Klimatambitioner och metallbehov

– möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring

SveMin

Klimatambitioner och metallbehov
– möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring

Projektet Samhällets framtida behov av metaller och mineral för ett hållbart och digitalt samhälle i ett 2030- och 2050-perspektiv.

September 2021

Om rapporten

Faktasammanställning och analys av data har utförts av Material Economics på uppdrag av Svemin. Författare vid Material Economics är Karl Murray och Per Klevnäs. Intervjuer i rapporten är utförda av Svemin och är inte en del av Material Economics sammanställning.

Rapporten har tagits fram inom ramen för projektet *Samhällets framtida behov av metaller och mineral för ett hållbart och digitalt samhälle i ett 2030- och 2050-perspektiv*. Svemin är initiativtagare och projektägare för projektet som pågått från december 2020 till augusti 2021.
Projektledare: Katarina Nilsson, Svemin.

Svemin
Storgatan 19
Box 55525
102 04 Stockholm
08-762 67 30
info@svemin.se
www.svemin.se

Produktion: Svemin
Grafisk form: Serpentin Media
Tryck: ABA

Foto:
sid 1: Mats Hillbom, Unsplash
sid 3, 13: Stefan Berg/Boliden
sid 4, 8, 17, 21: Unsplash
sid 6–7: Fredric Alm/LKAB
sid 25: Thomas Westermark/Boliden

SWEDISH MINING INNOVATION

Med stöd från VINNOVA Sveriges innovationsmyndighet, Energimyndigheten, FORMAS, Strategiska innovations-program

Projektet är en del av och finansierat av Swedish Mining Innovation, det strategiska innovationsprogrammet för svensk gruv- och metallutvinnande industri, som är en gemensam satsning av Vinnova, Formas och Energimyndigheten.

Koppar är en helt central metall i klimatomställningen, det lägger grunden för all elektrifiering i samhället. Bolidens smältverk Rönnskär i Skelleftehamn är ett av världens mest effektiva kopparsmältverk. Rönnskär tar emot leveranser av koppar- och blykoncentrat både från egna gruvor och från externa leverantörer. Smältverket är dessutom världsledande på återvinning av elektronik.

Klimatomställningen är helt beroende av tillgång till metaller. En traditionell personbil innehåller cirka 20 kg koppar. En elbil innehåller ca 70 kg koppar.

Förord

Klimatomställningen kräver tillgång till metaller och mineral

Vi står inför en klimatutmaning som saknar motstycke. FN:s klimatpanel IPCC slår larm i sin senaste rapport och visar att den pågående klimatförändringen både är mer omfattande och går snabbare än de mest dystra prognoserna.

Hur världen agerar under de närmaste åren kommer att vara avgörande för att undvika än mer katastrofala klimateffekter. Att fasa ut användning av fossila energikällor och byta dessa mot alternativa energikällor skapar dock utmaningar. I EU:s industristrategi pekar EU-kommissionen på att ett beroende av fossila källor riskerar att bytas mot ett beroende av metall- och mineralråvaror. Det har de helt rätt i.

Vindkraftverk, solpaneler, batterier, elbilar – de flesta tekniker som ska hjälpa oss att ställa om till klimatneutralitet kräver tillgång till metaller och mineral. Men hur mycket metaller och mineral kommer att behövas för att uppnå politiska klimatmål och hur mycket av detta behov kan täckas av återvinning?

Under de senaste åren har ett antal studier och rapporter försökt förutsäga samhällets framtida behov av metaller och mineral. Vissa studier har fokuserat på behovet av energiomställning och elektrifiering, andra har tagit ett bredare perspektiv och inkluderat byggnation av infrastruktur och andra samhällsbehov. Svemin har dock sett ett behov av att få en samlad vetenskaplig bild av samhällets behov av metaller och mineral, kopplat till Sveriges potential att bidra till att tillgodose det behovet. Vi bad därför Material Economics att utföra en sådan analys, deras slutsatser håller du nu i din hand. Denna kunskap är viktig för att möjliggöra underbyggda, strategiska beslut kopplat till Sveriges och Europas råvaruförsörjning och väg mot fossilfrihet.

En slutsats från Material Economics är att den viktigaste enskilda drivkraften till ökad efterfrågan för flertalet metaller fram till 2050 kommer att vara klimatomställningen. Därmed kommer ambitionsnivån i klimatomställningen kraftigt påverka efterfrågan av dessa metaller. En snabbare omställning till ett nettonollsamhälle kommer därmed innebära högre efterfrågan på metaller. Samtidigt visar analysen att återvinning är viktigt men förväntas inte kunna täcka uppkomna efterfrågan med mer än cirka 15–26 procent fram till 2050.

Svensk gruvnäring ligger i global framkant vad gäller hållbar gruvbrytning. Klimatavtrycket för metaller producerade här i Sverige är redan lågt i en global jämförelse och målet är att vara helt fossilfria senast 2045. Med ett ökat metallbehov blir det än mer viktigt att de metaller som vi producerar för klimatomställningen produceras på ett klimatsmart sätt – produkter som Sveriges gruv-, mineral- och metallproducenter kan bidra med.

Stockholm, september 2021

Maria Sunér
Vd Svemin

Katarina Nilsson
Ansvarig forskning och innovation, Svemin

Maria Sunér

Katarina Nilsson

> Den viktigaste enskilda drivkraften till ökad efterfrågan för flertalet metaller fram till 2050 kommer att vara klimatomställningen.

Under våra fötter finns tillgångar på samhällsbärande metaller som järn och koppar. Här finns också batterimetaller och mineral som kobolt och grafit. Här förekommer också sällsynta jordartsmetaller som behövs för vindkraftverk och annan förnybar energiteknik. Råmaterial som är en förutsättning för den gröna omställningen.

Sammanfattning

Metaller och mineral är råvaror med unik betydelse för samhället och den klimatomställning vi står inför. Denna rapport sammanställer den rådande synen på det framtida behovet av metaller och mineral i vårt samhälle globalt, hur detta påverkas av klimatomställningen, hur vi kan möta dessa behov samt vad detta har för implikationer för Sverige och svensk gruvnäring.

Fram till år 2050 förväntas den globala efterfrågan på samtliga metaller och mineral inkluderade i denna rapport att växa. För många metaller kommer efterfrågan att växa kraftigt till 2050 – exempelvis förväntas efterfrågan på litium, sällsynta jordartsmetaller, grafit och indium att minst femdubblas.

Det finns många faktorer som påverkar efterfrågan av metaller, till exempel den ekonomiska utvecklingen, urbaniseringen, metallintensiteten i vår ekonomi och återvinningsgraden för att nämna några. Den viktigaste enskilda drivkraften till ökad efterfrågan på många metaller fram till 2050 kommer vara klimatomställningen. De klimatteknologier som underbygger omställningen till ett hållbart samhälle, till exempel vindkraft, solkraft, elbilar & batterier, kräver alla metaller i hög grad, och ofta nya metaller som hittills inte använts i större skala. I tillägg så kommer klimatomställningen kräva en kraftigt ökad elektrifiering av samhället som i sin tur kommer kräva mer metaller, i synnerhet koppar.

Dessa så kallade energikritiska metaller inkluderar bland annat litium, kobolt, nickel, indium och sällsynta jordartsmetaller. Litium, kobolt och nickel är några av de metaller som behövs för att göra batterier till elfordon och energilagring. Indium används i vissa solceller och sällsynta jordartsmetaller används i till exempel vindkraftverk och elmotorer. För dessa metaller så kommer mer än hälften av den framtida efterfrågan att komma från klimatteknologier. Därmed kommer ambitionsnivån i klimatomställningen påverka efterfrågan kraftigt – snabbare omställning till ett nettonollsamhälle innebär högre efterfrågan av metaller.

För Europa så förväntas dessa effekter bli extra påtagliga och efterfrågan av metaller kommer växa ännu snabbare än på global basis. Anledningen till detta är att Europa har högt ställda klimatambitioner och därmed snabbare förväntas bygga ut de teknologier som kommer kräva metaller samt att vår teknologimix är något annorlunda.

90
procent av järnproduktionen i Europa kommer från Sverige.

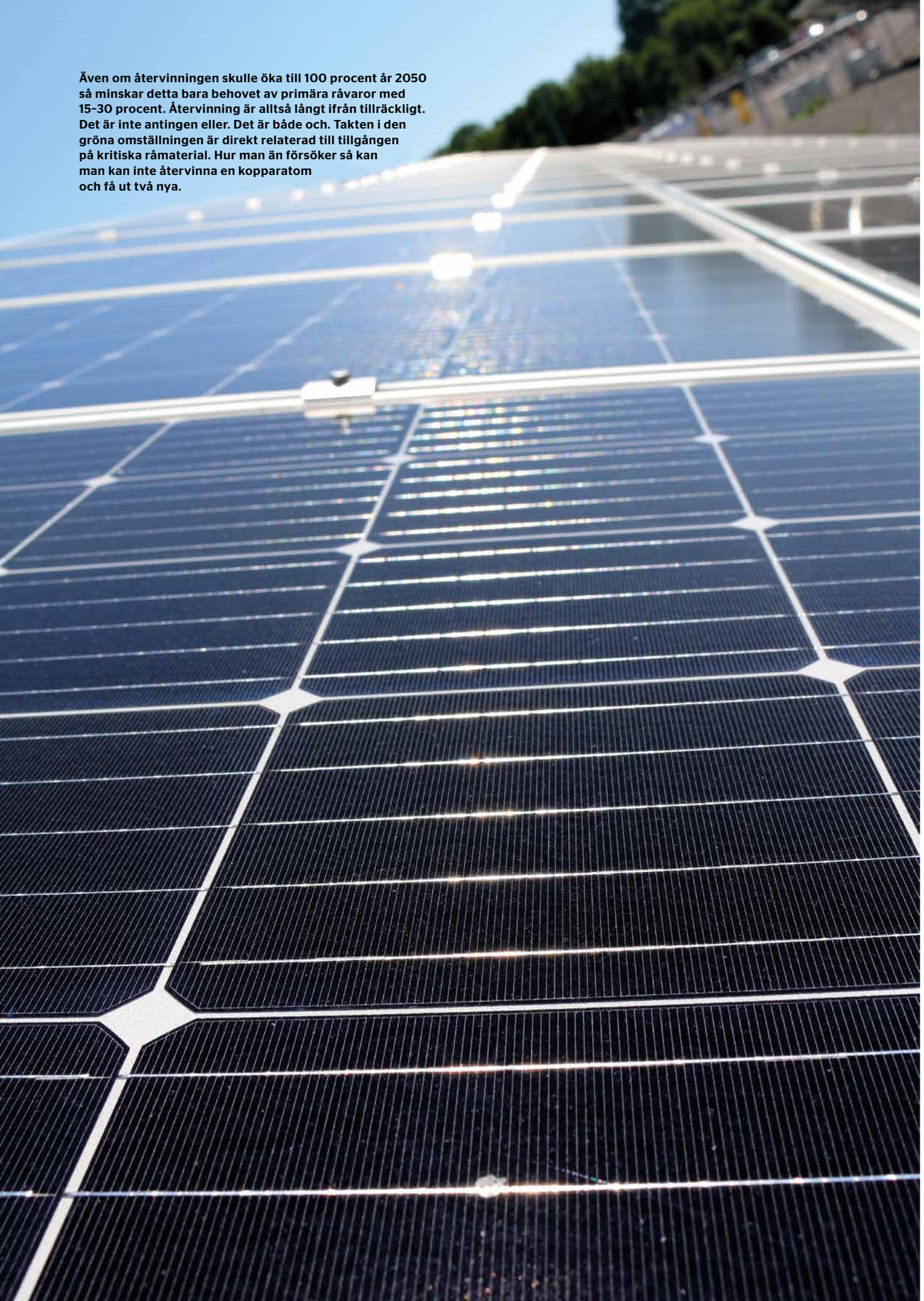
För att möta detta växande behov av metaller så lyfts ofta återvinning, återanvändning och andra cirkulära metoder fram som lösningar. Vår analys visar att dessa åtgärder är mycket viktiga och kan ha en stor effekt på den framtida efterfrågan av primärmetaller, men det är långt ifrån tillräckligt för att mätta efterfrågan. För metallerna i den här rapporten så kan förbättrad återvinning som mest minska efterfrågan på primärmetaller med cirka 15–26% fram till 2050.

Den avgörande delen av metallerna fram till 2050 behöver därmed komma från gruvdrift. För EU innebär det dock en utmaning då det för många metaller finns ett stort importberoende. Idag importeras 100% av efterfrågan av sällsynta jordartsmetaller, molybden och titan, och nästan hela efterfrågan av grafit, mangan, litium och kobolt. Utöver förhöjda risker för leveranssäkerheten, så innebär det att EU förlorar möjligheten att bygga upp viktiga värdekedjor kring dessa metaller och de viktiga klimatteknologier som de möjliggör.

För Sverige innebär detta en möjlighet att inte bara bidra med metaller ur svenska gruvor, utan att dessutom bidra med metaller som framställs på ett mer hållbart, miljöanpassat och socialt ansvarsfullt sätt än i omvärlden. Metallmarknaden är idag helt global då värdet på råvaran är mycket högt i relation till transportkostnaden. Detta gör att metallerna kommer att brytas någonstans – om inte i Sverige så i någon annan del av världen. Den svenska gruvnäringen har ett lägre klimatavtryck än resten av världen och Sverige skapar med sin export av metaller en betydande klimatnytta på cirka 5 miljoner ton CO_2e per år. Denna klimatnytta förväntas växa ytterligare i och med de förbättringar som branschen planerar.

Sverige har en lång och gedigen historia av gruvbrytning och är i Europa ett mycket viktigt land som bland annat bidrar med över 90% av produktionen av järn. Sverige har potential för utvinning av många nya och viktiga metaller och mineral. Fyndigheter har identifierats med bland annat sällsynta jordartsmetaller, grafit, kobolt, litium, nickel, platinagruppens metaller, titan och vanadin. Grafit och sällsynta jordartsmetaller är redo att utvinnas i större skala från svenska fyndigheter i väntan på tillstånd. Sammanfattningsvis innebär detta att det finns mycket stora möjligheter för Sverige att fortsätta förädla och utveckla en ledande industri, möta en växande efterfrågan som är kritisk för klimatomställningen samt att bidra med metaller och mineral som utvinns på det mest hållbara sättet.

> Den avgörande delen av metallerna fram till 2050 behöver därmed komma från gruvdrift.



Även om återvinningen skulle öka till 100 procent år 2050 så minskar detta bara behovet av primära råvaror med 15–30 procent. Återvinning är alltså långt ifrån tillräckligt. Det är inte antingen eller. Det är både och. Takten i den gröna omställningen är direkt relaterad till tillgången på kritiska råmaterial. Hur man än försöker så kan man kan inte återvinna en kopparatom och få ut två nya.

Samhällets behov av metaller och mineral förväntas växa kraftigt till år 2050

Metaller och mineral fyller ett grundläggande behov i vårt samhälle. Oavsett bransch eller område så används metaller och mineral för deras unika egenskaper, såsom hållfasthet, hårdhet, som ledare för ström eller värme samt magnetiska eller kemiska egenskaper.

Den ekonomiska utvecklingen av vårt samhälle har gått hand i hand med ökad användning av metaller och mineral. När länder utvecklas går de oftast igenom en fas av kraftigt ökat metallbehov för att bygga upp byggnader, infrastruktur, bilar och andra kännetecken av en utvecklad ekonomi. Därefter mattas efterfrågan av och kan i högre grad mötas av återvunnen metall. Idag har många delar av världen gått igenom denna utvecklingsfas. Samtidigt finns ännu ett stort uppdämt behov av metaller i många delar av världen. Som exempel på detta så finns det mindre än 1 ton stål per capita i Afrika, medan OECD-länderna har mättats på runt 11–14 ton per capita (Material Economics, 2018). Hur ser då utvecklingen av metallbehovet ut framöver?

> Oavsett bransch eller område så används metaller och mineral för deras unika egenskaper.

Den här rapporten sammanställer resultaten från ett stort antal studier av den förväntade utvecklingen av användning av metaller och mineral fram till 2050. Sammanlagt ingår metastudier med över 150 underliggande prognoser över det framtida metallbehovet. Figur 1 sammanställer den nuvarande produktionen av primärmetaller (från gruvbrytning), den historiska tillväxten samt ett genomsnitt av olika framtidsprognoser för tillväxten till 2030 och 2050 samt den observerade osäkerheten.

Ett antal slutsatser är tydliga.

1. Samtliga metaller och mineral ser ökad efterfrågan till 2050.
2. Störst tillväxt observeras bland de så kallade energikritiska metallerna litium,

Figur 1. Förväntad global tillväxt av efterfrågan för utvalda metaller och mineral till 2050
Litium, sällsynta jordartsmetaller (REE), grafit, indium, kobolt bland de metaller och mineral med störst förväntad tillväxt till 2050. Koppar är den större metall som förväntas växa mest.

● Högre osäkerhet ◔ Lägre osäkerhet

	Global produktion 2018 Tusen ton primärmetall per år	Historisk tillväxt 2008-2018 Procent	Framtidsutsikt – genomsnitt av existerande prognoser[1] Tillväxt till 2030 Procent	Tillväxt till 2050 Procent	Osäkerhet[2]
Järn (Fe)	1 340 000	35	13	25	◔
Aluminium (Al)	62 700	59	24	75	◔
Krom (Cr)	40 800	75	16	47	◔
Koppar (Cu)	20 600	33	94	188	◑
Zink (Zn)	12 400	6	34	74	◑
Titan (Ti)	4 800	-25	19	15	◔
Bly (Pb)	4 800	20	25	73	◑
Kiselmetall (Si)	2 870	72	325	N/A	◕
Nickel (Ni)	2 233	46	73	212	◕
Grafit (C)	1 000	-52	165	494	◑
Molybden (Mo)	276	24	-2	4	◑
REE[3]	196	55	300	617	◕
Kobolt (Co)	168	158	67	346	●
Litium (Li)	117	468	327	691	◕
Vanadin (V)	84	25	63	189	●
Silver (Ag)	28	30	61	218	◑
Indium (In)	1	60	304	419	◕
PGM[4]	0,5	2	100	300	●

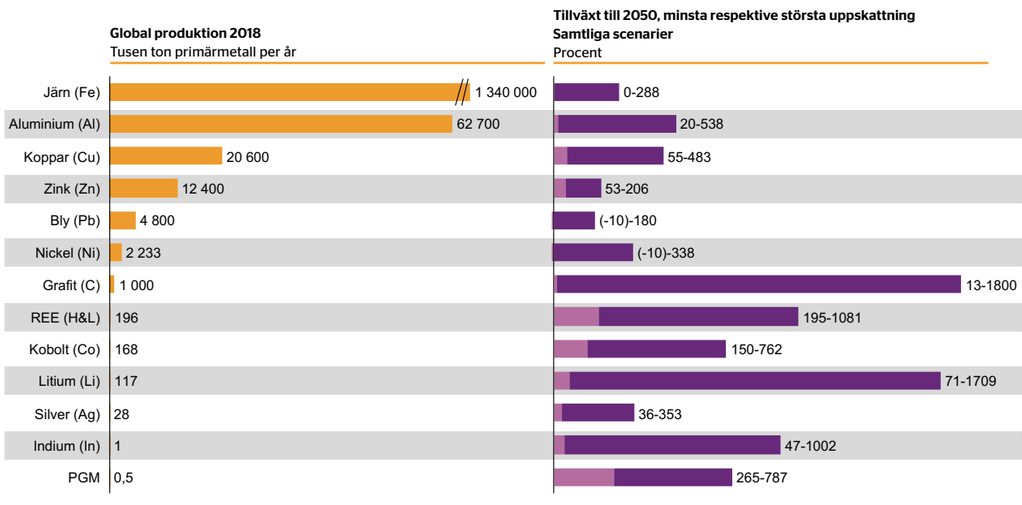
1 Genomsnitt av framtidsprognoser från litteratursökning, i så stor utsträckning som möjligt kopplade till 2-gradersmålet och med cirkularitet.
2 Osäkerheten reflekterar skillnaden i efterfråga mellan prognoser.
3 Sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements).
4 Platinagruppens metaller.

sällsynta jordartsmetaller (REE), grafit, indium och kobolt, som alla förväntas växa med minst 300%. Den gemensamma faktorn för denna grupp är att dessa metaller och mineral inte använts i större skala tidigare och att de teknologier som de används för är relativt nya och under stark utveckling.

3. De stora basmetallerna, järn, aluminium, koppar, zink och bly kommer att växa med 25–188%. Dessa metaller finns redan idag i stort omlopp i våra ekonomier och den ytterligare tillväxten blir därmed inte lika stor. Koppar är den metall med störst förväntad tillväxt av dessa.

Osäkerheten är, som alltid när man prognosticerar framtiden, hög och det finns stor variation mellan studier. Skillnaderna drivs bland annat av olika metodik, olika scenarier för teknisk och ekonomisk utveckling samt olika antaganden för återvinning och andra trender. Exempel på enskilda faktorer som har stor påverkan på efterfrågan i litteraturen inkluderar hastigheten i klimatomställningen, den ekonomiska utvecklingen och urbaniseringen i lågt utvecklade ekonomier i regioner som Indien och Afrika samt teknisk utveckling som påverkar metallintensitet och möjlighet till återvinning, återanvändning, minskad resursförbrukning och andra cirkulära åtgärder. Figur 2 sammanfattar skillnaden mellan de största och minsta uppskattningarna från litteraturen. Att gå igenom vad som orsakar skillnaden för varje metall och mineral ligger utanför den här rapportens syfte, men ett exempel är grafit vars efterfråga förväntas växa som resultat av efterfrågan på elfordon och batterier. Där beror den stora skillnaden framförallt på hur stor andel av fordonsmarknaden som elfordon tar, hur stor andel av batteritekniken som använder grafit samt i hur stor utsträckning som grafit från gruvdrift används istället för syntetisk grafit.

Figur 2. Skillnad i tillväxt mellan minsta respektive största uppskattning
Det är stor spridning i uppskattningar om framtida behov av metaller och mineraler.



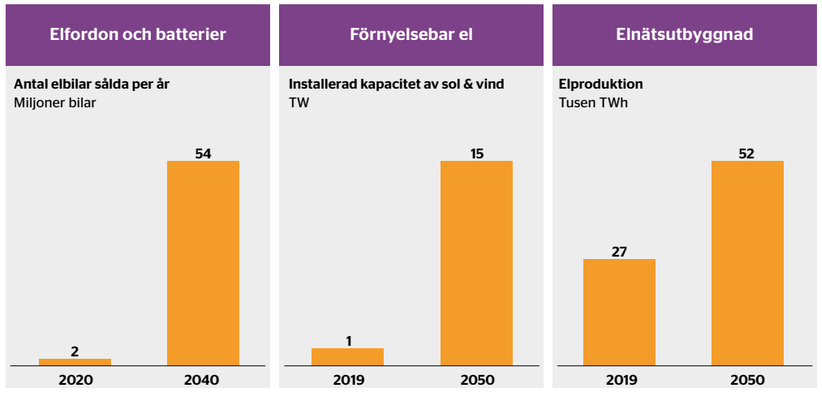
Högre klimatambitioner betyder större behov av metaller

Många trender och samhällsförändringar påverkar metallbehovet. Klimatomställningen kommer vara den enskilt viktigaste faktorn fram till 2050, speciellt för de energikritiska metallerna. Detta är kanske inte förvånande när man tar hänsyn till att klimatomställningen sannolikt är den största omställningen av vår ekonomi sedan den industriella revolutionen med implikationer för samtliga sektorer i vårt samhälle.

Tre förändringar kopplade till denna omställning kommer ha en kraftig påverkan på metallbehovet – skiftet till elfordon med batterier, utbyggnaden av förnyelsebar el (framförallt solceller och vindkraft) samt elnätsutbyggnaden som är ett resultat av att många delar av ekonomin behöver elektrifieras då vi fasar ut fossila bränslen. Figur 3 visar exempel på dessa förändringar från ledande prognosmakare.

> Klimatomställningen är sannolikt den största omställningen av vår ekonomi sedan den industriella revolutionen.

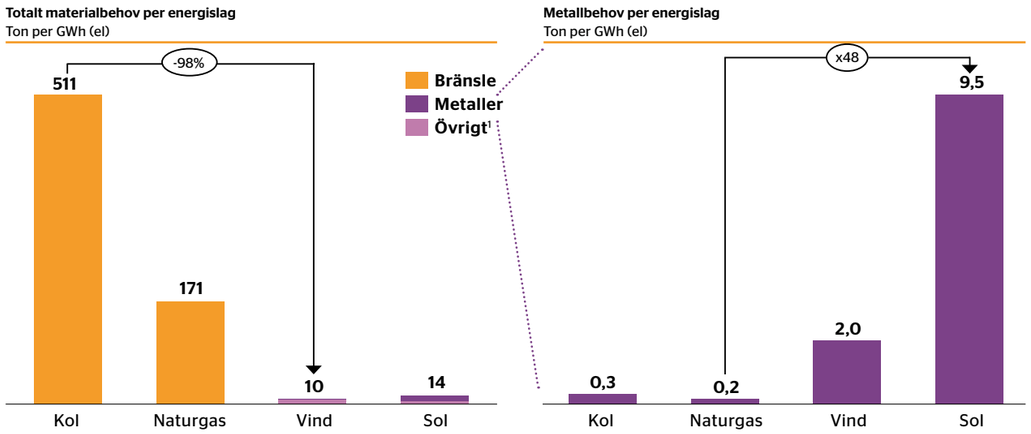
Figur 3. Exempel på förväntad utveckling globalt av klimatteknologier med stor påverkan på metallbehovet
Kraftig tillväxt av elfordon, förnyelsebar el och elnätsutbyggnad krävs för att nå klimatmålen. Dessa produkter kräver mer och nya sorters metaller.



Källa: IEA ETP 2020 (Sustainable Development Scenario); BNEF Electric Vehicle Outlook 2020

Dessa förändringar innebär ett ökat metallbehov då de nya teknologierna ofta kräver mer metall än de gamla fossila teknologierna för att producera samma slutresultat. I figur 4 visas material- och metallintensiteten för anläggningar som använder kol, gas, vind samt sol. Det är tydligt att omställningen från kol och gas till förnyelsebart kommer att kraftigt minska det totala materialbehovet när man inkluderar bränsle, alla metaller samt andra material t.ex. betong, plast och glas. Vindkraft kräver exempelvis bara 2% av det totala materialbehovet per GWh som ett kolkraftverk. Men samtidigt ökar metallbehovet 10-50 gånger för att producera samma mängd el. På ett liknande, men inte lika dramatiskt, sätt så ökar metallbehovet i en elbil jämfört med en konventionell bil då batteriet och elmotorn kräver ansenliga mängder metall. Exempelvis innehåller en elbil upp till fyra gånger så mycket koppar som en konventionell bil (Watari, 2018).

Figur 4. Material- och metallintensiteten i olika energislag
Skiftet från fossil energi till förnyelsebart kommer innebära en kraftig minskning av det totala materialbehovet för att generera el, men behovet av metaller kommer öka.

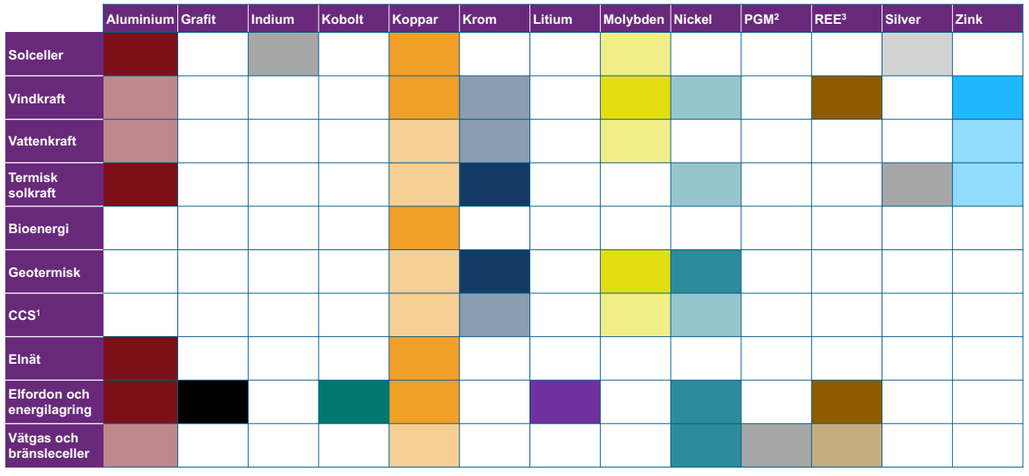


1 Framförallt betong, men även t.ex. glas och plast.
Källa: DOE (2015) Quadrennial Technology Review; US Energy Information Administration (2021)

Utöver att det totala behovet av metaller ökar så behövs även nya typer av metaller som inte tidigare använts i större skala. Figur 5 visar på övergripande nivå vilka metaller som krävs för olika teknologier (exklusive järn). Elfordon och batterier är ett exempel på teknologier som kräver många metaller som tidigare bara använts i mindre skala. Litiumjonbatterier som är den ledande tekniken kräver bland annat litium och kobolt som redan sett kraftig tillväxt de senaste 10 åren (Figur 1). Ett annat exempel är att elmotorer såväl som vindkraftverk har skapat ett större behov av några av de sällsynta jordartmetallerna (REE) neodym, dysprosium och praseodym. Teknisk utveckling och möjlighet att i viss mån substituera metaller beroende på prisutveckling gör att metallbehovet i framtiden kan förändras. Ett exempel på detta är kobolt där flera batteritillverkare idag tittar på alternativa metaller.

Figur 5. Relativ vikt av metaller för olika klimatteknologier
Vissa metaller har ett snävare användningsområde, men kan vara kritiska för dessa teknologier. Listan är inte fullständig och exkluderar exempelvis järn som används i princip alla teknologier.

Starkare färg indikerar större betydelse av metallen för teknologin.



1 Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon Capture and Storage).
2 Platinagruppens metaller.
3 Sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements)
Not: Ej uttömmande lista på metaller

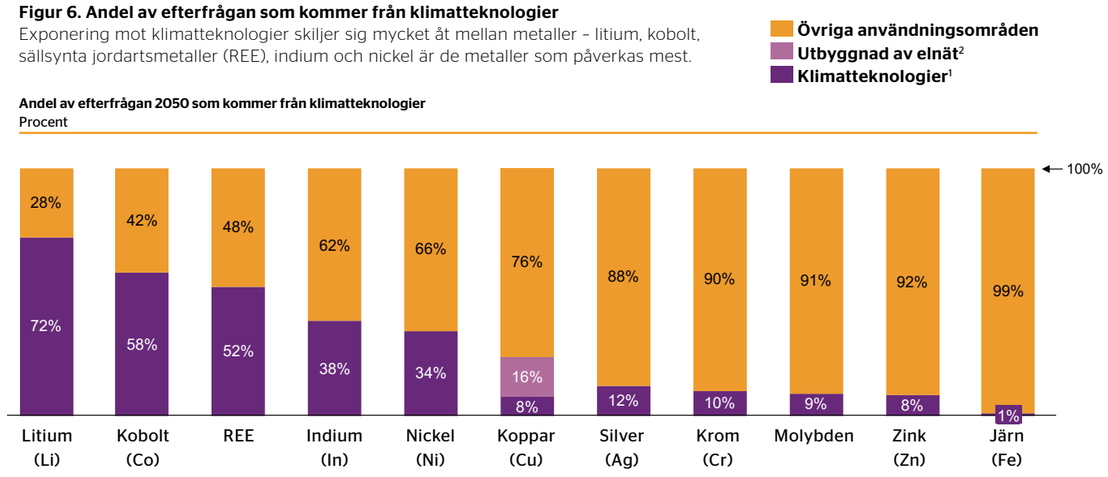
Källa: IEA, Världsbanken

Basindustrin är den näring som lägger grunden för Sveriges klimatarbete genom att arbeta för att skapa klimatneutrala värdekedjor – som blir en förutsättning för att nå klimatmålen på riktigt. Ambitiösa investeringsplaner i basindustrins företag kan göra Sverige världsledande på klimatneutrala råmaterial.

Figur 6 visar hur stor andel av efterfrågan 2050 som direkt kommer från dessa klimatteknologier. För flera av de stora basmetallerna, exempelvis järn och zink, kommer dessa teknologier skapa nya viktiga ytterligare kategorier av metallbehov. Men de kommer inte vara den huvudsakliga drivkraften till efterfrågan. Medan för de energikritiska metallerna, exempelvis litium, kobolt, neodym, indium och nickel så kommer klimatteknologierna ha en avgörande betydelse för efterfrågan och driva på en kraftigt ökad konsumtion.

I fallet med koppar har sekundära effekter av klimatomställningen en mycket stor effekt och är en av drivkrafterna till att den förväntade tillväxten i Figur 1 är så hög. Till stora delar är klimatomställningen en elektrifieringsomställning av många sektorer i samhället. Då bilar, uppvärmning och industriella processer blir elektriska så kommer elnäten behöva byggas ut ordentligt. I fallet med Sverige så förväntas efterfrågan av el mer än fördubblas fram till 2045 (Material Economics 2021).

Figur 6. Andel av efterfrågan som kommer från klimatteknologier
Exponering mot klimatteknologier skiljer sig mycket åt mellan metaller – litium, kobolt, sällsynta jordartsmetaller (REE), indium och nickel är de metaller som påverkas mest.

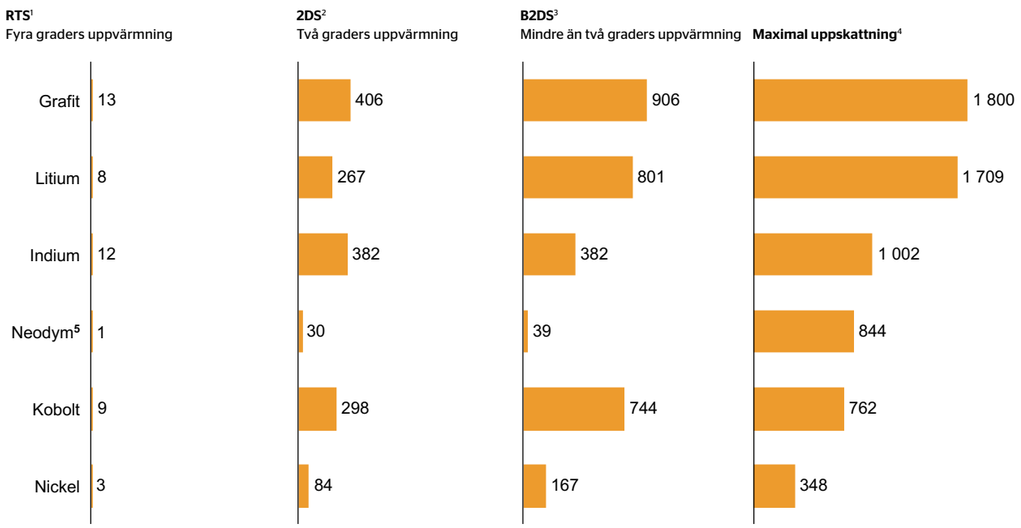


1 Förnyelsebar elkraft, batterier, elfordon
2 Ökad utbyggnad från elektrifiering av fossila användningsområden (transmission, distribution och transformatorer)
Källa: BGS; Watari et al (2018, 2021); IEA (2021)

Nämnvärd är relationen mellan klimatambitioner och metallefterfrågan. Ju högre ambitionsnivån sätts i klimatomställningen och ju snabbare dessa teknologier byggs ut, desto mer metaller kommer samhället behöva fram till 2050 då klimatteknologier är en betydande drivkraft för efterfrågan av metaller. Figur 7 visar den förväntade efterfrågan av ett antal metaller och mineral vid olika klimatscenarier.

Figur 7. Globalt metallbehov vid olika klimatscenarier
För metaller med stor exponering mot klimatteknologier så spelar takten i klimatomställningen stor roll för efterfrågan. Högre ambitioner innebär ett större metallbehov.

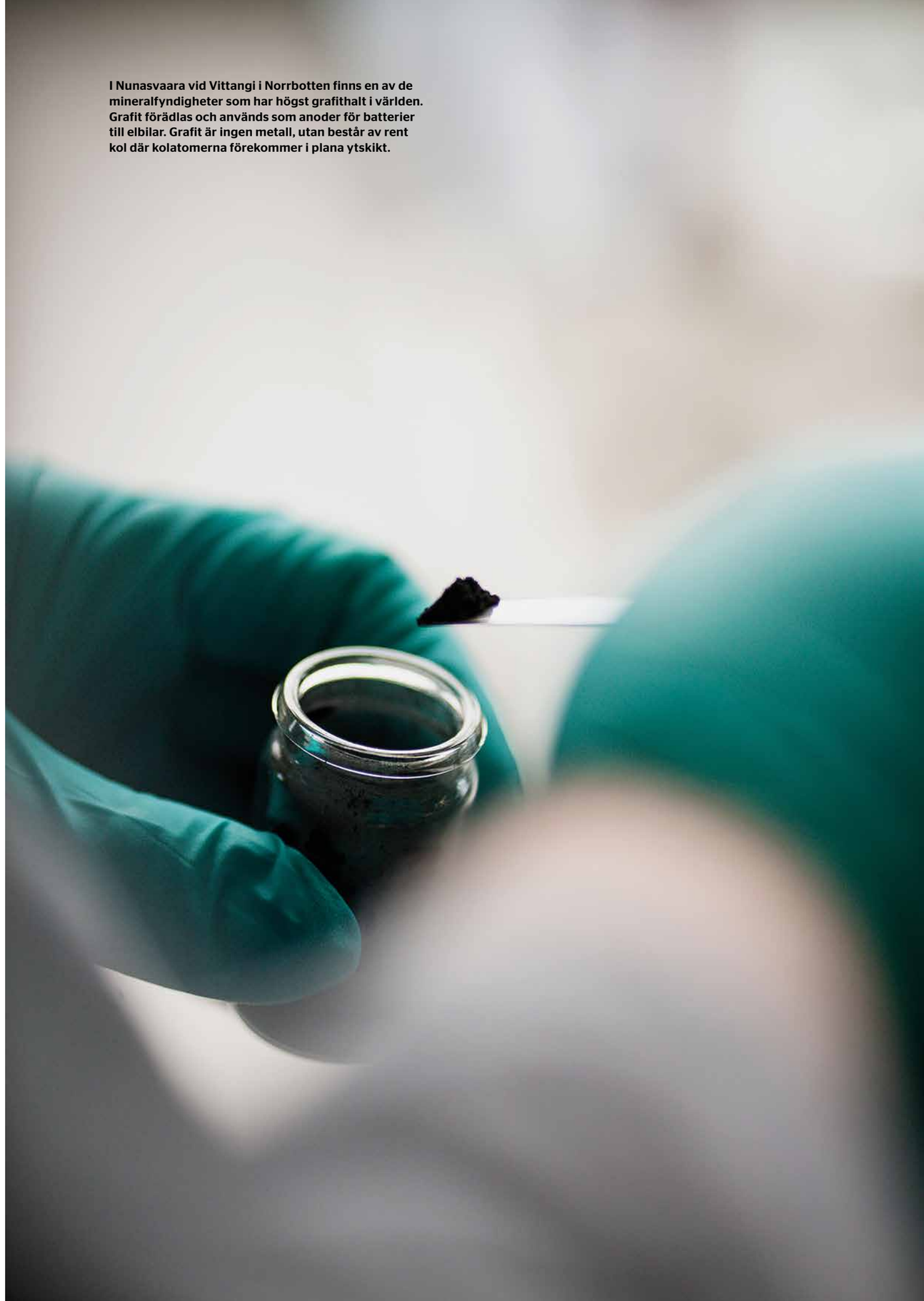
Förväntad efterfrågan 2050 i förhållande till 2018 på grund av klimatteknologier per klimatscenario
Procent



1 Reference Technology Scenario
2 2 Degree Scenario
3 Beyond 2 Degrees Scenario
4 Maximal uppskattning från litteraturen
5 Världsbankens modell av neodym exkluderar efterfrågan från elbilar
Källa: Världsbanken (2020); IEA ETP (2017); Watari et al (2020; 2021)

Att utvinna metaller är energikrävande så man kan fråga sig om denna utvinning inte ökar utsläppen av växthusgaser. Livscykelanalyser visar dock att de sammanlagda utsläppen från klimatteknologierna inklusive metallutvinningen är signifikant lägre än dagens fossila teknologier (IEA 2021). Ett exempel på detta är elbilar vars livscykelutsläpp är mindre än hälften så stora som likvärdiga bilar med förbränningsmotor, även om elen de använder kommer från delvis fossila källor. Detta beror på elmotorns högre effektivitet. För att ytterligare minska utsläppen är den viktigaste åtgärden att minska utsläppen från elproduktionen, medan utsläppen från batterimetallerna är en relativt liten andel av de totala utsläppen (7-13%).

Klimatomställningen kommer även ha andra effekter på hur metallerna utvinns och används som inte täcks i detalj i denna rapport. Exempelvis förväntas stålproduktionen gå igenom en vätgasomställning samtidigt som stålet används på nya sätt och fasas ut från fossila produkter.



I Nunasvaara vid Vittangi i Norrbotten finns en av de mineralfyndigheter som har högst grafithalt i världen. Grafit förädlas och används som anoder för batterier till elbilar. Grafit är ingen metall, utan består av rent kol där kolatomerna förekommer i plana ytskikt.

Europa har ett större metallbehov än omvärlden givet vår höga ambitionsnivå i klimatomställningen

EU har, jämfört med andra delar av världen, satt ett av de mest ambitiösa målen för klimatomställningen. EU ska nå klimatneutralitet till 2050 och sänka utsläppen med 55% till 2030. I EU:s långtidsbudget för 2021–2027 kommer även minst 30% av utgifterna läggas på klimatrelaterade projekt. Detta gör att EU:s behov av metaller för klimatomställningen kommer vara relativt sett högre än omvärldens. Europa är redan idag den största konsumenten av elbilar med 43% av nybilsförsäljningen 2020[1].

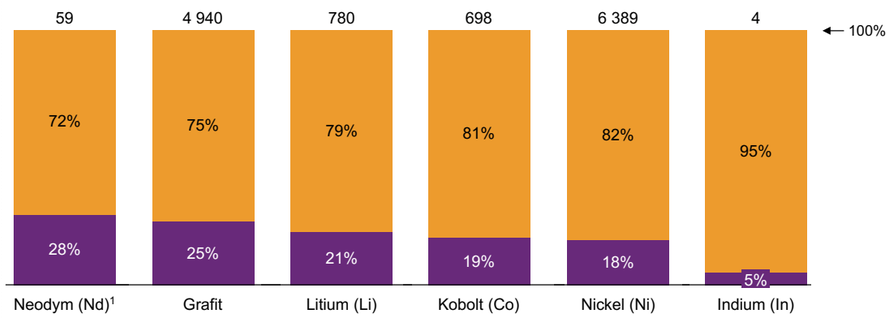
Europa har även andra förutsättningar som kommer påverka efterfrågan. Globalt sett förväntas solkraft vara den viktigaste energikällan inom en snar framtid. För norra Europa är dock förutsättningarna inte lika goda för solkraft givet vår geografiska position med färre soltimmar än många andra regioner. Istället förväntas vindkraft spela en mycket viktig roll. Europa är redan en ledande vindkraftsproducent, och producerar idag 89% av all havsbaserad vindenergi.

Figur 8 sammanfattar dessa effekter för Europas andel av efterfrågan för ett antal energikritiska metaller. EU:s andel av den globala ekonomin är idag cirka 15%, men för många av dessa metaller är efterfrågan fram till 2050 betydligt större än så. Neodym, en sällsynt jordartsmetall som används till permanentmagneter i såväl elbilar som vissa typer av vindkraftverk, kommer vara mycket viktig för Europas omställning då det europeiska behovet utgör cirka 28% av den globala efterfrågan. Indium, en metall som används i bland annat solceller, kommer relativt sett vara mindre viktig i Europas omställning.

1. Enligt EV Volumes 2020

Figur 8. Andel av efterfrågan 2050 som kommer från Europa
Europa förväntas ha en högre efterfråga av flera metaller än omvärlden (relativt sin andel av den globala ekonomin på 15% idag). Metallmixen kommer också vara annorlunda givet mer fokus på vind, mindre på sol samt relativt snabb övergång till elbilar.

Andel av efterfrågan 2050 som kommer från Europa
Tusen ton per år



1 Även de sällsynta jordartmetallerna dysprosium och praseodym förväntas växa i efterfråga kraftigt
Källa: ME-analys baserat på "European Commission, Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study, 2020"; BGS; IEA ETP 2020; Watari et al (2020)

Omställningen från kol, olja och gas till fossil fri el är den i särklass viktigaste delen i att minska klimatpåverkan och därmed klara Parisavtalet. Vindkraftverk, solceller, förbättrade elnät, batterier och eldrivna fordon är alla centrala delar i omställningen. Att byta till klimatneutrala tekniker kommer dramatiskt öka behoven av vissa specifika råmaterial – för vissa metaller handlar det om flera hundra gånger mer.

80
procent av allt stål återvinns idag.

Återvinning är viktigt, men räcker inte till för att möta behovet

Vart ska metallerna som behövs i framtiden komma ifrån? Det finns bara en ändlig mängd metaller i jordskorpan som kan utvinnas. Därför spekuleras det då och då i att världen kommer nå en tidpunkt av ”peak metal” varefter tillgången av metaller från gruvnäringen kommer att falla. Det mesta tyder dock på att denna tidpunkt är långt bort och inte kommer vara geologiskt relevant för tidshorisonten i den här rapporten (Jowitt et al, 2020). Med andra ord så kan gruvnäringen möta dessa behov av ytterligare metaller.

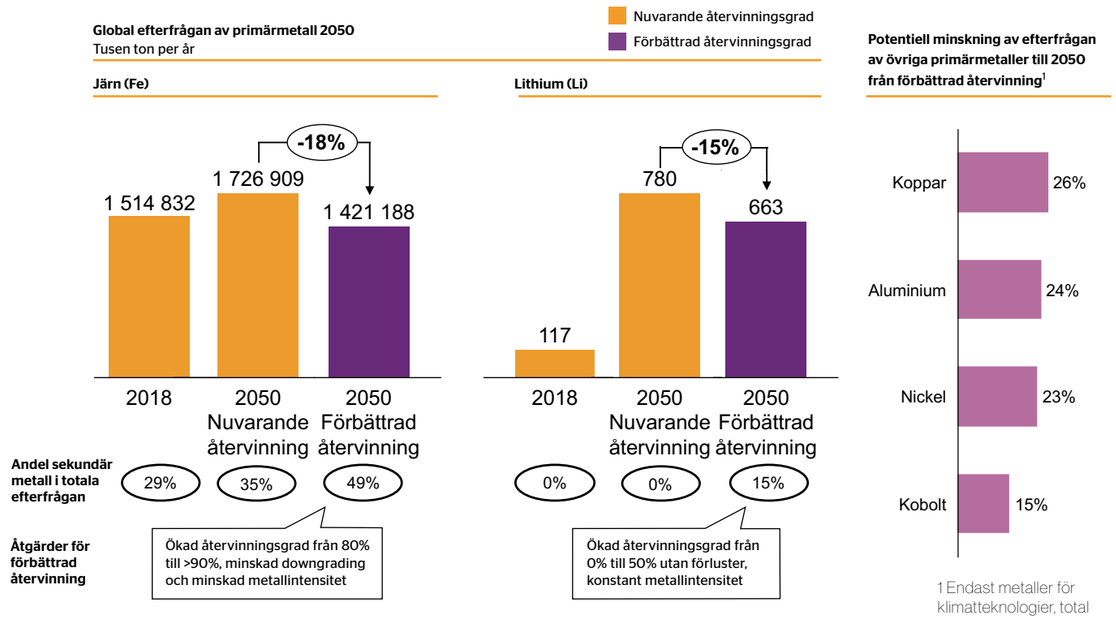
En annan viktig källa till metaller är de som redan finns i vår ekonomi idag i form av produkter som nått slutet av sina liv. En betydande andel av den järn, koppar, aluminium och andra basmetaller som används idag kommer från återvunnet skrot. Att återvinna metaller har flera fördelar. Det är ofta mer energieffektivt, i vissa fall billigare och minskar mängden material som måste deponeras. Kan samhället därmed möta sitt behov av metaller endast genom att återvinna det som redan finns? Tyvärr är detta inte möjligt, även om det finns en förbättringspotential jämfört med idag. Figur 9 visar effekten av förbättrad återvinning och andra cirkulära åtgärder på två metaller med väldigt olika utveckling fram till år 2050.

Järn är den metall som används mest, primärt i form av stål, i allt ifrån bilar till broar till bordsbestick. Då metallen har en så stor utbredning och lång historia av användning så finns det en viss mängd skrot som varje år återvinns till nytt stål. Idag återvinns cirka 80% av allt stål men bara cirka 29% av allt nyproducerat stål kommer från sekundär metall (skrot). Skillnaden mellan dessa tal beror på att livslängden på stålprodukter ofta är mycket lång och att världsekonomin fortfarande går igenom en fas av ökad efterfrågan på stål. Om återvinningsgraden fortsätter ligga på 80% så ökar andelen sekundär metall till 35% till år 2050. Om återvinningsgraden kan förbättras till mer än 90%, samtidigt som ett antal andra åtgärder för att förbättra återvinningen genomförs, så är det möjligt att öka andelen sekundär metall till 49% till år 2050. Den förbättrade återvinningen innebär en minskning av efterfrågan på primärmetall 2050 med cirka 18% jämfört med nuvarande återvinningsgrad, och en minskning med 6% jämfört med dagens efterfrågan. Fortfarande skulle dock mer än hälften av allt järn som behövs komma från gruvbrytning.

Litium är en metall med en helt annan profil än järn. Litium har först på senare år börjat användas i större skala i och med det tekniska genombrottet med litiumjonbatterier. Idag återvinns i princip inget litium alls och andelen sekundär metall är därmed också noll. Det pågår mycket forskning kring återvinning av litiumjonbatterier och en återvinningsindustri är under uppbyggnad. Hur stor andel som kommer att återvinnas till 2050 är dock i dagsläget mycket osäkert. Om återvinningsgraden skulle nå 50% utan andra förluster så skulle det innebära att efterfrågan på primära metaller till år 2050 skulle minska med cirka 15%.

> Litium har först på senare år börjat användas i större skala.

Figur 9. Effekt av ökad återvinning på efterfrågan av järn och litium
Ökad återvinning kan minska efterfrågan på primärmetaller, men det räcker inte till för att möta hela behovet. Som mest beräknas förbättrad återvinning kunna minska behovet av primärmetaller med 15–26% till 2050 relativt basscenarierna.



Källa: Världsbanken (2020); Watari et al (2018); Material Economics

1 Endast metaller för klimatteknologier, total minskning sannolikt lägre.

Världsbanken (2020) har gjort liknande analyser av ytterligare fyra metaller (koppar, aluminium, nickel, kobolt) och i samtliga fall är bilden liknande. Även om återvinningsgraden kan maximeras så kommer efterfrågan av primärmetaller till år 2050 bara minska med cirka 15-26%. I detta fall har man endast räknat på metaller som används för klimatteknologier. För de flesta snabbväxande metaller innebär det att efterfrågan fortfarande kommer växa kraftigt jämfört med idag. Att öka återvinningsgraden är samtidigt utmanande och kräver delvis ny teknik och nya processer, både för insamlingen och för bearbetningen till nytt material. Många metaller finns i små mängder tillsammans med andra metaller samt andra material, exempelvis plast. Detta gör att det finns såväl tekniska som ekonomiska utmaningar kopplade till ökad återvinning som måste lösas. Detta borde vara högt prioriterade åtgärder som skulle medföra stora vinster för vårt samhälle, dock kvarstår ett stort behov av fortsatt gruvdrift.

”Svensk berggrund är rik på fyndigheter”

Erika Ingvald
Enhetschef Mineralinformation och Gruvnäring SGU

Varför är Sverige ett intressant land att leta efter innovationskritiska metaller i?

– Den svenska berggrunden är rik på fyndigheter av råvaror som kan vara av intresse för den teknik vi behöver för att klara samhällsutvecklingen och minska klimatutsläppen. Den är också ganska underprospekterad jämfört med liknande berggrund i andra delar av världen och värd att studera mer.

Vad gör SGU för att öka kunskapen om Sveriges mineralförekomster?

– SGU kartlägger berggrunden med många olika metoder, geologiska, geofysiska och geokemiska, och ett syfte är att få en bättre förståelse för geologin i de områden som är särskilt rika på fyndigheter, för att göra det lättare att prospektera på rätt ställe. Vi deltar också i olika forskningsprojekt, bland annat EU-finansierade, där vi bygger kunskaper om geologin men också utvecklar ny teknologi för att kunna kartera smartare tillsammans med forskare.

Vilken potential ser SGU för brytning av viktiga metaller från tidigare gruvavfall?

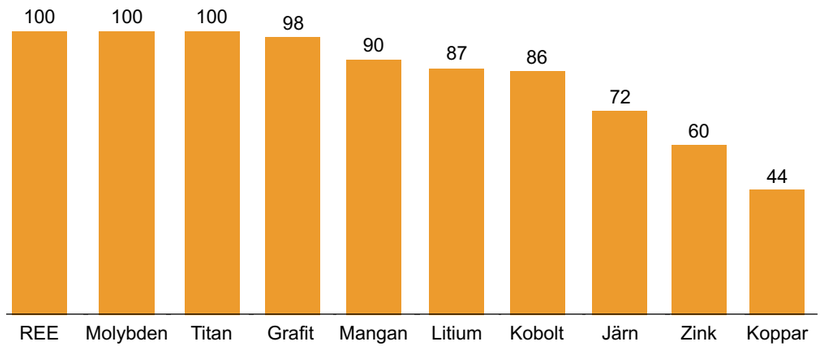
– SGU arbetar sedan några år tillbaka med att undersöka potentialen i historiskt gruvavfall. Avfallet kan innehålla metaller som blivit viktiga nu men inte var det när avfallet bildades. I de flesta fall rör det sig om små avfallsmängder som är sinsemellan olika till sin karaktär och det kan därför vara mycket svårt rent tekniskt och ekonomiskt att tillgodogöra sig dem. Om det däremot sker i samband med primär utvinning ökar dock chanserna mycket. Ett exempel där volymerna är stora och avfallet är tänkt att tas tillvara i samband med primär utvinning är i LKABs järnmalmsgruvor. Där försöker man nu få till lönsamma tekniker för att tillvarata sällsynta jordartsmetaller och fosfor som också fungerar i större skala.

Europa har ett stort importberoende av många metaller och mineral

Som tidigare beskrivet, så har Europa ett relativt sett större behov av metaller och mineral för klimatomställningen än resten av världen. Samtidigt är EU starkt importberoende av många metaller och mineral. Metallmarknaden idag är helt globaliserad då metaller har ett högt värde relativt transportkostnaden och Europa importerar stora andelar metaller från Asien, Afrika och Sydamerika. Figur 10 visar importberoendet för ett antal utvalda metaller. Idag importeras 100% av efterfrågan av sällsynta jordartsmetaller, molybden och titan, och nästan hela efterfrågan av grafit, mangan, litium och kobolt – kritiska metaller för bland annat elbilar, batterier och vindkraftverk.

Figur 10. Importberoende för utvalda metaller och mineral
Europa importerar en majoritet av sitt metallbehov, för några metaller är EU helt importberoende.

Importberoende till EU per metall (utvalda metaller)
Procent



Not: Importberoende av utvinning (ej bearbetning)
Källa: Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020)

Att vara starkt importberoende behöver inte vara ett stort problem, men det minskar leveranssäkerheten och gör det utmanande att bygga upp värdekedjor kopplade till metallerna.

Leveranssäkerheten kännetecknas av att risken för tillgångsbegränsningar, avsiktliga eller oavsiktliga, blir högre. Under de senaste åren har världen sett flera exempel på hur beroenden av enskilda länder eller regioner påverkat världshandeln negativt – brister på varor från Kina under början av coronapandemin, exportstopp på vaccin, brist på halvledare från Asien och logistikstörningar på grund av Suez-stoppet. Speciellt kännbart blir detta för metaller där en stor andel av tillgången kommer från ett eller ett fåtal länder. Ett exempel på en sådan metall är sällsynta jordartsmetaller där mer än 60% av världsproduktionen kommer från Kina (USGS, 2020). Det finns även exempel på hur Kina har använt sin unika position med sällsynta jordartsmetaller i utrikespolitiska syften. Att bygga upp inhemsk produktion är ett sätt att förbättra leveranssäkerheten.

En annan fördel med inhemsk produktion av metaller och mineral är de värdekedjor kopplade till produkterna som möjliggörs. Till exempel har möjligheterna i att bygga upp en starkare värdekedja i Sverige kring tillverkningen av litiumjonbatterier lyfts fram (Tillväxtanalys, 2017). Utvinningen av grafit, litium och kobolt skulle kunna vertikalt integreras och därmed potentiellt leda till lägre produktionskostnader. En annan fördel med inhemsk produktion är att möjligheterna att observera och påverka miljöeffekterna av utvinningen ökar.

Att bygga upp en viss andel inhemsk produktion inom EU skulle kunna öka leveranssäkerheten samt gynna möjligheterna att bygga upp en stark industri runt de klimatteknologiska värdekedjorna.

I Sverige finns redan en av de mest klimateffektiva produktionerna i världen, med omfattande satsningar för att fortsätta bära ledartröjan inom den globala innovationskraftmätningen. Om möjligheten till utvinning av primära råvaror för klimatomställningen begränsas skulle omställningen helt enkelt gå långsammare.

”Vi välkomnar utmanande miljökrav”

Vad innebär en ökad elektrifiering i världen för Boliden som metallproducent?

– Omställningen av energiproduktionen och ökad elektrifiering innebär att efterfrågan på en mängd olika basmetaller kommer öka förhållandevis markant. Våra metaller så som koppar och nickel är nödvändiga för denna klimatomställning och rent konkret innebär det att Boliden därmed kommer vara en nyckelaktör i hela Europas klimatomställning. Vi har framtiden för oss helt enkelt och vårt fokus är att ta fram dessa metaller på bästa möjliga sätt.

Vad innebär Bolidens satsning på ”low carbon copper”?

– Vi har som mål att reducera vår egen klimatpåverkan med 40 procent fram till 2030, från en redan världsledande position. Med ”low carbon copper” vill vi möjliggöra för andra att välja klimateffektiv koppar så att även våra kunder kan reducera sin klimatpåverkan istället för att importera koppar från länder där både miljö- och klimatpåverkan är långt högre. Vi gläds åt det intresse som initiativet skapat.

Vad är era största hållbarhetsutmaningar och hur hanterar ni dem?

– Vår största utmaning är tillgång till mark i ett långsiktigt perspektiv. För att kunna bedriva gruvverksamhet behövs mark för produktion och för hållbar avfallshantering och planering av detta över lång tid. Utmaningen är kopplat till hur miljötillståndsprocesserna i Sverige bedrivs idag. Vi välkomnar utmanande miljökrav och vi sätter stora resurser och ambitioner på att minimera miljökonsekvenser under verksamhetens samtliga faser. Samtliga hållbarhetsfrågor växer av betydelse från samhället, med all rätta, och det är av yttersta vikt att vi kan uppfylla dessa förväntningar och krav om vi ska kunna bedriva verksamhet. Tyvärr är processerna idag kring dessa miljötillstånd helt oförutsägbara vilket medför att vårt redan stora importberoende av metaller riskerar växa sig ännu större på bekostnad av större miljöpåverkan någon annanstans. Helhetsperspektiv i dessa processer kombinerat med strikta miljökrav är oerhört centralt inte bara för oss utan för hela vår bransch.

Pia Lindström
Personal- och hållbarhetsdirektör
Boliden gruvor

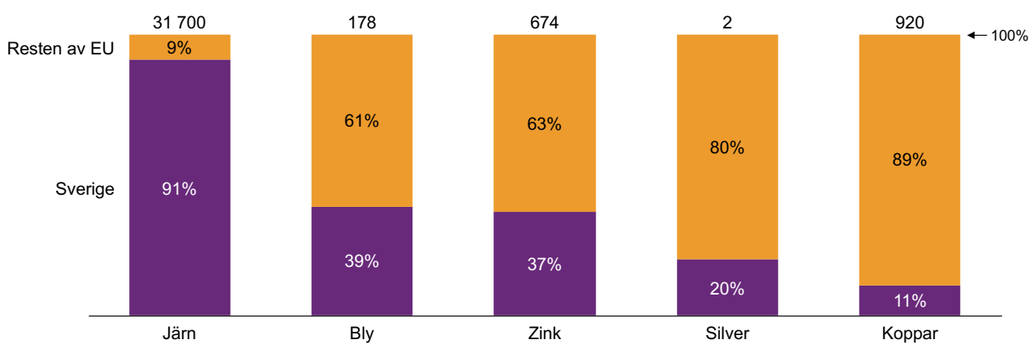
90
procent av EU:s järnproduktion står Sverige för.

Implikationer för Sverige: Svensk gruvnäring har en viktig roll att spela i omställningen till ett hållbart samhälle

Sverige har en mer än tusen år lång historia av malmbrytning och metallframställning. Sverige är idag en ledande producent på en global metallmarknad, och utgör en kritisk del av EU:s försörjning av bland annat järn, zink, koppar och bly (Figur 11). Sverige står för över 90% av EU:s produktion av järn och mer än en tredjedel av EU:s produktion av bly och zink.

Med åren har Sverige utvecklat en internationellt ledande näring där inte bara gruvbolagen ligger i framkant. Även industrier runt gruvorna har växt fram, som världsledande teknikbolag inom gruvutrustning och gruvteknik. Därutöver finns en stor industrimineralproduktion som i vissa fall är direkt kopplad till metallframställningen.

Figur 11. Svensk metallproduktion i förhållande till andra länder
Sverige har en betydande gruvindustri och står för en signifikant andel av EU:s metallproduktion.



Källa: SGU (2019)

”Den svenska grafiten är världsunik”

Per-Erik Lindvall
Ordförande europeiska styrelsen Talga Group Ltd

Varför har Talga valt att utföra prospektering i Sverige?

– Sverige har en mycket intressant geologi där förutsättningarna är goda att hitta viktiga mineraler i brytbara mängder. Den svenska grafiten är världsunik som effektiv insatsvara i batterier. Sverige är dessutom ett modernt gruv- och industriland med höga ambitioner att ligga i framkant när det gäller implementering av ny, klimatvänlig teknologi.

Hur kan Talgas grafitprojekt bidra till klimatövergången?

– Talgas grafit, gjord med förnyelsebar energi, blir världens grönaste och har 96 procent lägre CO_2-påverkan än den batterigrafit som dominerar marknaden idag. Om man då tänker in både att grafiten är cirka 40 procent av ett batteri och att vi måste rulla ut elbilar för att få bort fossilberoendet, då är saken given.

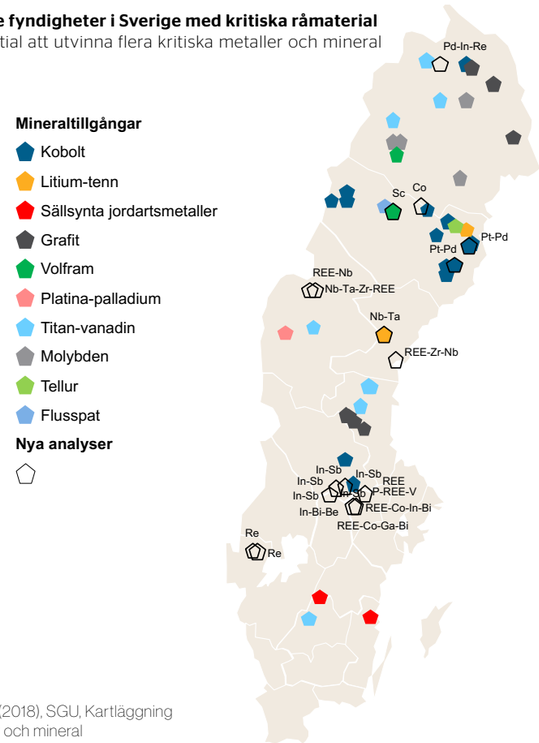
Vad är din tidtabell, när kan produktionen starta?

– Liksom många andra väntar Talga på att få alla tillstånd på plats samtidigt som produktkvalificeringsjobb i nära samarbete med framtida kunder redan nu utförs parallellt. Planen är att få gruvan i drift 2023 och anodanläggningen 2024.

Det finns potential för utvinning av fler och mer metaller i Sverige och flera projekt är på gång. Utöver utökad produktion av de metaller som redan bryts idag finns potential för bland annat grafit, sällsynta jordartsmetaller, nickel, kobolt och litium. Figur 12 visar de malmberäknade fyndigheter i Sverige där kritiska råmaterial har påträffats. Det finns sannolikt fler fyndigheter och potentialen bedöms vara stor, men i många fall krävs mer prospektering för att avgöra det ekonomiska värdet. Ett exempel på projekt som kommit mycket långt och snart skulle kunna bli verklighet är utvinningen av grafit i Vittangi som skulle bli den största grafitgruvan utanför Kina (DI 2021). Den skulle stå för en femtedel av den beräknade efterfrågan i Europa fram till 2025 om brytningen kan starta enligt plan. Även sällsynta jordartsmetaller skulle kunna utvinnas i Sverige och det finns flera aktiva projekt. Ett är LKABs ReeMAP-projekt som skulle kunna producera upp till 30% av EU:s behov. Ett annat är Norra Kärr som är en av Europas största kända fyndigheter för så kallade tunga sällsynta jordartsmetaller[2].

> Utvinningen av grafit i Vittangi skulle bli den största grafitgruvan utanför Kina.

Figur 12. Malmberäknade fyndigheter i Sverige med kritiska råmaterial
Det finns geologisk potential att utvinna flera kritiska metaller och mineral i Sverige.



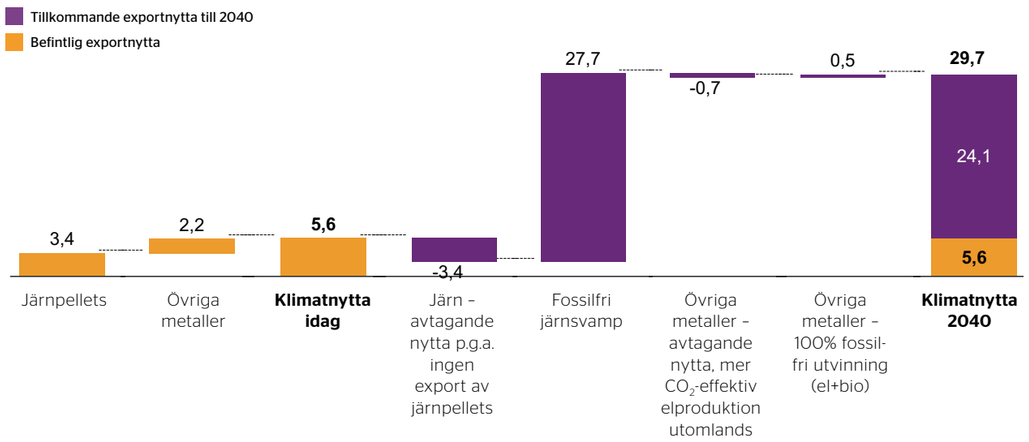
Källa: Hallberg & Reginiussen (2018), SGU, Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral

Det finns ett antal anledningar till att Sverige är ett bra land att producera metaller i – lågt klimatavtryck, höga miljökrav samt goda sociala omständigheter. Svensk gruvdrift har betydligt lägre utsläpp av växthusgaser än omvärlden. I ”Klimatnyttan av svensk export” uppskattas klimatnyttan som genereras av svensk export av metaller från gruvindustrin till cirka 5,6 miljoner ton CO_2 (Figur 13). Detta beror på flera saker, bland annat effektivare processer, renare el samt bättre malmkvalitet. Exempelvis producerar Boliden koppar med ett koldioxidavtryck som är mindre än en tredjedel av världsgenomsnittet (Bolidens gröna koppar har ett avtryck på mindre än 1,5 kg CO_2e per kg koppar, jämfört med 4,6 globalt). Branschen har dessutom ytterligare planerade förbättringar som kommer öka klimatnyttan till cirka 30 miljoner ton CO_2 till år 2040 där LKABs satsning på fossilfri järnsvamp kommer ha störst effekt.

2. Sällsynta jordartsmetaller (ofta förkortade REE efter engelskans Rare Earth Elements) är en grupp av 17 metalliska grundämnen som ofta delas upp i två undergrupper – lätta respektive tunga.

Figur 13. Uppskattad klimatnytta av export av metaller från svensk gruvdrift
Svensk gruvdrift har lägre klimatavtryck än utländsk produktion av metaller, och genererar en klimatnytta via export motsvarande 5,6 miljoner ton CO_2 (2018).

Klimatnyttan av svensk export av metaller från gruvdrift
Miljoner ton CO_2, 2018 & 2040 (baserat på dagens exportvolym)



Källa: Material Economics analys, baserat på LKAB (2019) – Annual report 2018; LKAB (2020) – Leading the way to decarbonisation; Boliden (2020) – Annual report; SCB (2020) - Varuexport, bortfallsjusterad; SCB (2020) - Basfakta för verksamhetsnivå enligt Företagens ekonomi; Svemin (2019) - Färdplan för en konkurrenskraftig och fossilfri gruv- och mineralnäring; IEA (2017) Energy Technology Perspectives; Material Economics (2019) – Industrial Transformation 2050; Milford et. al. (2012) – The last Blast Furnace

> Sverige har stor möjlighet att bidra till klimatomställningen med nödvändiga metaller.

Sverige har dessutom mycket höga krav på andra miljöaspekter såväl som sociala villkor kring gruvbrytning, något som skiljer sig kraftigt från många av de länder där energikritiska metaller idag produceras. En livscykelanalys som jämfört de olika miljöeffekterna av utvinning av sällsynta jordartsmetaller i Sverige och Kina visar att svensk produktion skulle ha en femtedel av den kinesiska produktionens miljöeffekter (Schreiber et al, 2016). Svenska arbetsvillkor och arbetsmiljö håller också internationellt mycket hög nivå. Detta kan kontrasteras med utvinningen av kobolt som till största del sker i Kongo, med flertalet rapporter om barnarbete och utbredda miljöskador på närliggande byar (Banza Lubaba Nkulu et al, 2018; Aftonbladet, 2018).

Sverige har sammanfattningsvis en stor möjlighet att bidra till klimatomställningen med nödvändiga metaller som produceras på ett ansvarsfullt sätt samtidigt som vi därmed vidareutvecklar en viktig industri och möjliggör uppbyggnaden av värdekedjor kopplade till ny teknik.

Över hälften av grundämnena på EU:s lista över kritiska råmaterial finns det potential för här i landet. Därför har Sverige ett särskilt ansvar. Vi kan inte fortsätta driva vår klimatomställning med hjälp av metaller och mineral från odemokratiska stater med låga miljökrav.

”Sveriges berggrund är underprospekterad”

Varför är det viktigt att sammanställa faktaunderlag om behov av metaller och mineral?

– Just nu lever vi i en teknikintensiv värld, med hållbarhet och grön omställning som ledord. Det är oerhört viktigt att alla slutanvändare av metaller och mineral, inte minst våra beslutsfattare, förstår hur det framtida behovet ser ut, förstår kopplingen mellan vår metallkonsumtion, processerna för att ta fram dessa metaller ur jordskorpan, samt konsekvenserna av dessa processer ur ett globalt perspektiv. Med fakta i handen blir det tydligt hur vi måste arbeta med många parallella spår för att tillgodose vårt behov, exempelvis återvinning OCH prospektering.

Vilken forskning pågår idag om Sveriges mineralförekomster?

–Det pågår forskning på bred front, men något som oroar mig är att det har skett en förskjutning från malmgenetiska studier till studier som istället sätter nyttoaspekten eller ny teknologi i fokus, till exempel utvinning av biprodukter eller användning av ny teknologi inom prospektering, något som kan kopplas till försämrade finansieringsmöjligheter för projekt på låg TRL-nivå. Ur ett långsiktigt perspektiv finns det en fara med detta då erfarenhet visar att det finns ett behov av att ständigt revidera och förnya geologiska modeller för att kunna identifiera nya målområden, exempelvis områden med strategiska metaller. Framgångar i exempelvis Garpenberg- och Aitik-områdena bygger på ny teknologi i kombination med ständigt reviderade malmgenetiska modeller som ökar förståelsen för malmens utbredning i jordskorpan.

Vilka kunskapsluckor hindrar Sverige att utvinna metaller som vi inte ännu producerar idag?

– Vi känner till hundratals intressanta fyndigheter i Sverige, där brytning av annat än basmetaller, järn och guld skulle kunna utgöra en framtida möjlighet. Däremot har det inte gjorts några större vetenskapliga undersökningar på majoriteten av de här fyndigheterna i modern tid. Vi vet därför inte vad det rör sig om för malmtyper vilket gör det svårt att uppskatta hur de uppträder mot djupet och om de kan anrikas och bearbetas på ett ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart sätt. Den svenska berggrunden är väldigt underprospekterad, det finns stora områden som vi helt saknar kunskap om. Om vi bygger upp kunskap runt våra kända fyndigheter och vår berggrund i mer detalj så kan vi dra säkrare slutsatser om vår potential till en inhemsk produktion av nya metaller.

Christina Wanhainen
Professor malmgeologi, Luleå Tekniska Universitet

Referenser

Banza Lubaba Nkulu et al., (2018) Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. DOI: 10.1038/s41893-018-0139-4

Aftonbladet (2018) Så högt är priset för framtidens teknik https://special.aftonbladet.se/blodsbatterier/

Boliden (2018). Utveckling mineraltillgångar och mineralreserver 2017. http://ir.boliden.com/sv/pressmeddelanden/utveckling-mineraltillgangar-och-mineralreserver-2017-1551526

British Geological Survey (2010). World Mining Production 2004-08. https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/world_statistics/2000s/WMP_2004_2008.pdf.

British Geological Survey (2020). World Mining Production 2014-18. https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/world_statistics/2010s/WMP_2014_2018.pdf.

Conserva, Mario (2019). Bleak future ahead for Europé's aluminium industry. Politico 2019-06-06. https://www.politico.eu/sponsored-content/bleak-future-ahead-for-europes-aluminum-industry/

Dagens Industri (2021). Bara Kina slår grafitgruvan i Vittangi https://www.di.se/nyheter/bara-kina-slar-grafitgruvan-i-vittangi/

Daigo et al., (2014) Time-series analysis of global zinc demand associated with steel. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.10.013

De Koning et al, (2018). Metal supply constraints for a low-carbon economy? https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.040

Elshaki et al, (2018). Resource demand scenarios for the major metals. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05154

European Aluminum (2019). Vision 2050 Europakommissionen (2020 a). Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system. https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2020/04/rms_for_wind_and_solar_published_v2.pdf

Europakommissionen (2020 b). Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN

Europakommissionen (2020 c). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: A Foresight Study. https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42881

Europakommissionen (2020 d). Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020): Final Report. DOI: 10.2873/11619.

Europakommissionen (2018). Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d1be1b43-e18f-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-80004733

Federal Ministry Republic of Austria – Agriculture, Regions and Tourism (2020). World Mining Data 2020. http://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2020.pdf

Hallberg & Reginiussen (2018), SGU-rapport, Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral

Hodgkinson, J. H. & Harrison Smith, Michael (2018). Climate change and sustainability as drivers for the next mining and metals boom: The need for climate-smart mining and recycling.

IEA (2017). Energy Technology Perspectives 2017: Catlysing Energy Technology Transformations.

IEA (2020). World Energy Outlook

IEA (2020). Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive?

IEA (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions

IRENA (2020). REmap – Renewable Energy Roadmaps. https://www.irena.org/remap

IRENA (2016). Floating foundations: A game changer for offshore wind power. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Offshore_Wind_Floating_Foundations_2016.pdf

Jowitt, S.M., Mudd, G.M. & Thompson, J.F.H. (2020) Future availability of non-renewable metal resources and the influence of environmental, social, and governance conflicts on metal production. Commun Earth Environ 1, 13. https://doi.org/10.1038/s43247-020-0011-0

JRC (2018 a). European Innovation Partnership on Raw Materials: Import Reliance. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/scoreboard2018/indicators/3._Import_reliance.pdf

JRC (2018 b). Towards Recycling Indicators based on EU flows and Raw Materials System Analysis data. DOI:10.2760/092885.

LKAB (2020 b). LKAB går vidare med nya metoder för att utvinna kritiska råmaterial ur gruvavfall. https://ree-map.com/sv/lkab-gar-vidare-med-nya-metoder-for-att-utvinna-kritiska-ramaterial-ur-gruvavfall/

Material Economics (2018) The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy

Material Economics (2021) Klimatnyttan av svensk export https://materialeconomics.com/publications/klimatnyttan-av-svensk-export

McKinsey (2018). Metal mining constraints on the electric mobility horizon.

Norhstedt, Linda (2018). Lång väg till brytning av metaller i Sverige. Ny Teknik 2018-03-22. https://www.nyteknik.se/energi/lang-vag-till-brytning-av-metaller-i-sverige-6905322

OECD / Accenture (2017) Steel Demand Beyond 2030

OECD (2019). Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences. https://doi.org/10.1787/9789264307452-en

Pauliuk, S., Milford, R. L., Müller, D. B. and Allwood, J. M. (2013). The Steel Scrap Age. Environmental Science & Technology, 47(7). 3448–54. DOI:10.1021/ es303149z.

Schreiber, A.; Marx, J.; Zapp, P.; Hake, J.-F.; Voßenkaul, D.; Friedrich, B. (2016) Environmental Impacts of Rare Earth Mining and Separation Based on Eudialyte: A New European Way. Resources 2016, 5, 32. https://doi.org/10.3390/resources5040032

Sethuraman, Latha et al., (2014). Structural integrity of a direct-drive generator for a floating wind turbine. Renewable Energy. Volym 63, mars 2014. https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.10.024

SGU (2020 a). Mineralstatistik. https://www.sgu.se/mineralnaring/mineralstatistik/

SGU (2020 b). Kritiska råvaror. https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/

SGU (2019). Bergverksstatistik 2019 http://resource.sgu.se/bergsstaten/bergverksstatistik-2019.pdf

SGU (2018). Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral. http://resource.sgu.se/produkter/regeringsrapporter/2018/RR1805.pdf

Tillväxtanalys (2017). Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen?

TNO (2019). Global Energy Transition and Metal Demand. DOI: 10.13140/RG.2.2.25790.54086.

U.S. Geological Survey (2008). Mineral Commodity Summaries. https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/indium/mcs-2008-indiu.pdf.

U.S. Geological Survey (2020). Mineral Commodity Summaries 2020. https://doi.org/10.3133/mcs2020

Van der Voet et al (2019). Environmental implications of future demand scenarios for metals: methodology and application to the case of seven major metals. https://doi.org/10.1111/jiec.12722

Världsbanken (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition.

Wall Street Journal https://www.wsj.com/articles/how-europe-became-the-worlds-biggest-electric-car-marketand-why-it-might-not-last-11614508200

Watari, Takuma et al (2018). Analysis of Potential for Critical Metal Resource Constraints in the International Energy Agency's Long-Term Low-Carbon Energy Scenarios. Minerals 2018, 8(4). https://doi.org/10.3390/min8040156

Watari, Takuma et al (2020). Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements. Resources, Conservation and Recycling. Volym 155, april 2020. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104669

Watari, Takuma et al (2021). Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: A critical review. Resources, Conservation and Recycling. Volym 164, januari 2021. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105107

Svemin är branschorganisationen för gruvor, mineral- och metallproducenter i Sverige. Vi representerar cirka 50 företag med drygt 13 000 anställda inom produktion, prospektering och teknik. Vårt uppdrag är att ge medlemsföretagen bästa möjliga konkurrensförutsättningar. Med kunskap, erfarenhet och långsiktigt engagemang, påverkar och utvecklar vi förutsättningarna för att det svenska gruv- och mineralklustret ska fortsätta vara i världsklass. Svemin utvecklar branschgemensamma riktlinjer och vägledningar och medverkar till att forskning och teknikutveckling inom prioriterade områden kommer till stånd. Vi bevakar också branschens intressen i samband med utvecklingen av policys och lagar i Sverige och inom EU.

SveMin

www.svemin.se