämnen som finns i andra mineral i koboltmalmen.

Småskalig mineralutvinning är nästan alltid beroende av tillgång till vatten för anrikningsprocessen. De vattensamlingar, grundvatten eller vattendrag som används påverkas oftast mycket. Det kan handla om påverkan av metaller som lösgörs från malm och omkringliggande berg, av kemiska produkter som används i anrikning, av sediment och partiklar, av bakterier från toaletter eller som ett förändrat vattenflöde. Det vatten som används finns dessutom ofta i eller nära samhällen med en redan utsatt befolkning. Kobolt och associerade metaller kan spridas via bäckar och floder som används för att tvätta den utvunna malmen före försäljningen. I förlängningen kan ekosystem och ekosystemtjänster förstöras – exempelvis fiske i lokala vatten. Detta kan försätta människor i ännu större nöd och djupare fattigdom.

Utöver den påtagliga påverkan på vatten så är också stendamm ett lokalt miljöproblem vid småskalig mineralutvinning, men framför allt en allvarlig hälsorisk. Stendamm orsakar skador på luftvägarna (silikos, stendammslunga) och om det innehåller exempelvis uran, bly och arsenik kan det också orsaka förgiftning.

Tabell 10. Vanliga miljöskador, hälsorisker och indirekta risker för människa och samhälle vid småskalig och oreglerad, informell mineralutvinning.* De här viktiga punkterna är observationer och återkommande ämnen i SGUs arbete tillsammans med geologer och miljöinspektörer från Afrika under åren 2016–2020.

Common environmental damage, health risks and indirect risks to humans and society in small-scale and unregulated, informal mineral extraction. These important points are observations and recurring topics in SGU's work together with geologists and environmental inspectors from Africa during the years 2016–2020.

Miljöskador	Direkta hälsorisker	Indirekta risker
Avskogning	Lungskador – silikos	Informella och oreglerade arbetsplatser
Störda biotoper	Metallförgiftning	Instabila, temporära samhällen utan infrastruktur och service
Erosionsskador	Rasolyckor	Liten närvaro av myndigheter
Sedimentation av vattendrag	Diarréer – patogener från latrin	Ekonomiskt beroende av enskild näring
Damning	Malaria – vattensamlingar	Skada på ekosystemtjänster
Metall i damm, i vatten och i organismer		Låg ekonomisk diversifiering
		Förlorad skolgång
		Alkohol och droger
		Prostitution
		Hot och våld

* Generella risker för miljö, människa och samhälle vid ASM. Observationer och erfarenheter från arbete med ASM i flera afrikanska länder. Listorna är inte kompletta och innehåller exempelvis inte kvicksilverskador vid guldutvinning eller plats specifika konflikter. Källa: SGU.

Lossgörning, transport och anrikning kan sprida damm med högt metallinnehåll till omkringliggande miljö och indirekt påverka vattenkvalitet och jordmånens kemi.

Listan med direkta och indirekta förändringar för miljö och människa på grund av ASM kan göras lång (tabell 10). Avskogning, kåkstäder, dålig sanitet och svåra sociala förhållanden är ofta påtagligt vid platser med småskalig mineralutvinning. Ekonomiska och etniska konflikter kan också uppstå i de samhällen som snabbt förändras när stora mängder människor flyttar till en plats för småskalig mineralutvinning. Fattigdom, konflikt och våld både driver migration till ASM men kan också uppstå i de samhällen där småskalig mineralutvinning sker.

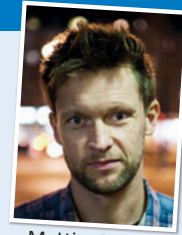
Vill du veta mer ...

... om hälsorisker vid artisanal och småskalig utvinning?

Här finns tips på läsning:

- Entwistle, J.A., Hursthouse, A.S., Marinho Reis, P.A. m.fl., 2019: *Metalliferous Mine Dust: Human Health Impacts and the Potential Determinants of Disease in Mining Communities*. Current Pollution Reports 5, s. 67–83.
- Fubini, B. & Fenoglio, I., 2007: *Toxic Potential of Mineral Dusts*. Elements, 3, s. 407–414.
- United States Department of Health and Human Services, 2004: *Toxicological profile for cobalt*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 397 s.

Småskalig utvinning av kobolt i DR Kongo kommer även i framtiden att locka fattiga människor att utföra riskfyllt arbete. Det skriver geologen Mattias Fackel i en resebetraktelse. Men poängterar att utvinningen samtidigt för med sig stora möjligheter.



Mattias Fackel

"Vissa gruvor är som öar av normalitet"

När jag sätter mig i bilen utanför gruvan väntar föraren bara. Bilen står stilla. Men så ber han mig artigtt att ta på säkerhetsbältet.

– Vi kan inte åka förrän alla är ordentligt fastspända!

Jag vet förstås hur viktiga säkerhetsföreskrifterna är på stora gruvbolag. Chaufförens uppmaning är bara så udda i kontrast till att väldigt få utanför den här gruvan bryr sig om föreskrifter och procedurer. Nyss passerade vi till exempel kobolthandlare som helt uppenbart bedriver sin verksamhet vid sidan av alla regleringar.

Vi besöker gruvan Tenke som ligger i de södra delarna av Demokratiska republiken Kongo. I det stora gruvområdet bor ungefär 250 000 människor varav 3 000 är anställda av gruvbolaget. Att få ett jobb i en stor gruva är en bedrift för alla som kommer från de genomsnittliga ekonomiska och sociala förhållandena i landet. Vissa gruvor är som öar av normalitet – med jobb, ekonomiska möjligheter, vård, utbildning och stöd till det omgivande samhället.

Men parallellt med dessa öar finns också den sida av koboltutvinningen i DR Kongo som uppmärksammats mycket på senare år. Den verklighet där barnarbete, fattigdom och korruption är en del av kobolten som till slut hamnar i din och min mobiltelefon. Och allt mer i batterierna till våra elbilar.

Kobolt räknas ibland även som ett konfliktmineral, vilket kan innebära att inkomsterna från utvinningen används för att stödja väpnad konflikt.

Av de som bor i Tenke Fungurume, men inte arbetar för gruvbolaget, är många ändå beroende av gruvan genom sekundära industrier. Andra driver jordbruk och vissa är mer oberoende. Men många tusen är också småskaliga gruvarbetare. De arbetar i eller nära de öppna gruvhålén utan några som helst säkerhetsarrangemang.

Gruvorna är konstruerade för att vara säkra vid storskalig utvinning med maskiner, men att arbeta manuellt där är mycket riskfyllt.

Inkomsterna är låga och det sociala skyddsnätet ofta obefintligt. Småskalig utvinning finns där åtråvärda mineral finns att utvinna, och där människors valmöjligheter är små i skuggan av fattigdom och svaga stater.

Allt detta är visserligen korrekt, men ändå bara delvis. Jag är varken politiker eller ekonom, utan mina erfarenheter kommer från min roll som geolog. Jag har tidigare arbetat i gruvor och med prospektering i provinserna Lualaba och Haut-Katanga i DR Kongo. Och jag känner inte helt igen den bilden av koboltproduktionen. Enligt min uppfattning kan småskalig mineralutvinning i DR Kongo vara flera saker på samma gång:

- Det är en fattigdomsfälla – men samtidigt en livsnödvändig inkomstkälla för hundratusentals fattiga och arbetslösa.
- Det är en chans till inkomster som driver stor intern migration med risk för konflikter – men samtidigt en ekonomisk möjlighet för både lokalbefolkning och internflyktingar.
- Det är farliga arbetsplatser och en oreglerad verksamhet som uppmuntrar till korruption och utnyttjande av utsatta människor – men samtidigt en ekonomisk aktivitet som är möjlig att reglera och samarbeta kring för de som lever utan socialt skyddsnät och utan organiserat arbete.

Även i framtiden kommer småskalig utvinning att vara en fara för människa, miljö och samhälle. Men också en möjlighet till inkomst. En möjlighet att organisera utsatta, fattiga människor. Och en möjlighet till en övergång till andra ekonomiska aktiviteter med eller utan mineralutvinning.

Mattias Fackel



Koncentrat av kobolt redo att fraktas från Tenke-gruvan i DR Kongo. Foto: Mattias Fackel.

Hur är marknaden för kobolt?

How is the market for cobalt?

HANDEL OCH PRISER

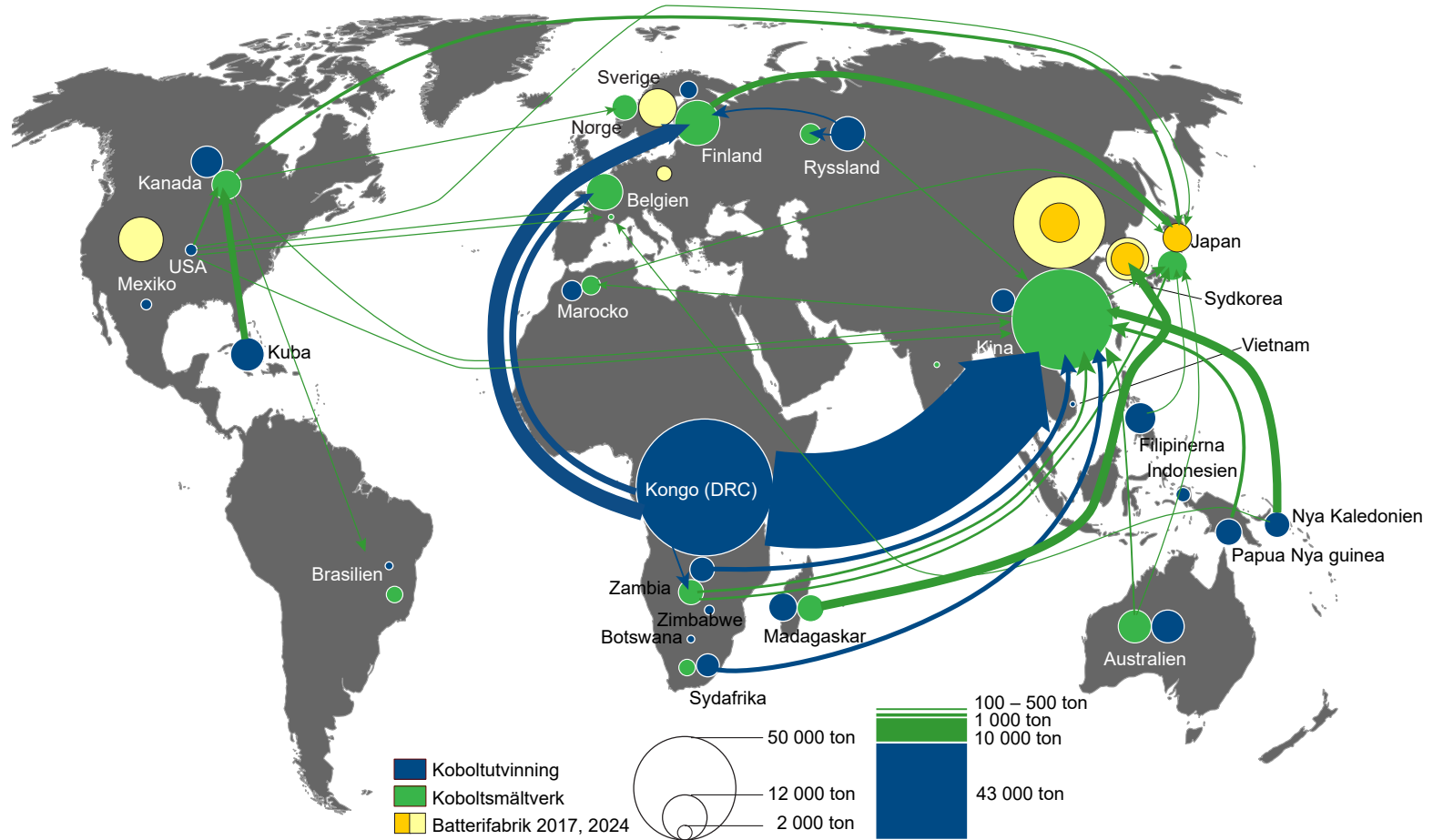
Trade and prices

Kobolt utvinns till 90 procent från tio av världens länder. Stora producenter är Kanada, Ryssland, Australien och Kina, men framför allt Demokratiska republiken Kongo. Landet stod år 2017 för 59 procent av världens koboltproduktion (Petavratzi m.fl. 2019). I EU utvinns kobolt från gruvor i Finland, ca 2 000 ton per år (S&P Global Market Intelligence).

Det största flödet av koboltslig går från gruvorna i DR Kongo till smältverk i Kina (fig. 18). Den kemiska kobolten som framställs där säljs vidare till batterifabriker främst inom landet, men sannolikt också till Sydkorea

och Japan. Färdiga batterier säljs över hela världen men företrädesvis till elektronik- och fordonsindustrin i Kina, Japan, Sydkorea samt Europa och Amerika.

I Europa finns det smältverk för framställning av kobolt i Finland (Freeport i Karleby med 13 000 tons kapacitet), i Norge (Glencore Nikkelverk i Kristiansand med 5 700 tons kapacitet) och i Belgien (Umicore i Olen med 1 500 tons kapacitet). De europeiska smältverken producerar både kemiskt och metalliskt kobolt. Koboltslig från Tenke Fungurumes gruva i DR Kongo importeras till Karleby i Finland som framställer kemiskt kobolt för export till batterifabriker i Japan. År 2018 raffinerades 12 200 ton där, vilket motsvarar 94 procent av kapaciteten.



Figur 18. Kartan visar koboltens väg från gruvorna (blått) till smältverken (grönt) till batterifabrikerna (gult) Framtida batterifabriker i ljusgult. Samtliga cirklar är proportionella och visar mängden kobolt. Källa: Petavratzi m.fl. (2019), EU-kommissionen (2020).

Sju av världens tio största koboltgruvor ligger i DR Kongo (tabell 11). Dessa ägs av multinationella bolag med både amerikanska, europeiska, ryska och kinesiska intressen (tabell 12).

Koboltsmältverken kontrolleras av kinesiska intressen (tabell 13). Framför allt den kemiska kobolten som används till batterier. Det är relativt vanligt med Joint-ventures där flera bolag går samman, ofta

Tabell 11. De tio största koboltgruvorna i världen efter koboltutvinning, 2019. Källa S&P Global Market Intelligence
The ten largest cobalt mines in the world sorted by cobalt extraction, 2019.

Gruva	Land	Ägarföretag	Utvinning	Koboltproduktion (t)	Andel av global utvinning (%)
Mutanda	DR Kongo	Glencore Plc	koppar, kobolt	25 100	17
Kamoto	DR Kongo	Glencore Plc, Gécamines SA	koppar, kobolt	17 054	11
Tenke Fungurume	DR Kongo	China Molybdenum Co. Ltd., Gécamines SA	koppar, kobolt	16 098	11
Mutoshi	DR Kongo	Chemaf SPRL (Shalina	koppar, kobolt	8 000	5
Etoile	DR Kongo	Shalina Resources Ltd	koppar, kobolt	7 000	5
Metalkol RTR	DR Kongo	Eurasian Group LLP	koppar, kobolt	6 000	4
Ruashi	DR Kongo	Jinchuan Grp Intl Rsrc Co. Ltd, Gécamines SA	koppar, kobolt	5 070	3
Sudbury Operations	Kanada	Glencore Plc	nickel, koppar, kobolt, PGE, guld, silver	4 400	3
Murrin Murrin	Australien	Glencore Plc	nickel, kobolt	3 700	2
Moa Bay	Kuba	Sherritt International Corp., General Nickel Co SA	nickel, kobolt, järn	3 376	2

Tabell 12. De största koboltproducerande företagen 2018. De två största producenterna i EU är med på platserna 20 och 25. Källa S&P Global Market Intelligence.

The largest cobalt producing companies in 2018. The two largest producers in the EU are in places 20 and 25.

Största koboltproducenter	Företag	Koboltproduktion (t)	Andel av världsproduktion (%)
1	Glencore Plc	35 444	26
2	China Molybdenum Co. Ltd.	10 498	8
3	Gécamines SA	8 345	6
4	Katanga Mining Ltd.	8 334	6
5	Shalina Resources Ltd	6 650	5
6	PJSC MMC Norilsk Nickel	5 707	4
7	Vale S.A.	4 619	3
8	BHR Newwood Invt Mgmt Ltd	4 499	3
9	Jinchuan Grp Intl Rsrc Co. Ltd	3 758	3
10	Nickel Asia Corp.	2 915	2
20	Terrafame Oy	1 208	0,9
25	Boliden AB (publ)	869	0,6

Tabell 13. Världens största smältverk (smelters) för kobolt. Källa S&P Global Market Intelligence
The world's largest refineries (smelters) for cobalt.

Anläggning	Land	Företag	Ägarland
Jinchuan Nonferrous Metals Corp	Kina	Jinchuan Nonferrous Metals Corp	Kina
Huayou Cobalt Co., Ltd.	Kina	Huayou Cobalt Co., Ltd.	Kina
Jiangsu Cobalt Nickel Metal Co., Ltd.	Kina	Jiangsu Cobalt Nickel Metal Co., Ltd.	Kina
Shenzhen Green Eco-manufacture Hi-tech Co., Ltd.	Kina	Shenzhen Green Eco-manufacture Hi-tech Co., Ltd.	Kina
Freeport i Kokkola	Finland	Freeport Cobalt (Freeport-McMoRan, Lundin mining, Tenke Fungurume Mining, Gecamines)	USA, Kanada, DR Kongo, DR Kongo
Nikkelverk	Norge	Glencore	England, Schweiz
Olen	Belgien	Umicore	Belgien
Umicore	Kina	Umicore	Belgien
Chambishi Metals PLC	Zambia	Eurasian Resources Group S.à r,	Luxemburg, Kazakstan?
Ambatovy Nickel Projec	Madagaskar	Sumitomo Metal Mining Co, Sherritt International och Korea Resources Corp.	Japan, Kanada, Sydkorea
Niihama Nickel Refinery	Japan	Niihama Nickel Refinery	Japan
Moa Joint Venture	Kuba	Sherritt International 50 % och Cobalt Refinery Company (CRC), International Cobalt Company Inc. (ICCI) och Moa Nickel SA	Kanada, Kanada, Kanada, Kuba
Palmer Nickel and Cobalt Refinery (Yabulu)	Australien	Queensland Nickel	Australien
Norilsk Nickel	Ryssland	Norilsk Nickel	Ryssland

med ett lokalt bolag, för att driva en gruva och raffinaderi. Det förekommer också att västliga multinationella företag samarbetar med östliga bolag från Sydkorea, Japan och Kina.

Batterifabriker är främst sydkoreanska och kinesiska. På senare år har de stora producenterna av bilar, mobiler och annan batteriintensiv elektronik börjat se om sitt hus och samarbetar med batteritillverkare. Exempel på det är Tesla Motors från USA som bygger en batterifabrik i Nevada, USA tillsammans med japanska Panasonic. Tyska Volkswagen samarbetar med SK-Innovation från Sydkorea. Samtidigt står Kina, Sydkorea och Japan för mer än 90 procent av världens produktion av litiumjonbatterier (EU-kommissionen 2020a).

Även i tillverkningen av de slutprodukter där batterierna används har Kina stort inflytande. Av de tjugo största bilfabrikanterna är fem kinesiska. Av de tio största mobiltillverkarna och tio största solpanelstillverkarna är 70 procent kinesiska.

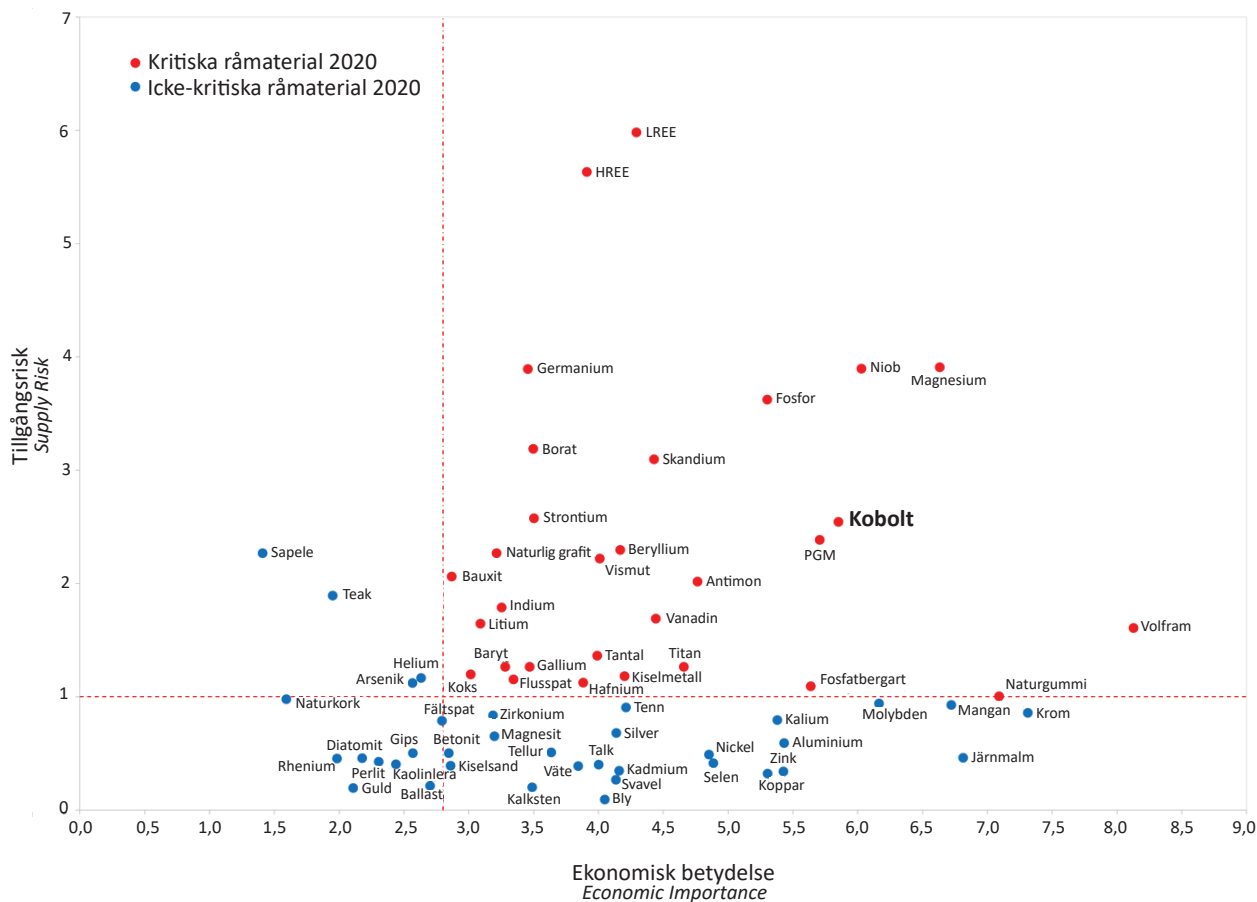
Koboltmarknaden hade 2016 ett HHI-värde (Herfindahl-Hirschman Index) på 3 300, vilket innebär en starkt koncentrerad marknadsplats. Herfindahl-Hirschman Index är ett mått på en marknads koncentration, det vill säga om den är monopolistisk eller konkurrensutsatt (läs mer i avsnitt *Hur mycket kobolt produceras i världen?*).

Koboltmarknadens monopolistiska prägel och den kinesiska dominansen (se faktaruta *Koboltmarknadens egenskaper*) innebär också en ökad risk för störningar i produktionen. Som exempel begränsar Kina sedan 2004 utförseln av sällsynta jordartsmetaller (REE, eng. *Rare Earth Elements*) genom exportkvoter främst för att tillgodose den egna efterfrågan. När kvoterna sänktes kraftigt 2010 orsakade de kraftigt höjda priser. Kobolt är inte fullt så koncentrerat och dominerat av Kina som REE, men det finns en tillräcklig utbudsrisk i kombination med metallens stora ekonomiska betydelse. Detta har lett till en klassning som kritisk metall för EU (fig. 19).

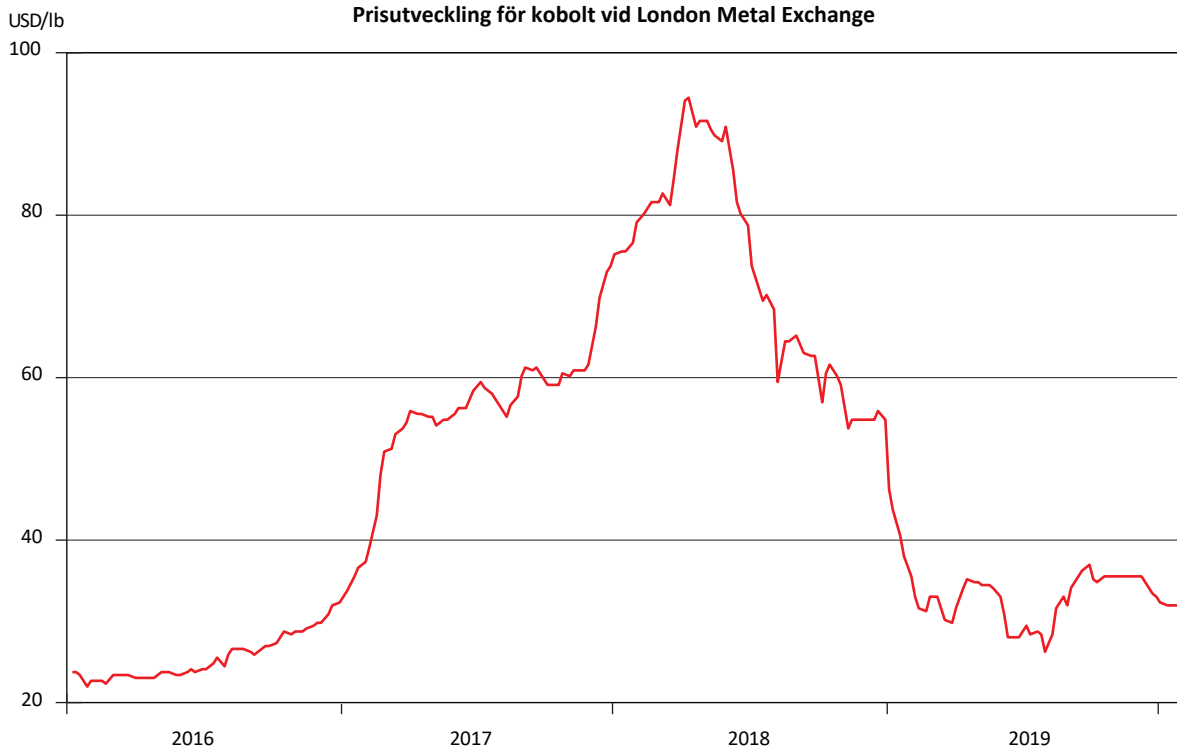
Koboltmarknadens egenskaper

Characteristics of the cobalt market

- Kraftig dominans av gruvor i DR Kongo. Gruvproduktionen kommer till ca 60 procent från DR Kongo.
- Kraftig dominans av smältverk i Kina. Raffinerat kobolt kommer till 46 procent från Kina.
- Kraftig dominans av batteriproduktion i Kina. 30 procent av kapaciteten kom från Kina 2017. Beräknas bli 60 procent 2024.
- Kraftig dominans av batterikonsumenter från företag i Kina. 30 procent av bilföretagen är kinesiska och 70 procent av mobil- och solpaneliföretagen är kinesiska.
- Småskalig utvinning utgör 15–30 procent av koboltproduktionen i DR Kongo, vilket medför stora miljö- och arbetsmiljöproblem.
- Det politiska läget i DR Kongo är instabilt och tillgången på metaller från landet är opålitlig.
- Korruption, konflikt, fattigdom och brott mot mänskliga rättigheter är utbrett i DR Kongo i synnerhet kopplat till småskalig gruvbrytning.



Figur 19. EU:s lista över kritiska råmaterial. Kobolt är markerat med större text. Källa: EU-kommissionen (2020b)
EU list of critical raw materials. Cobalt is marked with larger text.



Figur 20. Koboltpriset åkte berg- och dalbana under 2017 och 2018. Källa: London Metal Exchange (LME)
The price of cobalt varied greatly during 2017 and 2018.

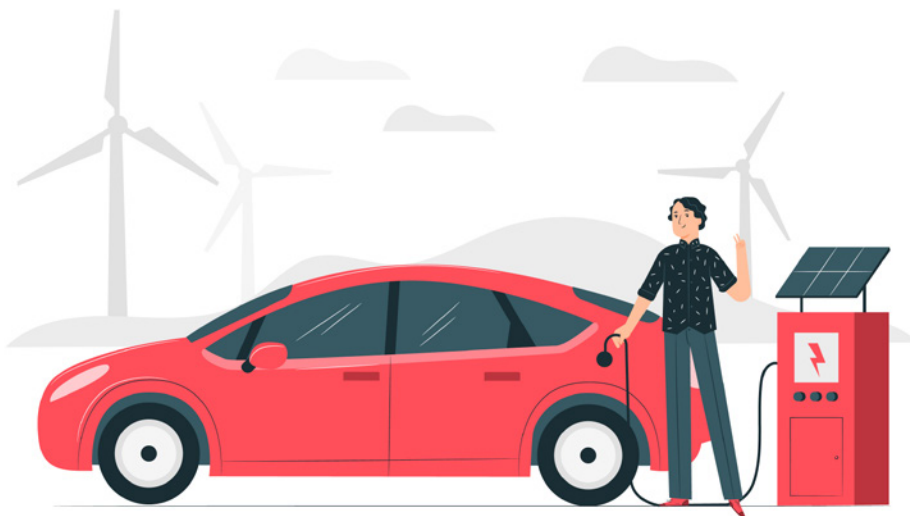
Prisutveckling

Hälften av koboltanvändningen finns i den traditionella industrin främst som legering i stålindustrin. Den andra halvan finns inom batteriindustrin. Priserna för kobolt har tidigare följt efterfrågan av metalliskt kobolt, men allt eftersom andelen kemiskt kobolt till batterier ökat så har priserna i allt högre grad påverkats av batteriefterfrågan. Koboltutbudet är till stor del oelastiskt, utbudet påverkas av andra faktorer än efterfrågan på kobolt. Utbudet i de stora gruvorna i Demokratiska republiken Kongo styrs i hög grad av priset på koppar som också bryts tillsammans med kobolt.

Priset på kobolt ökade dramatiskt under 2017 och nådde sin toppnivå i början på 2018 med över 90 USD/

pund (lb) (fig. 20). Orsaken var förväntningar på ökad efterfrågan av elbilar innehållande koboltrika batterier och ökad produktion av dessa.

Från 2018 föll emellertid priset lika dramatiskt med över 60 procent. Prisnedgången förklaras av en kombination av ökat utbud av kobolt och en stor osäkerhet på marknaden, risk för tullar och handelskrig mellan världens stora aktörer USA och Kina. Det stora prisfallet vid årsskiftet 2018/2019 hängde samman med valet i DR Kongo och risken för politiska oroligheter. Mutanda-gruvans stängning bidrog till en relativ prisuppgång under hösten 2019. Prisnivån i början av 2020 var ca 1,4 gånger högre än priset i mitten av 2016, innan priserna började stiga.



Efterfrågan på kobolt väntas öka kraftigt med den gröna energiomställningen. Foto: Freepik

Hur kan den framtida utvecklingen se ut?

What can the future development look like?

EFTERFRÅGAN OCH FRAMTIDSUTSIKTER

Demand and prospects

Efterfrågan på kobolt väntas öka dramatiskt de närmaste åren, enligt flera marknadsanalytiker som har prognosticerat utvecklingen. Figur 21 visar prognoser för utbud och efterfrågan på kobolt fram till 2030. Prognosen för efterfrågan kommer från Europeiska kommissionens gemensamma forskningscentrum (JRC, eng. *Joint Research Centre*; Alves Dias m.fl. 2018), och bygger på fyra olika scenarier för utvecklingen som satts upp av organisationen Internationella energirådet (IEA, eng. *International Energy Agency*). Scenarierna påverkas av vilket klimatmål man siktar på att nå (se faktaruta *Klimatscenarier*). Enligt denna prognos skulle efterfrågan på kobolt kunna hamna på någonstans från 200 000 till över 350 000 ton per år 2030, beroende på vilket scenario som blir verklighet.

I prognosen för efterfrågan har även substitutions-effekter lagts till eftersom teknikutvecklingen väntas ge substitut till kobolt i framtida batterier. De substitutionseffekter som figur 21 är ritad efter innebär att användningen av kobolt i batterier till elfordon bedöms minska med 29 procent fram till 2030. På längre sikt kan ytterligare minskningar av användningen av kobolt

i bilindustrin innebära koboltfria batterier, som litium-luft, litium-svavel eller ”solid state-batterier” och bränsle-cellsbaserade fordon.

Efterfrågan på kobolt påverkas även av politiska faktorer, vilket bidrar till att göra prognosen osäker. Exempelvis har ett antal länder och andra autonoma områden (främst delstater i USA) gjort utfästelser om att nyproduktion av bensin- och dieseldrivna bilar ska förbjudas 2030 och en gradvis övergång till elfordon ska ske till dess. Sverige är inte med på listan. Ska dessa utfästelser bli verklighet behövs uppemot 300 000 ton kobolt enbart till dessa elfordon, vilket på ett ungefär skulle motsvara scenariot utan substitutionseffekter i figuren. Det är dock mycket svårt att estimeras koboltanvändning i ett sådant scenario, eftersom priset på kobolt skulle påverka teknikutvecklingen. Substitut av andra metaller skulle med säkerhet växa fram.

Prognosen för utbudet är baserad på historiska värden för koboltproduktionen under 2006–2018 (Cobalt Institute 2021b) och sedan har en genomsnittlig trend beräknats fram till 2030. Den framskrivna trenden får en rätt bra överensstämmelse med IEAs två lägre scenarier från 2018. Det lägsta av IEAs alternativ är IEA RTS (eng. *Reference Technology Scenario*). Prognosen där svarar

mot de policys om energieffektivitet, energidiversifiering, luftkvalité och minskade koldioxidutsläpp som är under överväganden i många länder världen över.

För den industriella användningen av metallen beräknas ökningen från 2018 till 2030 bli nästan 50 procent enligt prognosen. Jämfört med utvecklingen under 2000–2010-talet är det en relativt normal utveckling för en metall, med en ökningstakt på 3,4 procent per år. Det som däremot väntas öka dramatiskt är användningen av batterier – och mest eftertraktade är litiumjonbatterier där kobolt ingår som en viktig beståndsdel.

Batterikapaciteten i världen kommer 2023 att vara mer än 200 000 MWh, då det planeras nya batterifabriker i Kina, USA och Europa. Dessa fabriker kan komma att behöva mer än 70 000 ton kobolt per år. I Sverige har Northvolts batterifabrik i Skellefteå börjat anläggas och förväntas starta 2021. Den ska ha en planerad kapacitet på 32 000 MWh 2024, vilket kan motsvaras av omkring 7 500 ton kobolt. Det går dock inte att ange exakta koboltmängder eftersom man i nuläget inte vet vilka framtida batterikonfigurationer som kommer att tillverkas. Mängden varierar mellan olika konfigurationer. Northvolt kommer att producera batterier med NMC-teknik, troligen med majoritet av NMC 811-teknik, vilket innebär omkring 10 procent kobolt (se avsnitt *Kobolt i batterier*).

Det högsta alternativet i prognosen för efterfrågan, IEA B2DS (eng. *Beyond 2 Degrees*), svarar mot en ökning av antalet eldrivna bilar till 200 miljoner 2030, vilket syftar till att uppnå ett nollvärde av växthusgasutsläpp från energisektorn strax efter 2060. Scenariot innebär

en total ökning av efterfrågan på kobolt till batterier för elbilar från 10 000 ton 2017 till 390 000 ton 2030 (variant: Exklusive substitutionseffekt). Det blir 39 gånger med en årlig ökningstakt på 30 procent. Räknat med korrigering för substitutionseffekter blir ökningen 290 000 ton, det vill säga 29 gånger med en årlig ökningstakt på 27 procent. Detta scenario visas i den röda stapeln längst till höger i figur 21.

Figuren visar stora skillnader mellan utbud och efterfrågan på kobolt, skillnader som består även om man räknar med en hög återvinningseffekt. För år 2030 ger scenariot IEA B2DS ett gap mellan utbud och efterfrågan på 100 000 ton. En lägre efterfrågenivå enligt IEA 2DS (eng. *2 Degrees*) visar på ett gap på drygt 40 000 ton. Europeiska kommissionen räknar med ett medelvärde och får ett gap på ca 8 000 ton 2020, därefter ett överskott, åter ett gap på 8 000 ton från 2025, och sedan jämt stigande fram till 2030 med ett gap på 60 000 ton. Europeiska kommissionen föreslår att gapet kan överbryggas genom specifika åtgärder i enlighet med EUs råvaruinitiativ (eng. *European Raw Materials Initiative*, RMI). Inom gruvsektorn handlar det om att

- främja prospekteringen
- främja privata investeringar i prospekteringen
- förbättra konkurrenskraften för europeiska gruvor, t.ex. genom minskningar av transportkostnaderna
- konsolidera handelsavtal med länder som EU importerar från, som Australien och Kanada
- utveckla återvinningen, med högre återvinningsgrader från batterier för elfordon.

Klimatscenarier

Climate scenarios

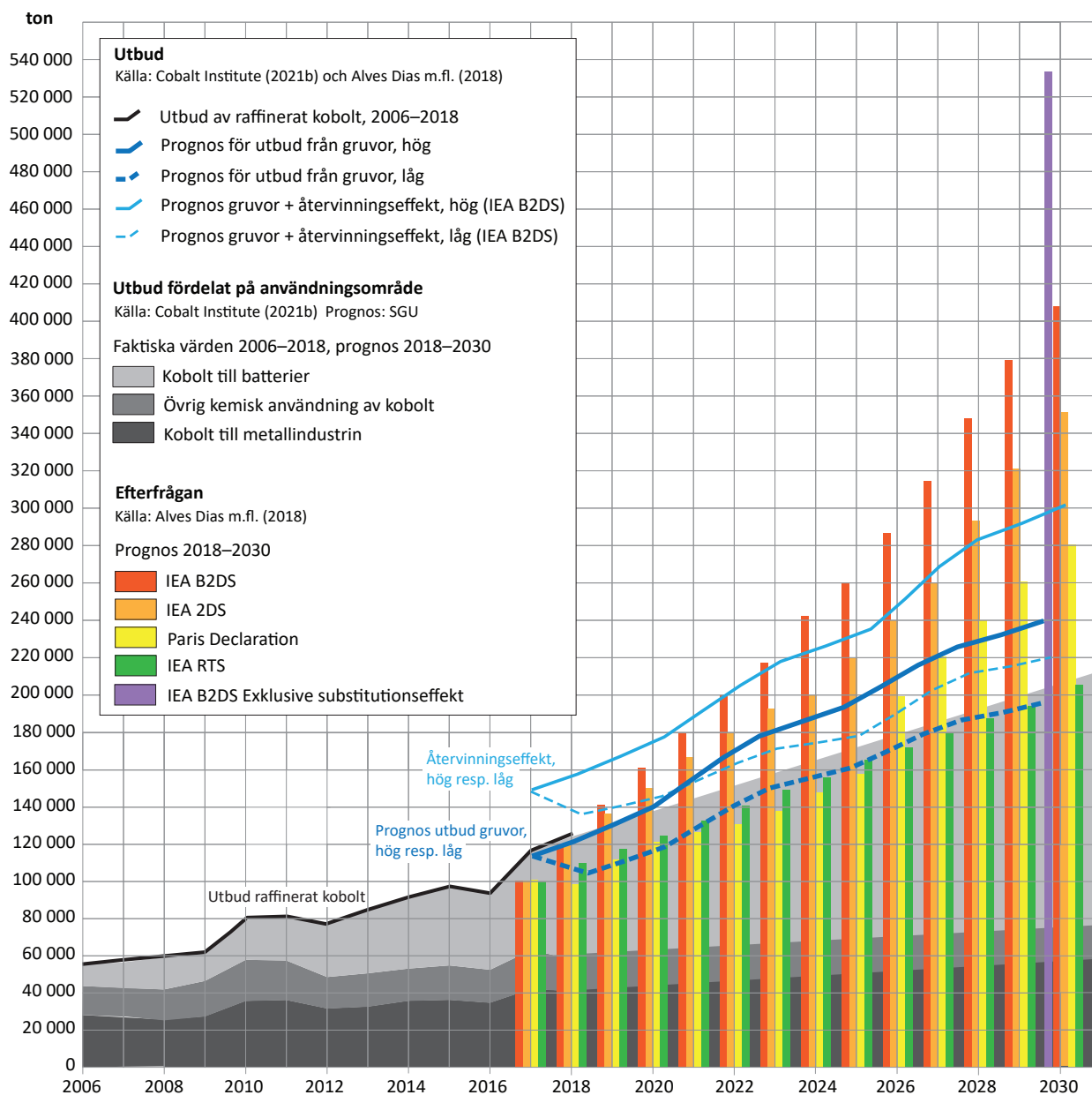
- **Beyond 2 Degrees (IEA B2DS):** Detta scenario är beräknat utifrån att ökningen av jordens medeltemperatur ska ligga under 2° C till år 2100. För att energisektorn ska klara detta kommer efterfrågan på elbilar att öka. Därmed ökar också behovet av kobolt från 104 300 ton per år idag till 534 500 ton 2030.
- **2 Degrees (IEA 2DS):** Enligt detta scenario hamnar ökningen av temperaturen på 2° C år 2100. Efterfrågan på kobolt förväntas mer än fyrdubblas till 2030 och nå 438 500 ton.
- **Paris Declaration:** Står för The Paris Declaration on Elec-

tromobility and Climate Change och antogs vid FN:s klimatmöte i Paris 2015. Siktat också på en uppvärmning lägre än 2° C. Den globala konsumtionen av raffinerad kobolt kan uppgå till 200 500 ton år 2025 och 344 000 ton 2030. Ökningen mellan 2017 och 2030 hamnar på 9,6 procent.

- **Reference Technology (IEA RTS):** Enligt detta scenario hamnar uppvärmningen på 2,7° C till år 2100. Efterfrågan på kobolt får inte överstiga 241 500 ton år 2030. Detta motsvarar en årlig tillväxttakt på 6,7 procent för perioden 2017–2030.

Källa: Alves Dias m.fl. (2018)

Prognos för utbud och efterfrågan på kobolt



Figur 21. Prognos för utbud och efterfrågan på kobolt i världen fram till 2030. Efterfrågan visas med staplar uppdelade efter Internationella energirådets (IEA) scenarier för utvecklingen (se faktaruta *Klimatscenarier*). Utbudet visas med grå fält uppdelade på användningsområde samt som kurvor. De mörkblå kurvorna visar utbudet från gruvor, hög respektive låg prognos. De ljusblå kurvorna visar utbudet från gruvor tillsammans med en återvinningseffekt, hög respektive låg prognos för återvinningseffekten. Källa: Joint Research Centre (Alves Dias m.fl. 2018) och Cobalt Institute (2021b)

Forecast for supply and demand for cobalt in the world until 2030. Demand is shown in bars divided according to the International Energy Agency's (IEA) scenarios for achieving different climate goals. Supply is shown both with gray fields divided by area of use and as curves. The dark blue curves show supply from mines, high and low forecast, respectively. The light blue curves show supply from mines together with a recycling effect, high and low forecast for the recycling effect, respectively.

"Krav från konsumenterna kan börja sätta press"



Martina Petranikova är forskare specialiserad på kemi och kemiteknik vid Chalmers universitet.

■ **Kobolt är en huvudkomponent i batterier i många elbilar. Hur ser du på betydelsen av säker tillgång på kobolt och andra batterimetaller?**

– Kobolt är en kritisk metall för EU på grund av den begränsade tillgången. Att lista kobolt som en sådan metall var det första steget i att förtydliga vikten av kobolt och därmed säkerställa att den får den uppmärksamhet som behövs. Eftersom det kommer att finnas flera batteriproducenter inom EU blir det strategiskt viktigt att säkra tillgången på de nödvändiga råmaterialen.

Det är bra att samma "status" har givits till litium, som nu också listas som en kritisk metall. Den produceras bara i ett fåtal länder i världen och EU har för närvarande ingen produktion alls. Trots att Finland snart påbörjar produktion av litium (Keliber) finns det begränsat med expertis på förädlingsområdet, något

som bör ses över och hanteras av akademiska- och industriella sakägare. Sådan kompetens bör utvecklas snarast.

Tillgång till nickel borde inte vara särskilt problematisk eftersom Finland har både gruvbrytning (Terra fame) och etablerad produktion (Nornickel). Eftersom norra Europa har flera fyndigheter med så kallade batterimetaller är den enda vägen framåt att stötta ansvarstagande och erfarna gruvbolag och produktionsbolag i arbetet med att hålla hög standard på miljöarbetet.

■ **En majoritet av all kobolt kommer idag från DR Kongo, ett land med pågående väpnad konflikt och politisk instabilitet. Enligt dig, vilka är de största utmaningarna för en hållbar marknad för kobolt?**

– Mest problematiskt är olika äganderättsförhållanden av gruvorna i DR Kongo, och att det finns väldigt lite påtryckningar från köpare att implementera arbetsmiljöskydd. En lösning skulle kunna vara att utveckla större konkurrens genom att etablera en mer hållbar gruvdrift inom EU eller i andra delar av världen, och också genom att främja återvinning av kobolt då återvinningsgraden är hög och ligger runt 80–95 procent.

■ **Kobolt utvinns inte i Sverige idag, men det finns viss potential. Vad krävs för att starta svensk koboltproduktion?**

– Utvinning av metaller inom EU är en utmaning på grund av ett stort ansvarstagande när det kommer till miljöskydd. För att få tillåtelse att bedriva gruvdrift ställs höga krav och många olika tillstånd behövs. Åsikterna från de personer som direkt påverkas av gruvdriften kan också ha stor betydelse, och i vissa fall även vara avgörande. Alltså bör gruvor drivas av ansvarsfulla och skickliga operatörer som också kommunicerar ärligt med

allmänheten om planerna och hur dessa kommer att påverka dem.

Eftersom allmänheten i Sverige har ett välutvecklat sinne för miljöskydd skulle gruvbolag kunna få ett stort stöd av myndigheter och media när det kommer till att informera om vikten av att ha tillgång till "slavfritt kobolt" i elbilar och mobila enheter. Myndigheter skulle också kunna etablera olika styrmedel som gör det fördelaktigt att använda kobolt från den inhemska produktionen.

Utöver själva gruvbrytningen är kompetens inom hydrometallurgiteknik också en extremt viktig del som krävs för en framtida produktion av kobolt. Hydrometallurgi appliceras brett inom koboltutvinning, och används exempelvis för att uppnå mycket hög renhet i grundsubstanser. Sådana kunskaper kommer att bli en nyckel för konkurrenskraft på marknaden för kobolt.

■ **Hur ser framtidens marknad för kobolt och elbilar ut enligt dig?**

– Det är vida känt att alla problem med kobolt (tillgång, pris, osv.) har resulterat i många ansträngningar för att minska användningen av kobolt i katodiska material. Framtida katodiska material kommer att använda 6–8 gånger mindre kobolt än vad som används i nutida kemimetoder. Dock kommer den ökande efterfrågan på elbilar att kräva enorma mängder råmaterial för batteriproduktion, och kobolt kommer fortsätta att främst anskaffas via gruvbrytning. Men när volymerna för förbrukade bilbatterier blir tillräckligt stora för en hållbar återvinning kommer också återvunnen kobolt kunna bidra till att mäta efterfrågan. Förhoppningsvis kommer det att finnas tillräckligt med medvetenhet och krav från konsumenterna för att sätta press på marknaden att använda återvunnen kobolt hellre än nyproducerad.

"Vi tror starkt på ökad återvinning av batterier"

Peter Carlsson är VD för det Sverigebaserade företaget Northvolt som producerar litiumjonbatterier för elbilar och för energilagring.

■ **Kobolt är en huvudkomponent i batterier i många elbilar. Hur ser du på betydelsen av säker tillgång på kobolt och andra batterimetaller?**

– Kobolt är en kritisk komponent men dess betydelse har minskat, och den kommer att fortsätta minska, eftersom det kontinuerligt utvecklas nya batterikemier. Kobolt har gått från att utgöra cirka 30 procent av det aktiva katodmaterial i ett batteri till under 10 procent i den typen av batterier som exempelvis Northvolt kommer att tillverka.

Huvudkomponenten i den nya generationens batterier är nickel – och förhållandet nickel, mangan och kobolt är 8:1:1. Vi ser att andelen kobolt kommer att fortsätta minska under åren framöver, vilket främst är drivet av högre krav på kapacitet i batterierna. Energidensiteten ökar med högre nickelhalt. Men naturligtvis behövs även kobolt i katodmaterial under överskådlig tid.

Trots den kraftiga minskningen i andel så är det ändå viktigt att säkra tillgången till kobolt, speciellt kobolt utvunnet på ett hållbart sätt. Men eftersom kobolt är en biprodukt i produktionen av nickel eller koppar är det samtidigt intressant att se hur tillgången ser ut för nickel. Nickel är den metall

som ökar mest i andel i katodmaterial till de batterier vi bygger. Om jag skulle räkna upp de komponenter som är av störst vikt att säkra tillgången av skulle jag därför nämna nickel och grafit före kobolt.

■ **En majoritet av all kobolt kommer idag från DR Kongo, ett land med pågående väpnad konflikt och politisk instabilitet. Enligt dig, vilka är de största utmaningarna för en hållbar marknad för kobolt?**

– Att avskrika landet DR Kongo som leverantör helt och hållet vore inte rätt väg att gå. Industrin måste istället ställa höga krav på utvinningen som sker där och på så sätt hjälpa den kongolesiska befolkningen att få bättre nytta av sina naturtillgångar. I DR Kongo finns redan i dag exempel på både bra och dålig gruvbrytning. En ökad medvetenhet från omvärlden i

kombination med tydligare krav och ansvarstagande från europeiska aktörer är en central del i arbetet för att driva på utvecklingen i landet i rätt riktning.

■ **Kobolt utvinns inte i Sverige idag, men det finns viss**

potential. Vad krävs för att starta svensk produktion av kobolt?

– Kobolten går hand i hand med koppar och nickel. Därmed borde det finnas en god potential för att identifiera intressanta koboltmineral även i Sverige. Något som dock är ännu viktigare är att se över alla möjliga nickel- och även grafitförekomster som vi har.



Ur både ett geologiskt- och ett marknadsperspektiv är det mycket intressant att inventera alla de möjligheter som finns att hjälpa den växande batteriindustrin.

■ **Hur ser framtidens marknad för kobolt och elbilar ut enligt dig?**

– Kobolthalten i batterier kommer att fortsätta minska för att ge plats åt mer nickel och då kunna uppnå högre energidensitet. Vi tror även starkt på ökad återvinning av batterier och därmed kommer den återvunna andelen mineral i batterier att öka. Industrin kommer dock fortfarande behöva mer kobolt i takt med den kraftiga ökningen av antalet producerade batterier. Vi hoppas även att SGU tillsammans med mineralindustrin kan inverka på att inventera de mineraltillgångar vi har i Sverige för att hjälpa till att få fram råmaterial för den kraftigt växande batteriindustrin.

” Nickel är den metall som ökar mest i andel i katodmaterial till de batterier vi bygger. Om jag skulle räkna upp de komponenter som är av störst vikt att säkra tillgången av skulle jag därför nämna nickel och grafit före kobolt.”

"Staten borde involveras för att förbättra anseendet"



Frank Santaguida, geovetare och expert på prospektering, är Vice President för Exploration på det kanadensiska företaget First Cobalt.

■ *Kobolt är en huvudkomponent i batterier i många elbilar. Hur ser du på betydelsen av säker tillgång på kobolt och andra batterimetaller?*

– Säker tillgång är viktig för alla typer av metalliska råvaror, och bästa praxis för personsäkerhet, miljöfrågor och sociala aspekter krävs i all gruvdrift. Många kanadensiska prospekteringsbolag har exempelvis antagit vissa riktlinjer för bästa praxis från Prospectors' and Developers' Association of Canada.

Det är uppmuntrande att vissa bolag som använder sig av litiumjonbatterier, som exempelvis Apple, nu har börjat ta ansvar för de etiska frågor som är kopplade till kobolt och andra metaller. Deras uttalanden undviker emellertid helt enkelt problemet och ingen lösning förslås om huruvida kobolt kan framställas på annan plats istället.

■ *En majoritet av all kobolt kommer idag från DR Kongo, ett land med pågående väpnad konflikt och politisk instabilitet. Enligt dig, vilka är de största utmaningarna för en hållbar marknad för kobolt?*

– För det första är det en stor utmaning att identifiera och utveckla ny produktion av kobolt utanför DR Kongo inom den närmsta tiden eftersom det tar mellan fem och tio år för en ny gruva att godkännas och etableras efter att en fyndighet har hittats. Om myndigheter kunde prioritera snabbare hantering av inkomna tillståndsansökningar skulle det ha en stor positiv påverkan.

För det andra är fyndigheterna med kobolt i DR Kongo både innehållsrika och stora vilket gör dem väldigt lönsamma och attraktiva för gruvbolag. Att introducera och bibehålla bästa praxis och standarder i alla gruvor i DR Kongo är ytterligare en utmaning. En del större internationella bolag implementerar redan säkerhetsrutiner, skydd av miljö och hantering av sociala frågor i sina gruvor i DR Kongo – det är alltså inte omöjligt. Men det krävs ett större åtagande från staten för att säkerställa acceptabla system där.

För det tredje måste fortfarande nya och mer effektiva metoder utvecklas för att kunna separera koncentrerad kobolt från andra metaller som ofta är förenade med varandra, till exempel nickel, koppar och järn. Dagens metoder kan vara kostsamma och är inte alltid görbara i vissa gruvor. Därför ses koboltfyndigheter i DR Kongo som mer attraktiva investeringar på grund av de höga halter som kan hittas där, vilka endast kräver enkla metoder för att kunna brytas.

■ *Kobolt utvinns inte i Sverige idag, men det finns viss potential. Vad krävs för att starta svensk koboltproduktion?*

– Många kända koboltfyndigheter i Sverige är förenade med andra metaller som nickel, koppar, magnesium och järn. Kobolt anses därför vara en restprodukt. Specialiserade anläggningar för att ta fram och förädla kobolten behövs. Sådana finns i Finland, vilka skulle kunna användas på kort sikt till dess att svenska motsvarigheter har etablerats. Svenska staten borde överväga att reducera transportkostnader och skatter för att gruvbolag i Sverige ska kunna använda anläggningar som de i Finland.

Ekonomiska styrmedel från den svenska staten riktade direkt mot kobolt skulle kunna minska kostnader i samband med prospektering och stötta arbetet med att identifiera de bäst lämpade resurserna för en ansvarsfull och ekonomiskt god gruvbrytning.

Samhällsopinionen kring gruvor är generellt sett negativ i Sverige. Staten borde involveras för att förbättra gruvdriftens anseende genom att informera allmänheten om vikten av metaller i det dagliga livet. Det finns också ett stort behov av att stötta implementering av nya teknologier och tillvägagångssätt för så kallad "clean mining" vilket kan minska den negativa uppfattningen.

■ *Hur ser framtidens marknad för kobolt och elbilar ut enligt dig?*

– Försäljningen av elbilar ökar varje månad i hela världen. Nya eldrivna arbetsfordon och fordon för masstransport håller också på att tas fram. Diverse problem med kobolt kan komma att begränsa dess användning i nya batterier, men ämnet är en kritisk komponent för termisk stabilitet vilket gör att användningen inte tros avta helt. Efterfrågan kommer att fortsätta vara hög då försäljningen av nya elfordon väger upp för den minskade andelen kobolt i batterier. Därför ser marknaden för kobolt god ut.

"En utmaning är att väga nyttan mot miljöpåverkan"

Lisbeth Dahllöf är forskare inom livscykelanalys (LCA) vid IVL Svenska Miljöinstitutet.

■ **Kobolt är en huvudkomponent i batterier i många elbilar. Hur ser du på betydelsen av säker tillgång på kobolt och andra batterimetaller?**

– Betydelsen är mycket hög eftersom efterfrågan på elfordon ökar snabbt och batterimetallerna är helt nödvändiga.

Processerna för återvinning är inte optimala eller kostnadseffektiva ännu i Europa och man får räkna med att batterierna för bilar håller cirka

13–14 år eller längre, vilket resulterar i att metallerna blir "inlåsta" i dem. Detta samtidigt som efterfrågan av batterier också ökar starkt. I dagens läge återvinns oftast endast kobolt, nickel och koppar från battericellerna.

■ **En majoritet av all kobolt kommer idag från DR Kongo, ett land med pågående väpnad konflikt och politisk instabilitet. Enligt dig, vilka är de största utmaningarna för en hållbar marknad för kobolt?**

– Korruption, barnarbete och att många gruvor är uppköpta av Kina i DR Kongo är de största utmaningarna för en hållbar marknad för kobolt idag. En annan är att det är svårt att öppna nya gruvor i länder såsom Sverige på grund av stark miljölagstiftning. Det är i grunden bra, men en utmaning är att få till bättre systematik kring att korrekt väga nytta mot (potentiell) miljöpåverkan.

■ **Kobolt utvinns inte i Sverige idag, men det finns viss potential. Vad krävs för att starta svensk koboltproduktion?**

– Först krävs en fyndighet och därefter sker en tillståndsprövning där en miljökonsekvensbeskrivning ska godkännas av ansvarig myndighet. Under remissförfarandet kommer många aspekter kring möjlig miljöpåverkan fram som måste tas på största allvar och utredas. Hinder för

Sverige är att landet är tillräckligt välmående för att vi ska kunna ha högt ställda krav på miljöskydd. Vi har även en relativt fungerande demokrati och det är

lättare för invånarna att se och vårda närmiljön än miljö i fjärran länder. Myndigheterna har möjligtvis för lite resurser. En annan utmaning skulle kunna vara om gruvan planeras ligga i ett område där samer har sin verksamhet, eftersom de behöver stora ytor för sin rennäring.

■ **Hur ser framtidens marknad för kobolt och elbilar ut enligt dig?**

– Marknaden för kobolt är strålande i framtiden eftersom metallen är mycket användbar i litiumjonbatterier. Dock är nickel billigare och koboltens betydelse minskar därför för varje batteri, men det kommer att behövas många fler batterier i framtiden. Kobolt är även en väldigt bra metall till annat, exempelvis för att göra stål hårdare.



”Hinder för Sverige är att landet är tillräckligt välmående för att vi ska kunna ha högt ställda krav på miljöskydd.”

”Jag hoppas att kobolt i framtiden kommer att utvinns där utvinningen har minst miljöpåverkan, oavsett var i världen det sker.”

Framtiden för elbilar är också strålande. Det finns tecken på att folk kan nöja sig med mindre batterier om de går att ladda snabbt och laddare finns lättillgängligt längs vägarna eller om el-vägar byggs ut. Bränslecellsbilar kanske också kommer att öka liksom användande av biodrivmedel. Det blir en palett av fordon och förhoppningsvis kommer vi att samåka mer, så färre fordon behövs räknat per capita.

Jag hoppas att kobolt i framtiden kommer att utvinns där utvinningen har minst påverkan på miljön, oavsett var i världen det sker. Men utvinningen får inte heller vara på bekostnad av den sociala biten

som till exempel barnarbete. Det är också viktigt att ha en miljömässigt bra upparbetning och förädling av metallen.

Referenser

References

- Alves Dias P., Blagoeva D., Pavel C. & Arvanitidis N., 2018: *Cobalt: demand-supply balances in the transition to electric mobility*. Scientific and Technical Research Reports, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 97 s. ISBN 978-92-79-94311-9, doi: 10.2760/97710.
- Amnesty International & Afreewatch, 2016: "This is what we die for": *Human Rights abuses in the Democratic Republic of the Congo power the global trade in cobalt*. Amnesty International, London, 90 s.
- Azevedo, M., Campagnol, N., Hagenbruch, T., Hoffman, K., Lala, A. & Ramsbottom, O., 2018: *Lithium and cobalt – a tale of two commodities*. Metals and Mining June 2018, McKinsey & Company, 20 s.
- Banza, C. L. N., Nawrot, T.S., Haufroid, V., Decrée, S., Putter, T. D., Smolders, E., Kabyla, B. I., Oscar Luboya, N., Ilunga, A. N., Mutombo, A. M. & Nemery, B., 2009: High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. *Environmental Research, Volume 109, Issue 6*, 745–752. doi: 10.1016/j.envres.2009.04.012.
- Berkut Minerals, 2018a. *Lainejaur project, Sweden*. <<https://berkutminerals.com.au/projects/scandinavian-projects/lainejaur-sweden/>> Åtkommen 3 oktober 2018.
- Berkut Minerals 2018b: *Tunaberg project, Sweden*. <<https://berkutminerals.com.au/projects/scandinavian-projects/tunaberg-project/>> Åtkommen 3 oktober 2018.
- Carlson, C.J., 1986: Mineralization in the Håkansboda area. Its geology, exploitation, exploration and potential. *Prospekteringsrapport B8607*.
- Carlsson, F. & Myhr Radell I., 2019: *Återvinning av litiumjonbatterier – En jämförelse av metallutvinningsmetoder*. Examensarbete inom teknik, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm, 22 s.
- Church, C. & Wuennenberg, L., 2019: *Sustainability and Second Life: The case for cobalt and lithium recycling*. The International Institute for Sustainable Development (IISD), Winnipeg, 68 s.
- Cobalt Institute, 2021a: *Lithium-ion*. <<https://www.cobaltinstitute.org/lithium-ion-batteries.html>> Åtkommen 6 maj 2021.
- Cobalt Institute, 2021b: Cirkeldiagram med koboltproduktionen i världen 2006–2018. [Opublikerat material erhållet via e-post 2 februari 2021]
- Corporate Finance Institute, 2021: *Herfindahl-Hirschman Index (HHI) – How to assess the degree of market concentration in an industry available*. <<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/herfindahl-hirschman-index-hhi/>> Åtkommen 18 januari 2021.
- Danino-Perraud, R., 2020: *The recycling of Lithium-ion-batteries: A strategic pillar for the European Battery alliance*, Études de l'Ifri, IFRI, Paris, 52 s.
- Edberg, L., Jonuks, R., Englund, A. & Engvall, A. 1991: Saggårdens koboltmineralisering. *Prospekteringsrapport B88-2*.
- El-kretsen, 2020: *Från återvinnare till råvaruleverantör – plast och elektronik*. Hållbarhetsredovisning 2019, 32 s.
- EMX Royalty Corp., 2018: *Riddarhyttan*. <www.emxroyalty.com/asset-portfolio/sweden/riddarhyttan/> Åtkommen 30 mars 2021.
- EU-kommissionen, 2020a: *Batteries Europe, Strategic Research Agenda for batteries 2020*. European Technology and Innovation Platform on Batteries, 75 s.
- EU-kommissionen, 2020b: *Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 153 s. ISBN 978-92-76-21049-8, doi: 10.2873/11619.
- Filén, B. & Johansson, R., 1981: Nickelmineraliseringen vid Gårkälen. *SGU prospekteringsrapport, Brap 81005*.
- Flood, B. 1979: Slättberg Ni-gruvor. *Prospekteringsrapport grb063*.
- Grip, E. & Frietsch, R., 1973: *Malm i Sverige 2., Norra Sverige*. A & W, Stockholm.
- Gungnir Resources Inc., 2020: *Technical Report om the Lappvattnet and Rormyrberget deposits, Northern Sweden*. NI 43-101 Technical Report, Reddick Consulting Inc., 103 s. <https://www.gungnirresources.com/_resources/pdfs/GUNGNIR-43-101-TR-Nov-2020-Sweden-FINAL.pdf> Åtkommen 30 april 2021.
- Hallberg, A. & Reginiusen, H., 2018: *Slutrapportering*

- av regeringsuppdrag, *Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral*. SGUs diarie-nr: 311-2379/2016, RR 2018:05, Sveriges geologiska undersökning, 90 s.
- Hentschel, T., Hruschka, F. & Priester, M., 2003: *Artisanal and Small-Scale Mining, Challenges and Opportunities*. The International Institute for Environment and Development (IIED), London, 80 s. ISBN 1 84369 470 0.
- Hitzman, M.W., Bookstrom, A.A., Slack, J.F. & Zientek, M.L., 2017: Cobalt — Styles of deposits and the search for primary deposits. *U.S. Geological Survey Open-File Report 2017–1155*, 47 s. doi: 10.3133/ofr20171155.
- Horn, S., Gunn, A.G., Petavratzi, E., Shaw, R.A., Eilu, P., Törmänen, T., Bjerkgård, T. Sandstad, J.S. Jonsen, E., Kountourelis, S. & Wall, F., 2020: Cobalt resources in Europe and the potential for new discoveries. *Ore Geology Reviews, Volume 130*, 25 s. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103915>
- Ihre, P. & Sädbom, S., 1986: Riddarhytte malmfält. Prospekteringsarbeten 1986. *SGAB prospekteringsrapport, Prap 86541*.
- IFC, 2009: *Kingamyambo Musonoi Tailings S.A.R.L.* IFC Project Information & Data Portal, International Finance Corporation. <<https://disclosures.ifc.org/#/projectDetail/SPI/24920>> Åtkommen 21 januari 2021.
- ILZSG, 2021: *The International Lead Zinc Study Group*. <<https://www.ilzsg.org/static/home.aspx?from=8>> Åtkommen 10 maj 2021.
- Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF), 2017: *Global Trends in Artisanal and Small-Scale Mining (ASM): A review of key numbers and issues*. The International Institute for Sustainable Development (IISD), Winnipeg, 81 s.
- Lundqvist, T., 1968: Precambrian geology of the Los-Hamra region, central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 23*.
- Lunt, D., 2003: *Development of the Kolwezji Tailings Copper/Cobalt Flowsheet*. Conference Paper, ALTA Nickel/Cobalt Conference, Perth.
- Luzendu G.C., 2016: *Recovery of Lithium from Spent Lithium Ion Batteries*. Master's Degree Project, Chemical Engineering, Luleå Tekniska Universitet, 118 s.
- Marsh, E., Anderson, E., & Gray, F., 2013: Nickel-cobalt laterites – A deposit model, chap. H of Mineral deposit models for resource assessment. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070–H*. <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5070/h/>.
- Martinsson, O., 2011: *Kiskamavaara: a shear zone hosted IOCG-style of Cu-Co-Au deposit in Northern Norrbotten, Sweden*. Conference Paper, The 11th Biennial Meeting of The SGA, Antofagasta, Chile. ORCID-id: 0000-0002-0935-3430
- Melin H.E., 2019: *Forskningsöversikt om återvinning och återbruk av litium-jon-batterier*. Circular Energy Storage på uppdrag av Energimyndigheten, 48 s.
- Mudd, G., Weng, Z. & Jowitt, S., 2013: A Detailed Assessment of Global Cu Resource Trends and Endowments. *Economic Geology, 108*. doi: 1163-1183. 10.2113/econgeo.108.5.1163.
- Nickel Mountain AB, 2012: *Mineral resources estimate for the Rönnbäcknäset Nickel deposit, Sweden, January 2012*. SRK Consulting (Sweden) AB för Nickel Mountain AB, 112 s.
- OECD, 2019: *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>.
- Persson, G., 1982: Kiskamavaara, tonnageberäkning på koppars och kobolt. *SGU prospekteringsrapport, BRAP 82509*.
- Petavratzi, E., Gunn, G. & Kresse, C., 2019: *BGS Commodity review: Cobalt*. British Geological Survey.
- Queen, L. D., Hitchman, S.P. & Lohan, A.J., 2001: *Geology, Ore Controls And Geophysical Response Of The Ramu Nickel-Cobalt Laterite, Papua New Guinea*. Conference: PNG Geology Exploration and Mining Conference March 2001.
- SCB Statistikdatabasen, 2017: Varuimport och varuexport 2017 (råvaror)
- SCB Statistikdatabasen, 2018: Varuimport och varuexport 2018 (mobil och fordon)
- SGU, 2007: Mineralmarknaden, Tema: Nickel. *Periodiska publikationer 2007:1*, Sveriges geologiska undersökning.
- SGU, 2014: *Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar*. Redovisning av regeringsuppdrag, Sveriges geologiska undersökning, D.nr: 3114-1639/2013.

- Sienna Resources, 2018: *Slättberg*. <www.siennaresources.com/slattberg/> Åtkommen 31 mars 2021.
- Slack, J.F., Kimball, B.E., & Shedd, K.B., 2017: Cobalt, chap. F of Critical mineral resources of the United States – Economic and environmental geology and prospects for future supply. *U.S. Geological Survey Professional Paper 1802*, p. F1– F40. <https://doi.org/10.3133/pp1802F>
- Smith, C. G., 2001: Always the bridesmaid, never the bride: Cobalt geology and resources. *Applied Earth Science, Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy: Section B, Volume 110, Issue 2*. doi: 10.1179/aes.2001.110.2.75
- Stigh, J., Zachrisson, E. & Larkin, S., 1981a: Ultramafiter i fjällen. Analyser. *SGU prospekteringsrapport, Brap81523*.
- Stig, J., Zachrisson, E., Julin, C. & Larsson, R., 1981b: Detritiska serpentiniten. *SGU prospekteringsrapport, Brap81546*.
- Su, K., Ma, X., Pariosos, J. & Zhao, B., 2020: Thermodynamic and Experimental Study on Efficient Extraction of Valuable Metals from Polymetallic Nodules. *Minerals 2020*, 10, 360. <https://doi.org/10.3390/min10040360>
- Talga Resources Ltd., 2019: *Maiden Cobalt Resource Estimate for Talga at Kiskama, north Sweden*. Talga Resources Ltd.
- Taylor, C.D., Causey, J.D., Denning, P.D., Hammarstrom, J.M., Hayes, T.S., Horton, J.D., Kirschbaum, M.J., Parks, H.L., Wilson, A.B., Wintzer, N.E. & Zientek, M.L., 2010: Descriptive models, grade-tonnage relations, and databases for the assessment of sediment-hosted copper deposits – With emphasis on deposits in the Central African Copperbelt, Democratic Republic of the Congo and Zambia. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5090–J*.
- The Impact Facility, 2020: *Digging for Change, Towards a Responsible Cobalt Supply Chain*. The Impact Facility for Sustainable Mining Communities, 77 s.
- Tegengren, F.R., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. *Sveriges geologiska undersökning Ca 17*.
- UNEP, 2013: *Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure*. United Nations Environment Programme; International Resource Panel. ISBN: 978-92-807-3267-2
- UNICEF, 2012: *In DR Congo, UNICEF supports efforts to help child labourers return to school*. United Nations Children's Fund. <<https://reliefweb.int/report/democratic-republic-congo/dr-congo-unicef-supports-efforts-help-child-labourers-return-school>> Åtkommen 22 april 2021.
- US Bureau of Mines, 1955: Metallurgical Processes Used in the Belgian Congo. *Mineral Trade Notes, Special Supplement No. 47*, US Bureau of Mines.
- U.S. Department of Health and Human Services, 2004: *Toxicological profile for cobalt*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- USGS, 2021: *Cobalt Statistics and Information*. U.S. Geological Survey. <<https://www.usgs.gov/centers/nmic/cobalt-statistics-and-information>> Åtkommen 30 mars 2021.
- Weihed, P., Bergman, J. & Bergström, U., 1992: Metallogeny and tectonic evolution of the early proterozoic Skellefte district, Northern Sweden. *Precambrian Research 58*.
- World Economic Forum, 2020: *Making Mining Safe and Fair: Artisanal cobalt extraction in the Democratic Republic of the Congo*. White Paper, World Economic Forum.
- Zachrisson, E., 1983: Kontrollanalyser av nickel och kobolt i detritiska och massiva serpentiniten, Jämtlands-Västerbottensfjällen. *SGU prospekteringsrapport, Brap83509*.
- Åkerman, C., 1983: Pt, Pd och Au analyser. *SGAB, prospekteringsrapport, Prap83075*.
- Åkerman, C., 1987: Summary of results from nickel prospecting. A consulting report. *SGAB, prospekteringsrapport, PRAP 87007*.

SGUs periodiska publikationer

1987:1	Grus och sand m.m. Produktion och tillgångar 1985	1999:4	Mineralmarknaden, december 1999 (Tema: Silver)
1987:2	Bergverksstatistik 1978–1984	2000:1	Bergverksstatistik 1999
1987:3	Berg och malm i Örebro län	2000:2	Naturgrus eller morän
1987:5	Grus och sand m.m. Produktion och tillgångar 1986	2000:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 1999
1988:1	Järnmalsrevy 1987	2000:4	Mineralmarknaden, december 2000 (Tema: Magnesium)
1988:2	Mineralmarknaden, maj 1988	2001:1	Bergverksstatistik 2000
1988:3	Bergverksstatistik 1986	2001:2	Mineralmarknaden, juni 2001 (Tema: Platinametallerna)
1988:4	Mineralmarknaden, september 1988	2001:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2000
1988:5	Grus och sand m.m. Produktion och tillgångar 1987	2001:4	Mineralmarknaden, december 2001
1989:1	Mineralmarknaden, januari 1989 (Tema: Platina)	2002:1	Mineralmarknaden, april 2002 (Tema: Järnmalm)
1989:2	Bergverksstatistik 1987	2002:2	Bergverksstatistik 2001
1989:3	Järnmalsrevy 1988	2002:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2001
1989:4	Mineralmarknaden, maj 1989 (Tema: Diamanter)	2002:4	Mineralmarknaden, november 2002 (Tema: Stål)
1989:5	Mineralmarknaden, september 1989 (Tema: Volfram)	2003:1	Bergverksstatistik 2002
1990:1	Grus och sand m.m. Produktion och tillgångar 1988	2003:2	Mineralmarknaden, juni 2003 (Tema: Indium, gallium & germanium)
1990:2	Mineralmarknaden, februari 1990 (Tema: Sällsynta Jordartsmetaller)	2003:3	Mineralmarknaden, september 2003 (Tema: Uran)
1990:3	Mineralmarknaden, juni 1990 (Tema: Litium)	2003:4	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2002
1990:4	Bergverksstatistik 1988 och 1989	2003:5	Mineralmarknaden, december 2003 (Tema: Koppar)
1990:5	Grus och sand m.m. Produktion och tillgångar 1989	2004:1	Bergverksstatistik 2003
1990:6	Mineralmarknaden, november 1990 (Tema: Irak/Kuwait; Kina)	2004:2	Mineralmarknaden, juni 2004
1991:1	Mineralmarknaden, februari 1991 (Tema: Krom)	2004:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2003
1991:2	Mineralmarknaden, juni 1991 (Tema: Kvicksilver)	2004:4	Mineralmarknaden, oktober 2004
1991:3	Bergverksstatistik 1990	2004:5	Mineralmarknaden, december 2004 (Tema: Zink)
1991:4	Järnmalsrevy 1989–1990	2005:1	Mineralmarknaden, april 2005 (Tema: Aluminium)
1991:5	Mineralmarknaden, september 1991 (Tema: Tenn)	2005:2	Bergverksstatistik 2004
1991:6	Grus och sand m.m. Produktion och tillgångar 1990	2005:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2004
1992:1	Mineralmarknaden, februari 1992 (Tema: Kobolt)	2005:4	Mineralmarknaden, oktober 2005 (Tema: Arsenik)
1992:2	Järnmalsrevy 1991	2006:1	Mineralmarknaden, maj 2006 (Tema: Bly)
1992:3	Mineralmarknaden, juni 1992 (Tema: Mangan)	2006:2	Bergverksstatistik 2005
1992:4	Bergverksstatistik 1991	2006:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2005
1992:5	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1991	2006:4	Mineralmarknaden, dec 2006 (Tema: Niob och tantal)
1992:6	Mineralmarknaden, december 1992 (Tema: Industrimineral)	2007:1	Mineralmarknaden, april 2007 (Tema: Nickel)
1993:1	Mineralmarknaden, maj 1993 (Tema: Zink)	2007:2	Bergverksstatistik 2006
1993:2	Järnmalsrevy 1992	2008:1	Mineralmarknaden, mars 2008 (Tema: Wolfram)
1993:3	Mineralmarknaden, november 1993 (Tema: Nickel)	2008:2	Bergverksstatistik 2007
1994:1	Mineralmarknaden, mars 1994 (Tema: Molybden)	2008:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2007
1994:2	Järnmalsrevy 1993	2008:4	Mineralmarknaden, december 2008 (Tema: Molybden)
1994:3	Bergverksstatistik 1992	2009:1	Bergverksstatistik 2008
1994:4	Mineralmarknaden, juni 1994 (Tema: Koppar)	2009:2	Mineralmarknaden, juni 2009 (Tema: Litium)
1994:5	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1992	2009:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2008
1994:6	Bergverksstatistik 1993	2009:4	Mineralmarknaden, december 2009 (Tema: Guld)
1994:7	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1993	2010:1	Bergverksstatistik 2009
1994:8	Mineralmarknaden, december 1994 (Tema: Aluminium)	2010:2	Grus, sand och krossberg 2009
1995:1	Mineralmarknaden, mars 1995 (Tema: Zirkonium)	2011:1	Mineralmarknaden, april 2011 (Tema: Specialmetaller)
1995:2	Bergverksstatistik 1994	2011:2	Bergverksstatistik 2010
1995:3	Järnmalsrevy 1994	2012:2	Bergverksstatistik 2011
1995:4	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1994	2013:1	Grus, sand och krossberg 2011
1995:5	Mineralmarknaden, oktober 1995 (Tema: Bly)	2013:2	Bergverksstatistik 2012
1995:6	Mineralmarknaden, december 1995 (Tema: Selen och Tellur)	2014:1	Grus, sand och krossberg 2012
1996:1	Mineralmarknaden, mars 1996 (Tema: Diamanter)	2014:2	Bergverksstatistik 2013
1996:2	Bergverksstatistik 1995	2014:3	Grus, sand och krossberg 2013
1996:3	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1995	2015:1	Bergverksstatistik 2014
1996:4	Mineralmarknaden, juni 1996 (Tema: Diamanter del II)	2015:2	Grus, sand och krossberg 2014
1996:5	Järnmalsrevy 1995	2016:1	Bergverksstatistik 2015
1997:1	Mineralmarknaden, januari 1997 (Tema: Guld)	2016:2	Mineralmarknaden 2015 (Tema: Energimetaller)
1997:2	Bergverksstatistik 1996	2016:3	Grus, sand och krossberg 2015
1997:3	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1996	2017:1	Bergverksstatistik 2016
1997:4	Järnmalsrevy 1996	2017:2	Grus, sand och krossberg 2016
1998:1	Bergverksstatistik 1997	2018:1	Bergverksstatistik 2017
1998:2	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 1997	2018:2	Grus, sand och krossberg 2017
1998:3	Järnmalsrevy 1997	2019:1	Mineralmarknaden 2018 (Tema: Järn och stål)
1998:4	Industriella mineral och bergarter – en branschutredning	2019:2	Bergverksstatistik 2018
1999:1	Bergverksstatistik 1998	2019:3	Grus, sand och krossberg 2018
1999:2	Mineralmarknaden, juni 1999 (Tema: Titan)	2020:1	Bergverksstatistik 2019
1999:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 1998	2020:2	Grus, sand och krossberg 2019

SGUs periodiska publikationer kan fås från SGUs kundtjänst, tel: 018-179200.

Vincent van Gogh föredrog koboltblå från Sverige

"Kobolt är en gudomlig färg" skrev Vincent van Gogh i ett brev till sin bror Theo i december 1885. Att han tyckte mycket om denna blå färg är också tydligt i ett flertal av hans målningar. Enligt rapporten *Van Gogh's Cobalt Blue* av Muriel Geldof och Lise Steyn har man hittills hittat detta pigmentet i 56 av konstnärens verk.

Enligt Geldof och Steyn är det tydligt att van Gogh föredrog koboltblå från firman Tasset et L'Hôte i Paris och via sin bror beställde han därifrån även när han bodde i södra Frankrike. Att han uppskattade just denna koboltfärg beror troligen på att den tillverkades av pigment från Tunabergs gruvor i Sverige.

Ofta hade den tidens koboltblå en gröntonig vilket var ett inslag av nickel, men kobolten från Tunaberg kom från ett ovanligt mineral utan nickel. Därför fick färgen just den rena blå ton som van Gogh ville ha.



Stjärnenatt över Rhône är en välkänd oljemålning av Vincent van Gogh från 1888. Under denna period bodde han i den sydfranska staden Arles och färgen han använde innehöll ofta koboltpigment från Tunabergs gruvor i Bergslagen. Foto: Google Arts & Culture



Sveriges geologiska undersökning
www.sgu.se

Villavägen 18
Box 670
751 28 Uppsala
018-17 90 00