

MATERIAL ECONOMICS

# KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVNÄRING



SWEDISH  
MINING  
INNOVATION

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 Energimyndigheten

FORMAS 

Strategiska  
innovations-  
program

MATERIAL ECONOMICS

# KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVNÄRING

## Publication details

Copyright © 2021 Material Economics Sverige AB. Some rights reserved.  
The material featured in this publication is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercialShareAlike License. The details of this license may be viewed in full at: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Please refer to this report as: Material Economics (2021). Klimatnyttan av svensk gruvnäring.

# FÖRORD

**Den här rapporten belyser** den internationella klimat-effekten av svensk gruvnäring.

**Sveriges klimatmål kräver** att svensk gruvdrift och metallframställning i likhet med resten av ekonomin minskar sina utsläpp av växthusgaser till netto noll senast 2045. En trovärdig plan för att bli 'fossilfri' är en omistlig del av varje diskussion om svensk gruvnäringens klimatpåverkan.

**I tillägg till detta** nationella mål är klimatet också en global fråga. På vägen till att bli fossilfri kan svensk industri bidra till en 'fossilskillnad' genom att gå före med att tillhandahålla klimateffektiva produkter. Just svenska gruvaktörer agerar till allra största del på internationella marknader, och kan bidra bl a genom att producera malm och metaller med lägre CO<sub>2</sub>-avtryck än vad som annars skulle ske i andra länder; ta fram eldriven och effektiv utrustning som gör att gruvor världen om kan drivas med lägre klimatpåverkan; och exportera metaller och mineral som behövs för klimatomställningen.

**I den här rapporten** beräknar vi hur stor denna klimatnytta är. Vi uppskattar att utsläpp av 6 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år undviks i dag. Klimatnyttan kan också växa sig långt större: mer än 30 miljoner ton fram till 2045, genom planer för ökad produktion, mer avancerade och fossilfria processer, en ny generation gruvmaskiner, och ytterligare vidareförädling.

**Klimatpåverkan är förstås** bara en aspekt av gruvverksamhet. Diskussionen om framtida gruvor måste inbegripa många andra frågeställningar som den här studien inte befattar sig med, såsom ekonomiska effekter eller lokal miljöpåverkan. Vi hoppas att ytterligare insikt om påverkan på globala växthusgasutsläpp kan bli en pusselbit bland många i diskussionen.

**Rapporten har tagits fram av** Material Economics inom ramen för Svemins arbete med att uppdatera branschens klimatfärdplan. 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. Projektets styrgrupp har bestått av Anders Hedqvist (Epiroc), Daniel Dahlström (Zinkgruvan Mining), Hanna Stenegren (Svemin), Jenny Greberg (Swedish Mining Innovation), Joshua Prentice (Heidelberg Cement), Karin Comstedt Webb (Heidelberg Cement), Markus Fagervik (Nordkalk), Maria Sunér (Svemin), Mats Gustavsson (Boliden), Stefan Savonen (LKAB) och Åsa Allan (Kaunis Iron). Arbetet har innefattat ett stort antal intervjuer med företag med befintliga och föreslagna gruvor i Sverige, samt med ett antal som levererar utrustning till branschen. Vi riktar ett stort tack till alla som bidragit. Material Economics står ensamt för resultaten och slutsatserna som presenteras.



**Per Klevnäs**  
Partner



**Anders Hedman Falk**  
Senior Consultant

# INNEHÅLL

<b>FÖRORD</b>	<b>3</b>
<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>6</b>
<b>INTERNATIONELLA KLIMATEFFEKTER AV DAGENS SVENSKA GRUVNÄRING</b>	<b>10</b>
<b>POTENTIALEN FÖR ÖKAD KLIMATNYTTA</b>	<b>18</b>
<b>KLIMATNYTTAN AV EXPORT AV UTRUSTNING OCH METALLER</b>	<b>30</b>
APPENDIX – METODBESKRIVNING	36
KÄLLFÖRTECKNING	38
NOTER	39



# SAMMANFATTNING

**Den här rapporten** ställer frågan hur svensk gruvnäring kan bidra till minskade utsläpp av växthusgaser inte bara i Sverige, utan internationellt. Frågan är högst relevant: gruvdrift och metallframställning är utsläppsintensiva verksamheter som globalt leder till utsläpp av växthusgaser motsvarande fem miljarder ton koldioxid (CO<sub>2</sub>) per år, och det är en stor utmaning att tillgodose framtida behov av metaller och mineral inom ramen för uppsatta klimatmål.

## **Rapporten har tre huvudsakliga slutsatser:**

- 1)** Svensk produktion är redan 70% mindre utsläppsintensiv än motsvarande internationell framställning, så produktion i Sverige gör att de internationella utsläppen redan i dag är 6 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år lägre än de annars skulle vara.
- 2)** Denna effekt kan öka till hela 37-43 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år om svenska aktörer genomför sina planer att utöka gruvverksamheten, minska de egna utsläppen ytterligare, och ta steget till ytterligare vidareförädling med hjälp av CO<sub>2</sub>-fri energi.
- 3)** Svenska företag är också världsledande leverantörer av gruvutrustning och kan driva en snabbare elektrifiering och effektivisering som försiktigt räknat skär ned utsläppen globalt med 10-14 miljoner ton CO<sub>2</sub> till 2035.

## **DAGENS PRODUKTION AV JÄRNMALM, KOPPAR OCH ZINK LEDER TILL 6,4 MILJONER TON LÄGRE CO<sub>2</sub>-UTSLÄPP PER ÅR**

**Svenska företag producerar** 90% av all järnmalm i EU, 40% av zink och 10% av koppar. Marknaderna för dessa metaller är globala, och produktion som inte tillgodoses av svensk produktion importerar istället från andra aktörer runt hela världen. Samtidigt visar en detaljerad analys att klimatavtrycket av produktionen i Sverige är mellan 60-90% lägre än motsvarande produktion i andra länder. Skälen till detta är många inklusive effektiva processer, elektrifiering av transporter och processer, gynnsamma råvaror, och tillgång till nästan CO<sub>2</sub>-fri elektricitet. I stället för de ca 9 miljoner ton utsläpp som uppstår vid genomsnittlig internationell produktion av motsvarande mängd metaller och malm, leder produktionen i Sverige därför till 2,6 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år.

**Skillnaden på 6,4 miljoner ton CO<sub>2</sub>** utgör en intuitiv definition av industrins nuvarande klimatnytta: den minskning i globala utsläpp som svensk produktion möjliggör (jämfört med ett scenario där den inte fanns tillgänglig).

# 6,4 Mt CO<sub>2</sub>

*Klimatnyttan av svensk gruvnäring idag*

---



## SVENSK GRUVINDUSTRIS FRAMTIDA PLANER KAN ÖKA KLIMATNYTTAN TILL 37-43 MILJONER TON CO<sub>2</sub> PER ÅR TILL 2045

**Industrin genomgår nu** stora förändringar, där planer för både framtida gruvdrift och metallframställning markant skiljer sig från hur verksamheten har bedrivits historiskt. En genomgång av föreslagna planer bland svenska aktörer visar på flera relevanta frågor för hur klimatnyttan utvecklas:

- **Ökad produktion:** ett antal planerade gruvor och produkter kan framställa bl a grafit, sällsynta jordartsmetaller, koppar och järn. Planer finns även på att använda gruvavfall som råvara och framställa fosfor och sällsynta jordartsmetaller. Framställning enligt de planer som finns har motsvarande lägre utsläppsintensitet än de produkter som nu säljs på globala marknader. Till exempel kan sällsynta jordartsmetaller produceras i Sverige med 80% lägre klimatpåverkan än vad som sker i dag i Kina, och grafit med 90% lägre påverkan. En beräkning av den totala klimatnyttan av den föreslagna produktionen uppskattar den till 2,4 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år, en ökning med nästan 40% från dagens uppskattade klimatnytta.

- **Nya processer:** gruvdrift och metallframställning står inför stora förändringar, med sikte på att höja produktiviteten och minska växthusgasutsläppen från processerna. Nyckelområden är bland annat autonom drift och digitalisering; snabbt ökad elektrifiering av gruvmaskiner och transporter; utveckling av nya insatsvaror såsom sprängämnen och lösningsmedel; och framtagande av nya förädlingsprocesser. Dessa utgör gemensamt kärnan i hur svensk gruvverksamhet kan uppnå CO<sub>2</sub>-fri produktion. När de genomförs ökar klimatnyttan med mellan 2-3 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år, beroende på hur snabbt resten av världen ställer om motsvarande verksamheter.

- **Vidareförädling av järnmalm:** LKAB:s planer att vidareförädla järnmalm till fossilfritt järn med hjälp av CO<sub>2</sub>-fri vätgas kan ersätta mycket utsläppsintensiva processer i järn- och stålframställning globalt. Klimatnyttan för detta kan bli mycket stor, hela 25-31 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år när den helt genomförs.

## SVENSK GRUVINDUSTRI KAN BIDRA TILL ELEKTRIFIERING AV GRUVDRIFT OCH TILLGODOSE METALLBEHOV FÖR KLIMATOMSTÄLLNINGEN

**Exporten av gruvutrustning och metaller** bidrar också till klimatomställningen på andra sätt. De är svårare att robust beräkna, men har stor potential:

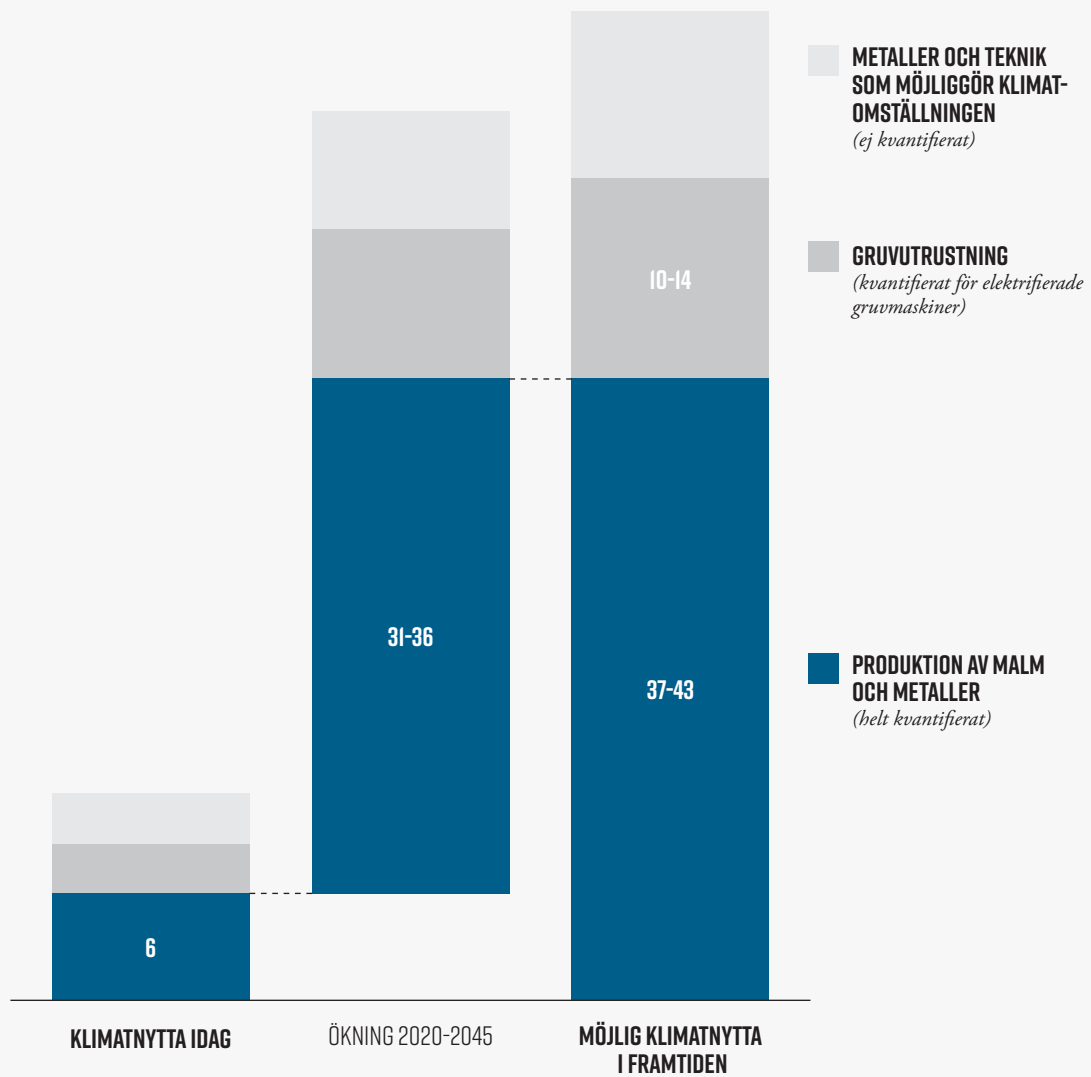
- **Elektrifiering av gruvmaskiner.** Svenska gruvutrustningsleverantörer har tillsammans en marknadsandel på omkring 60% för underjordsgruvor globalt, och har ambitiösa satsningar på att ersätta dagens dieseldrivna maskiner med batteridrivna alternativ. I ett lyckat skifte mot elektrifiering, där företagens planer att hälften av sålda gruvmaskiner är elektrifierade till år 2030 genomförs, kan de globala utsläppen minska med 10-14 miljoner ton CO<sub>2</sub> globalt till 2035, med större klimatvinster därefter.

- **Framställning av metaller och mineraler för klimatomställningen.** Den globala klimatomställningen kräver mycket snabb utbyggnad av en rad nya tekniker och viktig infrastruktur, såsom förnyelsebar kraftproduktion, elnät, och elfordon. Dessa har i sin tur nya metallbehov, och är i många fall direkt beroende av ökad tillförsel av metaller och mineral. Till exempel förutses att efterfrågan på järn, koppar och zink växer med mellan 25-190% fram till 2050, medan efterfrågan på "klimatkritiska" ämnen som sällsynta jordartsmetaller och grafit minst femdubblas. Genom att tillgodose dessa behov – och dessutom göra det utan ökat importberoende till Europa – kan svensk gruvnäring göra ytterligare ett bidrag till klimatomställningen.



*Figur 1*  
**DEN SVENSKA GRUVNÄRINGENS KLIMATNYTTA**

**KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVINDUSTRI**  
MILJONER TON CO<sub>2</sub> PER ÅR



KÄLLA: MATERIAL ECONOMICS ANALYS BASERAT PÅ FLERA KÄLLOR, SE APPENDIX.

# 1. INTERNATIONELLA KLIMATEFFEKTER AV DAGENS SVENSKA GRUVNÄRING

**Svenska gruvbolag verkar** på globala marknader, där produktion som inte tillgodoses från svenska källor i stället importeras från andra aktörer runt hela världen. Denna konkurrerande internationella produktion är generellt mycket mer utsläppsintensiv än den i Sverige, som har hela 70% lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp. Sammantaget uppgår klimatnyttan av den svenska exporten av järnmalm, koppar och zink till 6,4 Mt CO<sub>2</sub> per år. Som jämförelse är detta en mängd utsläpp motsvarande 40% av de från hela svenska industrin.

## SVENSKA GRUVBOLAG OCH UTRUSTNINGSLIVERANTÖRER VERKAR PÅ GLOBALA MARKNADER

**Potentialen för global klimatnytta** uppstår just genom att svenska aktörer har en starkt exportinriktad verksamhet och agerar på globala marknader. Svenska gruvföretag och -utrustningsleverantörer exporterar den stora majoriteten av sina produkter. Under 2019 exporterades malmer, metaller och mineral till ett värde av 120 miljarder kronor. Under samma år hade svenska gruvutrustningsleverantörer (Epiroc och Sandvik SMRT) intäkter från gruvmaskiner motsvarande mer än 70 miljarder.<sup>i</sup> Dessa nästan 200 miljarder kronor kan jämföras med Sveriges totala export av varor och tjänster, som uppgår till ca 1500 miljarder kronor årligen.<sup>ii</sup>

**Särskilt sett till produktionen** i Europa är svensk framställning av malm och metaller betydande (Figur 2, nästa uppslag). Svensk produktion har de senaste åren varit runt 30 miljoner ton järnmalm, 250 kiloton

zink, 100 kiloton koppar och 70 kiloton bly. För järnmalm motsvarar detta 91% av den totala produktionen i Europa, för zink och bly närmare 40%, och för koppar omkring 10%. Utöver dessa metaller utvinns även guld, silver och tellur i Sverige. I tillägg till det som bryts i Sverige importerar även svenska aktörer malm och råvaror (t.ex. elektronik som återvinns och metallkoncentrat) som förädlas till metaller.

**Svenska företag är även** världsledande producenter av gruvutrustning. Framför allt står företagen Epiroc och Sandvik SMRT tillsammans för runt två tredjedelar av de globala leveranserna av gruvutrustning för underjordsbrytning. Vi återkommer till detta i kapitel 4.

**För såväl malm,** metaller, och gruvutrustning verkar svenska företag på globala marknader. Gruvmaskiner säljs till aktörer över hela världen. Exporten av järnmalm, koppar och zink går främst till övriga Europa, följt av Asien som importerar framför allt järnmalm från Sverige.<sup>iii</sup> Men Europa importerar i sin tur stora mängder järn, koppar och zink från bl.a. Sydamerika, Australien, Ryssland och Kanada.

**Den relevanta geografiska** marknaden för svenska gruvföretag är således internationell och konkurrenterna finns över hela jorden. Det är därför även denna globala produktion av malm och metaller som är relevant för att utvärdera klimatnyttan av svensk produktion: den behöver bygga på en jämförelse av svenska producenters koldioxidintensitet och annan klimatpåverkan, med den från andra länder som producerar för försäljning till samma kunder.

*Produktion av malm och metaller  
i Sverige är 60-90% mindre  
utsläppsintensiv än motsvarande  
produktion internationellt*

---





# 91%

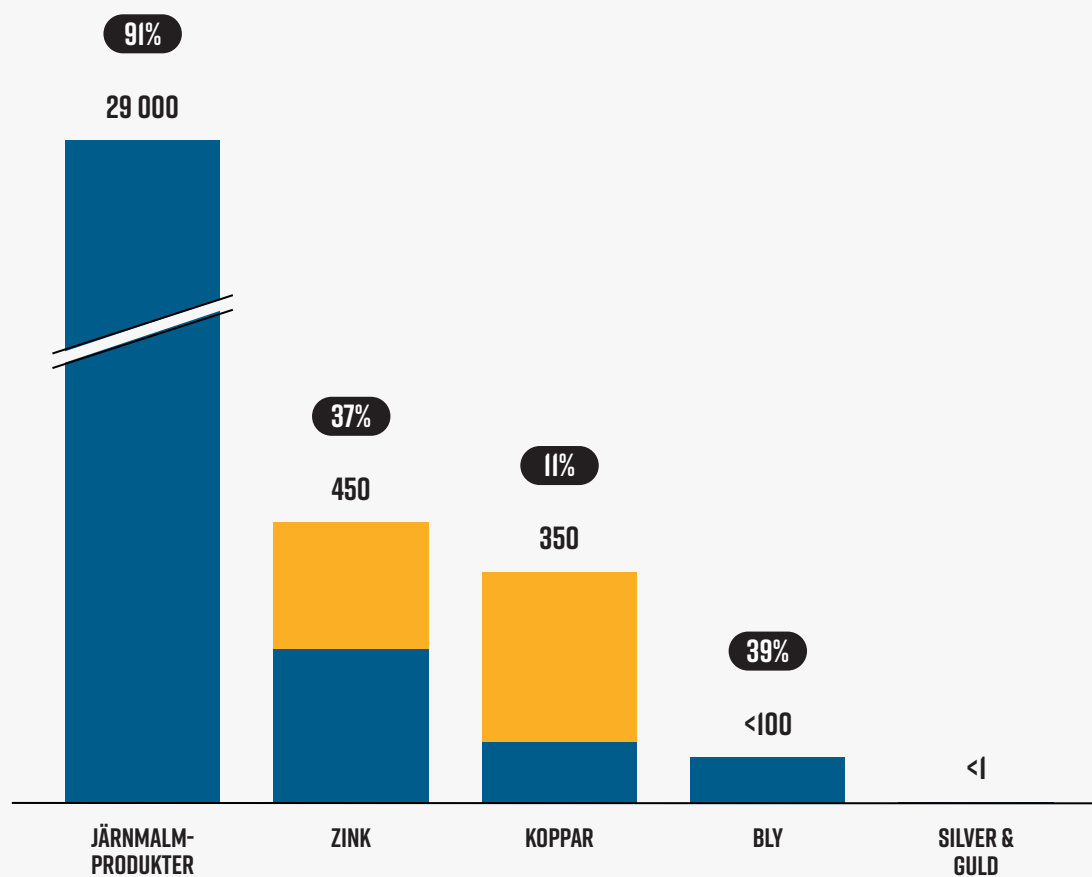
*av Europas järn-  
malmsproduktion  
sker i Sverige*

---

Figur 2

## SVENSK PRODUKTION UTGÖR EN STOR ANDEL AV EUROPEISK PRODUKTION AV JÄRN, ZINK OCH KOPPAR

BRYTNING OCH FÖRÄDLING AV MALM I SVERIGE  
KILOTON, 2019



■ YTTERLIGARE PRODUKTION FRÅN IMPORTERAD MALM OCH RÅVAROR

■ METALLER SOM BRYTS INOM SVERIGE

● % ANDEL AV PRODUKTIONEN I EUROPA<sup>1</sup>

Not: <sup>1</sup> Avser metaller som bryts inom Sverige, andel av EU27+UK.

KÄLLA: SGU (2020) - BERGVERKSSTATISTIK 2019; BOLIDEN (2021) - ÅRS OCH HÅLLBARHETSREDOVISNING 2020

## GRUVDRIFT OCH METALLFRAMSTÄLLNING ÄR UTSLÄPPSINTENSIVA, MED STOR POTENTIAL FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN GENOM EFFEKTIVA PROCESSER OCH FOSSILFRI ENERGI

**Gruvbrytning och framställning** av metaller generellt är en utsläppsintensiv process. Till exempel leder framställningen av stål och aluminium gemensamt till utsläpp av 3,5 miljarder ton CO<sub>2</sub> per år globalt, nästan 10% av alla CO<sub>2</sub>-utsläpp från industri och energi, medan annan metallframställning bidrar med ytterligare upp till 1,1 miljarder ton.<sup>iv</sup> Utsläppen från själva gruvdriften är svårare att beräkna, men enligt en uppskattning rör det sig om ungefär 0,5 miljarder ton – nästan 10 gånger mer än Sveriges totala CO<sub>2</sub>-utsläpp – som uppstår i brytning och anrikning av malm, kol, och annan gruvverksamhet.<sup>v</sup>

### Dessa utsläpp av växthusgaser uppstår i tre huvudsakliga steg (Figur 3):

- **Vid brytningen** i gruvan uppstår CO<sub>2</sub>-utsläpp från dieseldrivna maskiner, från produktion av energi som används för borrhning samt för krossning och malning av malm (ofta elektricitet), samt för andra processer såsom ventilationen, pumpning, mm. Även användning av sprängämnen ger upphov till växthusgaser.
- **Efter brytningen** sker en anrikning där malmen ofta mals och innan metallen (som ofta återfinns i kemisk förening med exempelvis syre eller svavel) separeras från berget. Resultatet är ett metallkoncentrat, ofta i pulverform. Vid vidare anrikning av malmen uppstår sedan ytterligare utsläpp från energikrävande processer, såsom malning, samt från tillsatsen av kemikalier och lösningsmedel i anrikningsverken.
- **I förädlingen från** metallkoncentrat till metaller eller andra produkter härstammar utsläppen från fossila bränslen som används för värme i processerna, samt från direkta

utsläpp från processerna där metallerna frigörs. Även kemikalier som används i produktionen ger upphov till utsläpp när de produceras, och ibland även vid användning.

**Klimatavtrycket kan dock** variera stort mellan olika gruvverksamheter. Det är framför allt tre faktorer som påverkar hur stora utsläpp som uppstår:

- **Processeffektivitet.** Den totala effektiviteten i framställningen har stor påverkan på hur stora utsläpp som uppstår för att producera en given mängd produkt. Möjligheter till effektivisering uppstår i alla led. Optimerad logistik inom gruvan kan spara stora mängder bränsle i transporter, medan effektiva maskiner leder till lägre energiåtgång. Samma möjligheter finns också när malmen förädlas till metaller.
- **Energi med lågt klimatavtryck.** En stor del av energianvändningen i gruvor består av elektricitet, som driver bland annat borrar, krossar, ventilation och pumpar, och som också driver flera viktiga förädlingsprocesser (särskilt de som bygger på elektrolys). CO<sub>2</sub>-avtrycket av el varierar markant; till exempel är utsläppen per kilowattimme (kWh) el nästan tjugo gånger högre i de flesta kinesiska provinser än de är i Sverige.<sup>vi</sup> Processer varierar också i vilken energikälla som används, med olika grad av elektrifiering eller direktanvändning av fossila bränslen.
- **Klimat effektiva råvaror.** De geologiska förutsättningarna kan också påverka vilka utsläpp som uppstår. Det tydligaste exemplet är för järnmalm, där mängden energi som går åt vid framställning av pellets är mycket lägre för vissa sorter (magnetitmalm vs hematitmalm) och processer (pelletisering vs sinter) än för andra.

Figur 3

## METALLFRAMSTÄLLNING LEDER TILL UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER I TRE HUVUDSAKLIGA STEG



## PRODUKTION AV MALM OCH METALLER I SVERIGE ÄR 60–90% MINDRE UTSLÄPPSINTENSIV ÄN MOTSVARANDE PRODUKTION INTERNATIONELLT

I den här studien har vi gått igenom grundläggande data för nuvarande svenska producenters verksamhet och dess klimatavtryck. Analysen visar att flera faktorer är relevanta för en jämförelse med internationell produktion:

- **Ett nära samarbete** mellan aktörerna inom gruvor, metallframställning, maskinleverantörer och forskning har tillsammans åstadkommit högeffektiva gruvor som allmänt anses som bland de effektivaste i sin klass.

- **Att svensk el är** nära fossilfri betyder att gruvdrift och metallframställning kan drivas med lågt CO<sub>2</sub>-avtryck. De hela 7 terawattimmar (TWh) el som används skulle till exempel ge upphov till runt 3,5 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år med genomsnittlig global koldioxidintensitet, men leder till enbart 0-0.9 miljoner ton i Sveriges nära fossilfria elsystem.<sup>vii</sup> Till detta kommer att historiskt riklig tillgång på konkurrenskraftigt prissatt el har lett till processval som använder mycket el istället för fossila bränslen, inklusive inom förädlingssteget.

- **Slutligen har den** järnmalm (magnetitmalm) som bryts i Sverige en hög järnhalt, och kemiska egenskaper som gör att den kräver runt 50% lägre energiinsats vid framställningen av järn pellets än vad som krävs med större delen av den malm som produceras internationellt. Pelletiseringsprocessen är därutöver i sig mindre CO<sub>2</sub> intensiv än motsvarande så kallade sinter-process som används för den stora merparten av global järnmalm.

**Sammanlagt leder** hög processeffektivitet, hög elektrifieringsgrad, gynnsamma råvaror, och fossilfri energi till avsevärt lägre utsläpp per ton framställd produkt i Sverige än globala genomsnitt (Figur 4):

- **Järnmalm pellets har** 90% lägre utsläpp än internationella alternativ. Framställning av stål kräver att järnkonzentrat vidareförädlas till antingen järn pellets eller sinter (ett halvsmält och sedan stelnat format för malm som gör att det kan användas i masugnar). Framställningen av sinter är en energikrävande process som i genomsnitt leder till utsläpp på omkring 200 kg CO<sub>2</sub> per ton produkt. I Sverige framställer LKAB pellets som kan användas i stället för sinter i stålproduktion. Utsläppen är endast 25 kg per ton produkt, således nära 90% lägre.

- **Framställning av ett ton koppar** i Sverige släpper ut 1,5 ton CO<sub>2</sub>, endast en tredjedel av det globala genomsnittet på 4,6 ton. Koppar framställs genom att kopparkonzentrat renas i ett antal steg, och sedan reduceras till ren kopparmetall genom elektrolys.<sup>viii</sup> Globalt uppgår utsläppen från framställningen av ett ton koppar till omkring 4,6 ton CO<sub>2</sub> i genomsnitt, varav omkring 40% är direkta utsläpp, och cirka 60% hänförs till elanvändningen. Framställning av koppar i Sverige ger upphov till avsevärt lägre utsläpp på omkring 1,5 ton CO<sub>2</sub> per ton koppar.

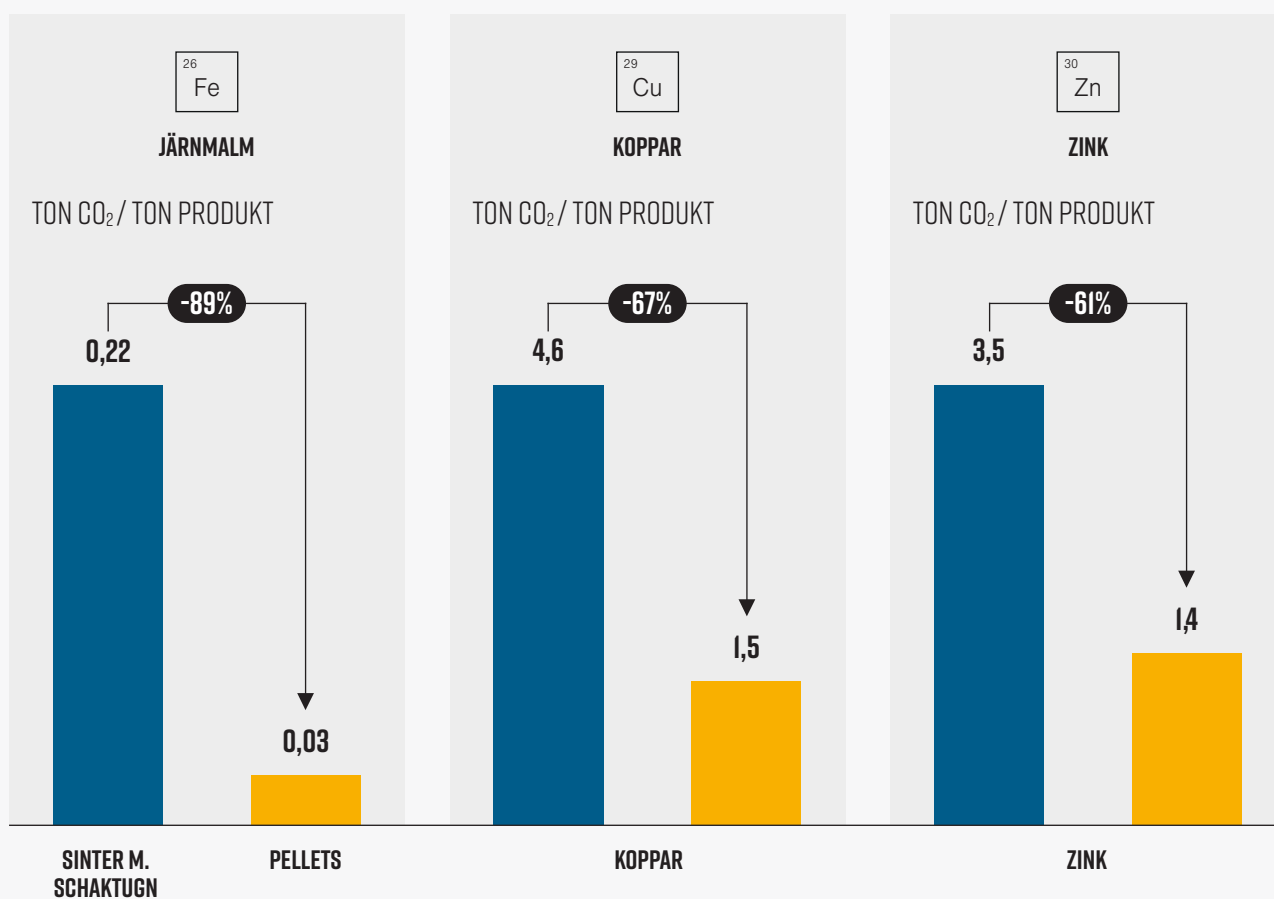
- **Produktion av ett ton zink** inom Sverige släpper ut 1,4 ton CO<sub>2</sub>, ca 60% lägre än motsvarande produktion internationellt. Zink framställs vanligtvis genom en elektrolytprocess där zinkkoncentratet hettas upp, löses i syra, och sedan genomgår elektrolys för att framställa ren zinkmetall. Utsläpp från zinkproduktion globalt uppgår i genomsnitt till ca 3,5 ton CO<sub>2</sub> per ton zink, och majoriteten av dessa kommer från produktionen av de stora mängder elektricitet som krävs. Med Sveriges nära fossilfria elsystem är utsläppen från zinkproduktion i Sverige cirka 60% lägre än utsläppen globalt.



Figur 4

## SVENSK GRUV- OCH METALLINDUSTRI HAR ETT STORT FÖRSPRÅNG I KLIMATOMSTÄLLNINGEN

■ PRODUKTION UTOMLANDS ■ PRODUKTION I SVERIGE



**Not:** Utsläppen från järnmalm inkluderar brytning, anrikning och förädling till järnmalmprodukt (pellets och sinter). Utsläpp för koppar och zink inkluderar brytning (inom Sverige), anrikning och förädling till färdig metall.

**KÄLLA:** MATERIAL ECONOMICS ANALYS BASERAT PÅ FLERA KÄLLOR, SE APPENDIX.

## KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVBRYTNING OCH METALLFRAMSTÄLLNING ÄR 6,4 MILJONER TON PER ÅR

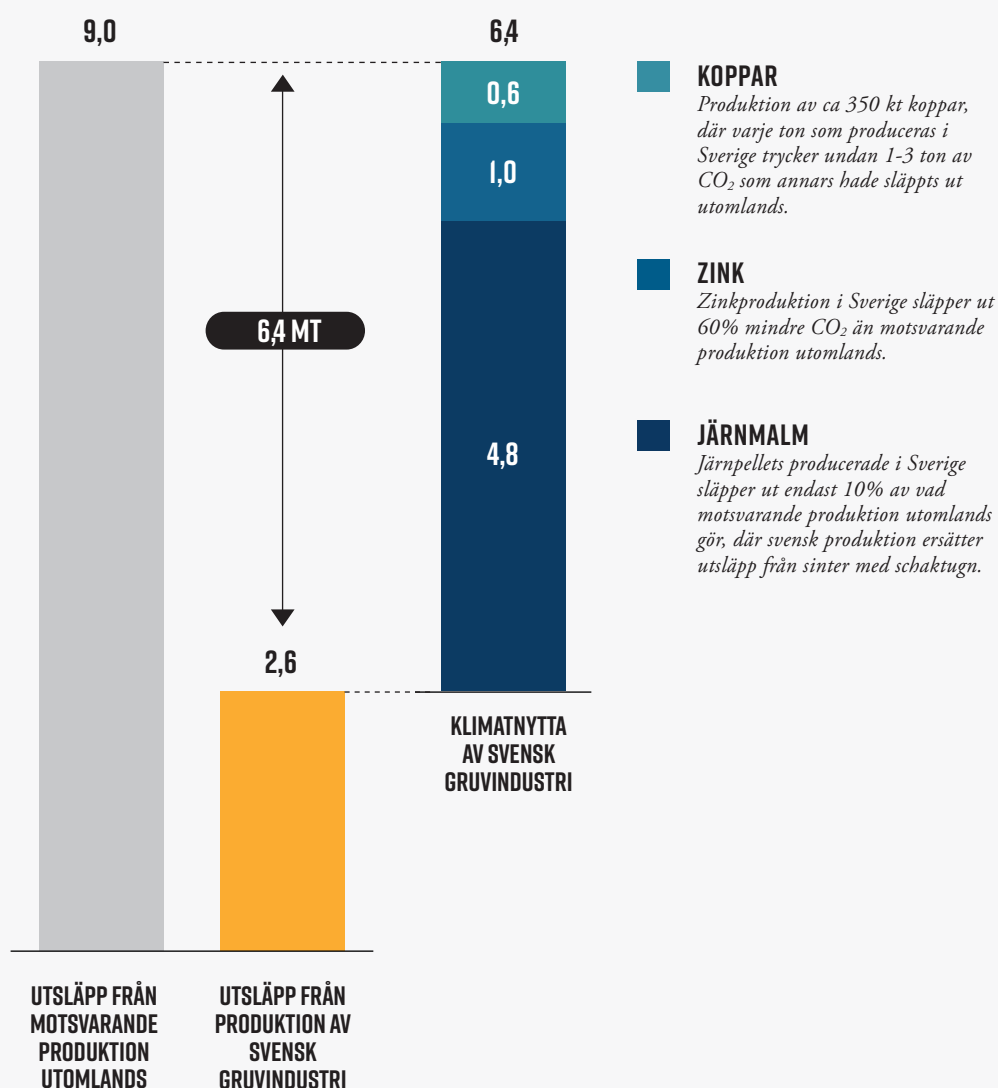
**Kombinationen av stora** volymer och produktion i CO<sub>2</sub>-snåla processer skapar en avsevärd klimatnytta (Figur 5). Med genomsnittliga globala processer skulle framställningen av motsvarande mängd järnmalm, koppar och zink ge upphov till ca 9 Mt CO<sub>2</sub> per år. Den svenska produktionen har i stället utsläpp på 2,6 Mt CO<sub>2</sub> per år, mer än 70% lägre.<sup>x</sup> Detta betyder att den svenska produktionen bidrar med en klimatnytta på 6,4 Mt CO<sub>2</sub> per år. Som jämförelse motsvarar detta nästan 40% av hela de totala utsläppen från svensk industri.

**Klimatnyttan kommer** till största del från produktionen av järnmalmspellet, där en 90-procentig utsläppsfördel i Sverige i kombination med mycket stora volymer som produceras ger upphov till en klimatnytta på hela 4,8 Mt CO<sub>2</sub>. Produktionen av zink och koppar har också viktiga bidrag till klimatnyttan, och står tillsammans för ytterligare 1,6 Mt besparing av CO<sub>2</sub>.

Figur 5

## SVENSK GRUVINDUSTRI SKAPAR REDAN IDAG EN KLIMATNYTTA OM 6 MILJONER TON CO<sub>2</sub> PER ÅR

KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVINDUSTRI IDAG, JÄMFÖRT MED PRODUKTION UTOMLANDS  
MILJONER TON CO<sub>2</sub>, 2020



KÄLLA: MATERIAL ECONOMICS ANALYS BASERAT PÅ FLERA KÄLLOR, SE APPENDIX.

# 2. POTENTIALEN FÖR ÖKAD KLIMATNYTTA

**Klimatnyttan från dagens** gruvnäring är resultatet av mångåriga investeringar i gruvdrift och i fossilfri energi i Sverige. Svenska gruvföretag har också lagt fram ambitiösa planer för framtiden, inom tre områden:

- **Ökad produktion:** Nya gruvor skulle leda till ytterligare produktion av järn och koppar, samt ny produktion av bland annat grafit och sällsynta jordartsmetaller som inte bryts i Sverige idag.

- **Fortsatt omställning:** Gruvverksamhet förändras nu snabbt, och svenska företag planerar stora för-

ändringar grundade i automatisering, elektrifiering, digitalisering, och nya processer.

- **Ytterligare vidareförädling:** LKAB planerar att vidareförädla järnmalm och istället producera CO<sub>2</sub>-fritt järn framställt med vätgas, och på så sätt ersätta det kol som används i dagens järn- och stålframställning.

**Tillsammans utgör dessa** stora förändringar, med stor potential för högre klimatnytta i framtiden. Vi beräknar detta till hela 37-43 Mt CO<sub>2</sub> år 2045 (Figur 6).



*År 2045 kan klimatnyttan av  
svensk gruvindustri uppgå till  
37-43 miljoner ton CO<sub>2</sub>*

---



## NY PRODUKTION KAN GE YTTRELLIGARE 2,4 MILJONER TON KLIMATNYTTA PER ÅR

**Ett antal företag** har planer på nya gruvor (Figur 7). Dessa sträcker sig från ämnen som redan framställs, såsom järn, koppar, silver och guld, till ett antal andra metaller och mineral:

- **Grafit är ett mineral** som bland annat kan användas som anod-material i litium-jon batterier. Sverige har fyndigheter som om de utvecklas kan förse en avsevärd del av Europas behov. Med trenden mot mer och mer batteridrivna fordon ökar efterfrågan på grafit snabbt.

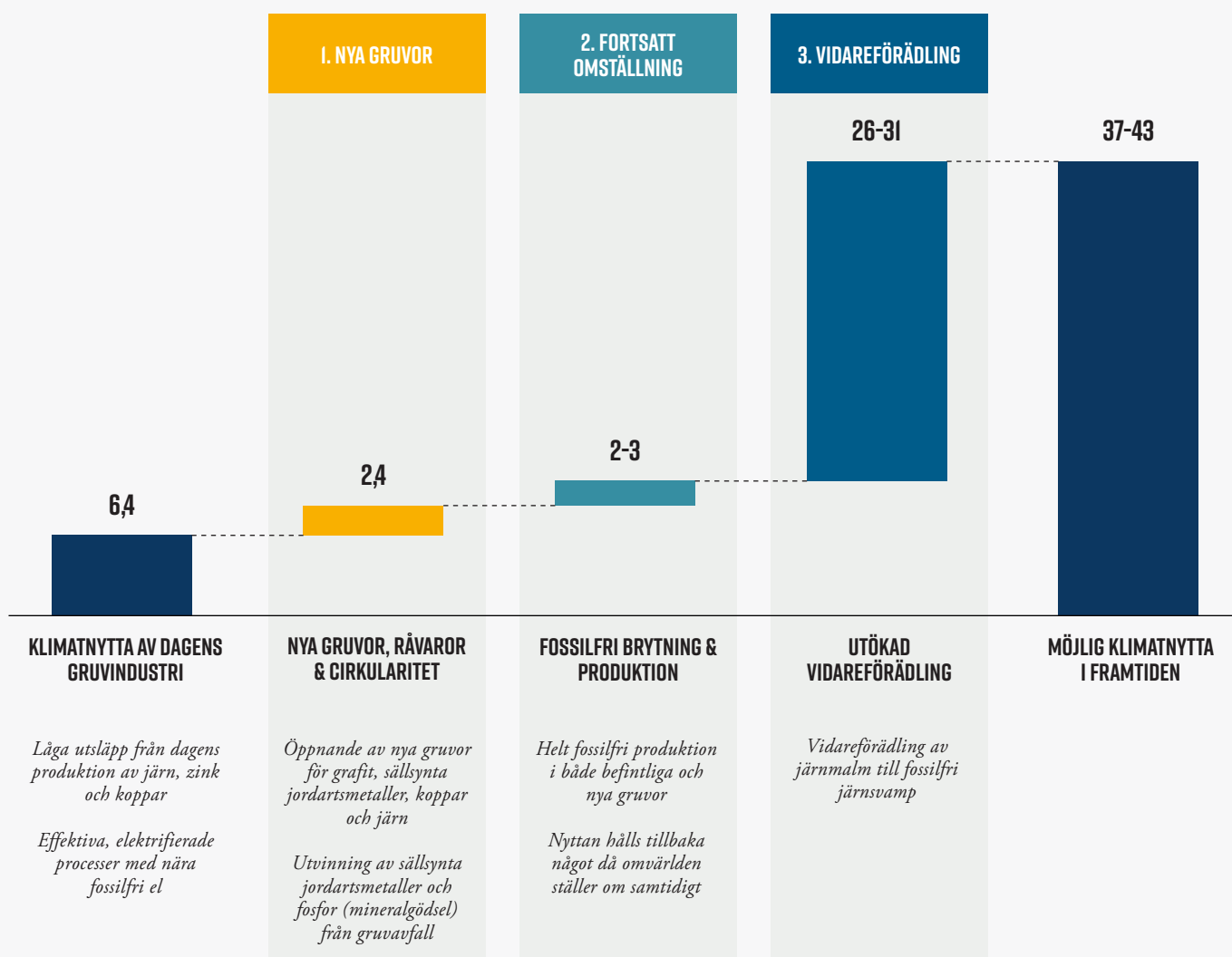
- **Sällsynta jordartsmetaller** (ofta förkortade REE efter engelskans *Rare Earth Elements*) är en grupp med 17 metalliska grundämnen som används bland annat i permanentmagneter, elmotorer, elektronik och som katalysatorer för kemiska reaktioner.

- **Fosfor används främst** för konstgödsel, och är en viktig insats i all odling av livsmedel.

Figur 6

## INITIATIV FÖR ATT YTTERLIGARE ÖKA KLIMATNYTTAN FRÅN GRUVINDUSTRIN

KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVINDUSTRI, JÄMFÖRT MED PRODUKTION UTOMLANDS  
MILJONER TON CO<sub>2</sub> PER ÅR



KÄLLA: MATERIAL ECONOMICS ANALYS BASERAT PÅ FLERA KÄLLOR, SE APPENDIX.

Figur 7

## NYA GRUVOR OCH ANDRA SATSNINGAR SOM ÄR PLANERADE I SVERIGE

(EJ UTTÖMMANDE LISTA)

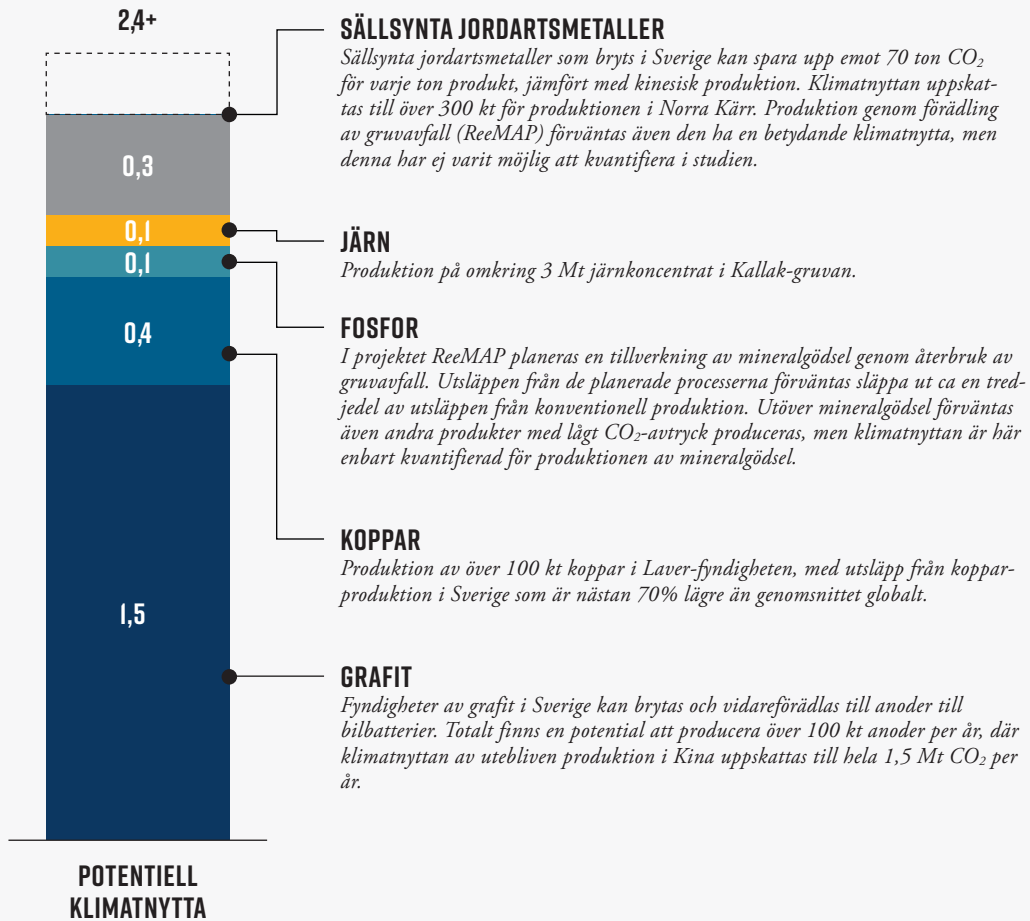
	TYP AV FYNDIGHET	FÖRETAG	BESKRIVNING
LAVER	KOPPAR, GULD, SILVER	BOLIDEN	Fyndighet av koppar och andra ädelmetaller utanför Älvsbyn i Norrbotten. En äldre gruva som var i drift under 1940-talet finns i området, och där Boliden har bedrivit gruvsdrift i omgångar, även in på 2000-talet. Möjlig produktion på omkring 100 kt koppar per år.
NISKA	GRAFIT	TALGA GROUP	Fyndighet av grafit med en indikerad möjlig produktion på 85 000 ton anoder per år. Fyndigheten ägs av Talga group, men planerna är i ett mycket tidigt skede.
WOXNA	GRAFIT	LEADING EDGE MATERIALS	Fyndighet av grafit utanför Edsbyn i Hälsingland. Delar av fyndigheten började brytas under 1990-talet, men lades sedan ner på grund av lågt pris på grafit. Planer finns att öppna gruvan igen och vidareförädla grafitten till anodmaterial, som har potential att generera en produktion på omkring 7 000 ton grafitanoder och 8 000 ton grafit-flingor per år.
REEMAP	FOSFOR (MINERALGÖDSEL), SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER	LKAB	I ReeMAP-projektet planerar LKAB att utvinna metaller och mineral från gruvavfall. Här ska avfallssanden från järnmalmproduktionen användas som råvara för att utvinna bland annat fosfor och sällsynta jordartsmetaller.
NORRA KÄRR	SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER	LEADING EDGE MATERIALS	I Norra Kärr utanför Jönköping finns en av de största kända fyndigheterna i världen av tunga, sällsynta jordartsmetaller. Här finns möjlighet att producera omkring 5 000 ton sällsynta jordartsmetaller per år, vilket kan täcka stora delar av Europas behov för ett antal av metallerna.
VITTANGI	GRAFIT	TALGA GROUP	Fyndighet av grafit i Kiruna kommun som avses brytas för att producera anoder till litium-jon batterier. Förväntad produktion på omkring 20 000 ton anoder per år.
KALLAK	JÄRN	BEOWULF MINING	Fyndighet av magnetit-malm cirka fyra mil utanför Jokkmokk. Möjlig brytning av omkring 3 Mt järnmalm-skonskoncentrat per år.



Figur 8

## DEN TOTALA KLIMATNYTTAN AV SAMTLIGA PLANERADE VERKSAMHETER UPPGÅR TILL ÖVER 2 MT CO<sub>2</sub> PER ÅR

KLIMATNYTTAN AV NYA GRUVOR OCH RÅVAROR I SVERIGE, OM UTVINNING SKULLE PÅBÖRJAS IDAG  
MILJONER TON CO<sub>2</sub>, 2020



KÄLLA: MATERIAL ECONOMICS ANALYS BASERAT PÅ FLERA KÄLLOR, SE APPENDIX.

**Företagen som utvecklar** dessa satsningar har redan långt framskridna planer på hur verksamheten skulle bedrivas. En genomgång av dessa visar på produktion med avsevärt lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp än vad som uppstår i motsvarande internationell framställning (se Appendix för mer information). Sammantaget utgör dessa nya gruvor en möjlighet att skapa ytterligare klimatnytta på över 2,4 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år (Figur 8).

- **Grafit – 1500 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta.** Grafit förekommer naturligt i berggrunden, men framställs även på syntetisk väg genom att hetta upp kol till mycket höga temperaturer (2100-2800°C). Att sedan framställa anoder från grafit är i sig en el-intensiv process, och utsläpp sker även från tillsatser såsom argon och lösningsmedel. Genom effektiva processer och låga utsläpp från el skulle produktion i Sverige ge upphov till omkring 2 ton CO<sub>2</sub> per ton produkt. Motsvarande produktion internationellt (med Kina som största producent) släpper ut omkring 15 ton CO<sub>2</sub> per ton produkt (ett genomsnitt av syntetisk och naturlig grafit). De föreslagna projekten i Woxna, Vittangi och Niska skulle tillsammans ge ca 1500 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta per år vid full produktion.

- **Koppar – 400 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta.** Kopparproduktion från Bolidens Laver-gruva kunde bidra med ca 400 kt klimatnytta, givet de långt lägre utsläppen från svensk produktion än från den koppar som finns tillgänglig internationellt.

- **Sällsynta jordartsmetaller – 300 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta.** Produktion av sällsynta jordartsmetaller från Norra Kärr skulle

le ha en klimatnytta på över 300 kt CO<sub>2</sub> per år. Produktionen av sällsynta jordartsmetaller är en mycket utsläppsintensiv process, där metallkoncentraten genomgår flera steg av kemiska processer för att i slutändan få fram ren metall. Utsläppen från produktionen av dessa metaller sträcker sig mellan 10 ton CO<sub>2</sub> per ton, till över 1000 ton CO<sub>2</sub> per ton för några av metallerna. I Norra Kärr finns möjlighet att bryta omkring 5000 ton sällsynta jordartsmetaller årligen, med en utsläppsintensitet som är hela 70 ton CO<sub>2</sub> lägre per ton produkt än i motsvarande kinesisk produktion (som står för den överväldigande majoriteten av global produktion).<sup>x</sup> Utöver Norra Kärr finns även planer på framställning av stora volymer sällsynta jordartsmetaller (motsvarande 30% av EU:s behov för de relevanta metallerna) från LKAB:s ReeMAP-projekt. (Det har inte varit möjligt att beräkna klimatnyttan av produktionen från ReeMAP inom denna studie, så potentialen för klimatnytta från sällsynta jordartsmetaller är sannolikt avsevärt underskattad.)

- **Järn – ca 100 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta.** Framställning av järnkoncentrat från fyndigheten i Kallak skulle ge ca 100 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta.

- **Fosfor – ca 100 kt CO<sub>2</sub> klimatnytta.** I LKAB:s ReeMAP-projekt finns planer på att utvinna fosfor (i form av mineralgödsel), gips och sällsynta jordartsmetaller från gruvavfall. Utsläppen från fosforproduktionen i ReeMAP släpper ut omkring en tredjedel av utsläppen, jämfört med konventionell produktion. Med den planerade produktionen kan klimatnyttan för mineralgödsel från ReeMAP uppgå till över 100 kt CO<sub>2</sub> per år (Box 1).



## BOX I: REEMAP – FRÅN GRUVAVFALL TILL VÄRDEFULLA PRODUKTER

I projektet **ReeMAP** planerar LKAB att utvinna metaller och mineral från gruvavfall. Här kommer avfallssanden från förädlingen av järnmalm att användas som råvara för att i första steget framställa apatitkoncentrat. Apatiten kommer i sin tur att förädlas till fosforsyra, som sedan separeras från biprodukter och koncentreras och förädlas vidare till mineralgödsel. Om de fossila utsläppen som initialt kommer ske i processen hänförs till produktionen av mineralgödsel förväntas utsläppen motsvara ca 150 kg CO<sub>2</sub> per ton producerat mineralgödsel. Detta är låga utsläpp jämfört med konventionell produktion av mono-ammonium-fosfat (MAP) eller di-ammonium-fosfat (DAP) som i genomsnitt släpper ut motsvarande tre gånger utsläppen från ReeMAP.

**Utvecklingen av ReeMAP** är i en förstudie-/pilotfas, där bland annat apatitkoncentrat framställs i en pilotanläggning. Planen är att fullskalig produktion kan vara igång år 2027.

## FRAMTIDENS GRUVA OCH METALLFRAMSTÄLLNING: MOT AUTONOM, DIGITALISERAD, ELEKTRIFIERAD, OCH FOSSILFRI PRODUKTION

**Planer för hur** gruvverksamhet drivs i framtiden skiljer sig markant från hur gruvor har bedrivits historiskt, med ökad elektrifiering, automatisering, digitalisering, och nya processer med lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp. När svensk industri helt ställt om till klimatneutral produktion kan klimatnyttan öka med mellan 2-3 Mt CO<sub>2</sub> per år, beroende på hur snabbt resten av världen ställer om motsvarande produktion.<sup>xi</sup>

**Framtida gruvverksamhet** och metallframställning skiljer sig på fyra sätt markant från dagens produktion:

- **Ökad produktivitet genom digitalisering och automatisering.** Energianvändningen inom underjordsgruvor drivs av mängden berg som behöver sprängas, krossas, och transporteras och av mängden ventilation som krävs.

Genom ökad produktivitet kan alla dessa minskas. Svenska gruvor ligger i framkant för att ta fram helt autonom och digitaliserad gruvbrytning, med målet att möjliggöra helt autonom och eller / fjärrstyrd gruvdrift på mycket stora djup. Projektet SUM (Sustainable Underground Mining) – ett samarbete mellan LKAB, ABB, Epiroc, Sandvik SMRT och Combitech – syftar just till att uppnå en både mer produktiv och helt elektrifierad gruvverksamhet (se Box 2)

- **Elektrifiering och ersättning av fossila bränslen.** Stora delar av energianvändningen i svensk gruvdrift drivs redan av elektricitet. Branschen siktar på att helt fasa ut återstående användning av fossila bränslen i maskiner och transporter till 2035. Ett sätt att uppnå detta är genom batteridrivna gruvmaskiner (se kapitel 4 nedan). Men redan i dag har svenska aktörer kommit långt med elektrifiering även med andra metoder – se Box 3 på nästa uppslag för ett exempel från Bolidens Aitik-gruva och Box 4 om planerna Kaunis Iron har för gruvbrytningen i Pajala.

- **Fossilfria förädlingsprocesser.** Förädlingsprocesserna från metallkoncentrat till färdiga metaller leder till utsläpp dels genom att de ofta är mycket energikrävande, med temperaturer över 1000 °C, dels genom att det används kemikalier och andra fossila tillsatser som leder till process-utsläpp (dvs, utsläpp som uppstår som en del av den kemiska processen, snarare än från energianvändning). Ytterligare utveckling krävs för att hitta nya lösningar på båda dessa. Ett exempel på detta är utvecklingen av metoder för att producera järn från järnmalm med hjälp av vätgas – något vi beskriver nedan.

- **Fossilfria insatsvaror.** Gruvsektorn använder bland annat sprängämnen och lösningsmedel som medför utsläpp av växthusgaser i framställning och användning.



---

## BOX 2: SUSTAINABLE UNDERGROUND MINING (SUM)

**I SUM-projektet** har industriföretagen LKAB, ABB, Epiroc, Sandvik SMRT och Combitech gått samman med ett gemensamt mål att sätta en ny världsstandard för hållbar gruvdrift på stora djup. Projektet ska möjliggöra en kostnadseffektiv och koldioxidfri brytning på omkring 2000 meters djup, och kretsar kring tre huvudområden: elektrifiering, automatisering och digitalisering.

**Elektrifierade maskiner möjliggör** koldioxidfri brytning i gruvan, men ställer också helt nya krav på verksamheten jämfört med idag. I SUM utvärderas elektrifierade maskiner samt hur system för laddning och batteribyten kan ske i en produktionsmiljö. Utöver en fossilfri produktion möjliggör elektrifierade maskiner även förbättringar och besparingar på annat håll, bland annat genom lägre ventilationsbehov.

**För att projektet** ska lyckas är ett tillgängligt och pålitligt flöde av information avgörande. Digitaliseringen kan öka graden av automation, och möjliggör att personal kan övervaka och styra arbetet utan att vara på plats i brytningsområdet. Tillsammans skapar det en säkrare och mer effektiv brytning. En förutsättning är att personalen ska kunna fjärrstyra fordon från olika leverantörer i samma system, vilket kräver nya ledningssystem och digitala lösningar.

**En automatiserad och digital gruva** ger flera vinster i gruvans produktivitet och kostnadseffektivitet. För att ge ett exempel: vid sprängningar under jord kan personal inte beträda området förrän spränggaser vädrats ut och spänningarna i berget minskat; men med fjärrstyrda och autonoma maskiner kan lastning och lossning av malm initieras mycket tidigare än innan.

**Projektet befinner sig** just nu i en inledande fas med pilotförsök i en testgruva i Kiruna fram till 2022. Från 2022 och framåt tas beslut om framtida djup och utvecklandet av en anläggning i industriell skala.



## BOX 3: AITIK - EN FÖREGÅNGARE FÖR ELEKTRIFIERING AV GRUVTRANSPORTER

**I Gällivare i Norrbotten** driver Boliden Sveriges största koppardagbrott, Aitik. Brytningen uppgår till mer än 40 miljoner ton anrikningsmalm per år som innehåller koppar, silver och guld. Detta motsvarar hela 85% av Sveriges totala brytning av anrikningsmalm annat än järnmalm. Den storskaliga produktionen i Aitik tillsammans med optimerade brytningsmetoder, hög automatisering och till viss del elektrifierade transportband och truckar gör Aitik till världens mest produktiva koppardagbrott.

**Boliden har planer** att minska utsläppen av växthusgaser med 40% till 2030, jämfört med 2012. I Aitik innebär detta bland annat ökad automation och digitalisering som möjliggör mer energieffektiv brytning i gruvan, och ytterligare elektrifiering av de interna transporterna av malm för att ersätta dieselanvändning.

**Under 2018 påbörjades** ett pilotprojekt med elektrifierade transporter i Aitik, där en 700 meter lång sträcka utformades med eltrolleybana där specialanpassade gruvtruckar helt kunde köra på elektricitet. I projektet konverterades fyra gruvtruckar till eldrift, genom att en pantograf installerades på truckarna (likt ett tåg som får ström i ledningar ovanför fordonet). Nere i gruvan kör truckarna på diesel, men på eltrolleybanan kör de helt på el när de fullastade transporterar malm upp från gruvan. Totalt ger anläggningen en besparing på hela 830 000 liter diesel per år. Dessutom medför satsningen flera andra vinster, där gruvtruckarna som drivs med el kan åka med fördubblad hastighet (från 15 till 30 km/h) och underhållsbehovet på truckarna minskar.

**Efter pilotprojektet i Aitik** har Boliden nu fattat beslut om att konvertera ytterligare 10 gruvtruckar och bygga 3 000 meter eltrolleybana till i Aitik. I ett dagbrott i Kevitsa i Finland planerar Boliden även för 13 eldrivna gruvtruckar och 1 800 meter eltrolleybana. Anläggningarna planeras vara helt i drift 2022 och förväntas då leda till en besparing på 5,5 miljoner liter diesel per år.<sup>xii</sup>



## BOX 4: KAUNIS IRON FOSSILFRI GRUVA 2025

**I järnmalmgruvan i Pajala** bryter och förädlar Kaunis Iron omkring två miljoner ton järnmalmskoncentrat årligen. Företaget planerar för helt fossilfri gruvsdrift till år 2025. Majoriteten av processerna är redan idag elektrifierade och därmed nära fossilfria, men gruvmaskiner och transporter medför fortfarande fossila utsläpp i verksamheten.

**Kaunis Irons väg till en fossilfri gruva** är genom elektrifiering. Planen är att alla maskiner och transporter ska drivas med el (antingen med kabel eller batterier), alternativt vätgas där det är mer lämpligt. Redan idag finns eldrivna grävmaskiner i drift i gruvan, och i nästa steg ska även övriga maskiner och gruvtruckar konverteras från diesel till el.

**Över 5000 ton malm transporteras dagligen** från gruvan i Kaunisvaara till Pitkäjärvi för omlastning till tåg, en sträcka på 160 km. Dessa transporter sker med lastbil, vilket ger upphov till utsläpp av koldioxid motsvarande 40% av Kaunis Irons totala utsläpp. Företaget har tagit ett första steg i elektrifieringen av dessa transporter och genomför under 2021 tester av batteridrivna lastbilar tillsammans med bland annat Volvo Lastvagnar, Vattenfall och ABB. Till 2025 planeras alla transporter vara elektrifierade, eller fossilfria på annat sätt.

**För att möjliggöra** den här omställningen och det skifte som industrin står inför, krävs ett antal viktiga innovationer längs hela värdekedjan (Figur 9).

- **Säkra batterisystem.** Brandsäkerheten i en gruva är av yttersta vikt, och användningen av batteridrivna maskiner i underjordsgruvor medför nya krav på brandsäkerhet. De svenska maskinleverantörerna har redan kommit långt inom detta område, men fortsatt forskning, teknikutveckling och framför allt demonstration behövs för att påvisa en fullgod säkerhet för batterier under jord.

- **Autonoma, smarta maskiner.** Utvecklingen av autonoma maskiner har likaså kommit långt redan idag, men fortsatt utveckling behövs för att få ut autonoma maskiner på bred front på marknaden. Ett utvecklingsområde är att få fram smarta, uppkopplade styrsystem som möjliggör att maskinerna kan kommunicera med varandra och öka effektiviteten i själva brytningen.

- **Fossilfria sprängämnen.** Fossilfria sprängämnen saknas på marknaden idag, och här finns ett tydligt innovationsbehov för att ta fram fossilfria sprängämnen som är säkra, och med jämförbar effekt med dagens sprängämnen.

- **Kemikalier & reduktionsmedel.** Kemikalier och reduktionsmedel som används i anrikning och förädlingsprocesser medför fossila utsläpp av växthusgaser. För vissa metaller kommer majoriteten av utsläppen i framställningen från just detta, t.ex. sällsynta jordartsmetaller. Här behövs forskning och utveckling för att ta fram fossilfria kemikalier som kan ersätta dem som används i processerna idag. Innovation behövs också för att ersätta fossila reduktionsmedel som används i metallframställningen. Järn- och stålindustrin har idag en tydlig plan för att ersätta koks med vätgas som reduktionsmedel i processen, men ytterligare teknisksprång behövs för att alla metaller som förädlas i Sverige ska bli helt fossilfria.

- **Fossilfri värme.** Teknik för fossilfri värme med höga temperaturer är ytterligare ett viktigt utvecklingsområde. Flera svenska företag undersöker möjligheterna både till direktanvändning av el, och av fossilfri vätgas och biobränslen.

## FOSSILFRI VIDAREFÖRÄDLING AV JÄRN KAN ÖKA KLIMATNYTTAN MED 26-31 MT CO<sub>2</sub> PER ÅR

**Dagens export av järn** från Sverige sker huvudsakligen i form av järnmalmspellet. Järnmalmen används sedan vid stålverk för framställning av järn och stål. Dessa processer är mycket utsläppsintensiva. I den dominerande produktionsprocessen används koks (framställt av kol) för att skilja järnet från syre i en masugn. Koldioxid bildas då som en kemisk biprodukt, med två ton CO<sub>2</sub> per ton metall som framställs.

**LKAB har målet** att istället vidareförädla järnmalmen till järn med hjälp av så kallad direktreduktionsprocess, där kolet ersätts med vätgas.<sup>xiii</sup> Tekniken för detta utvecklas i HYBRIT-samarbetet med Vattenfall och SSAB. Genom att använda fossilfri el för att framställa vätgasen kan CO<sub>2</sub>-utsläppen från järnframställningen elimineras.

**LKABs planer är** att hela produktionen av järnmalm slutligen ska genomgå denna vidareförädling. Detta medför en enorm satsning, med investeringar på upp till 300 miljarder kronor i kraftverk, vätgasproduktion, järnframställning, och infrastruktur. Mängden el som behövs för vätgasen uppgår till hela 55 TWh per år, motsvarande en tredjedel av dagens totala svenska produktion. Sammantaget utgör detta en av de största föreslagna industrisatsningarna någonsin i Sverige.

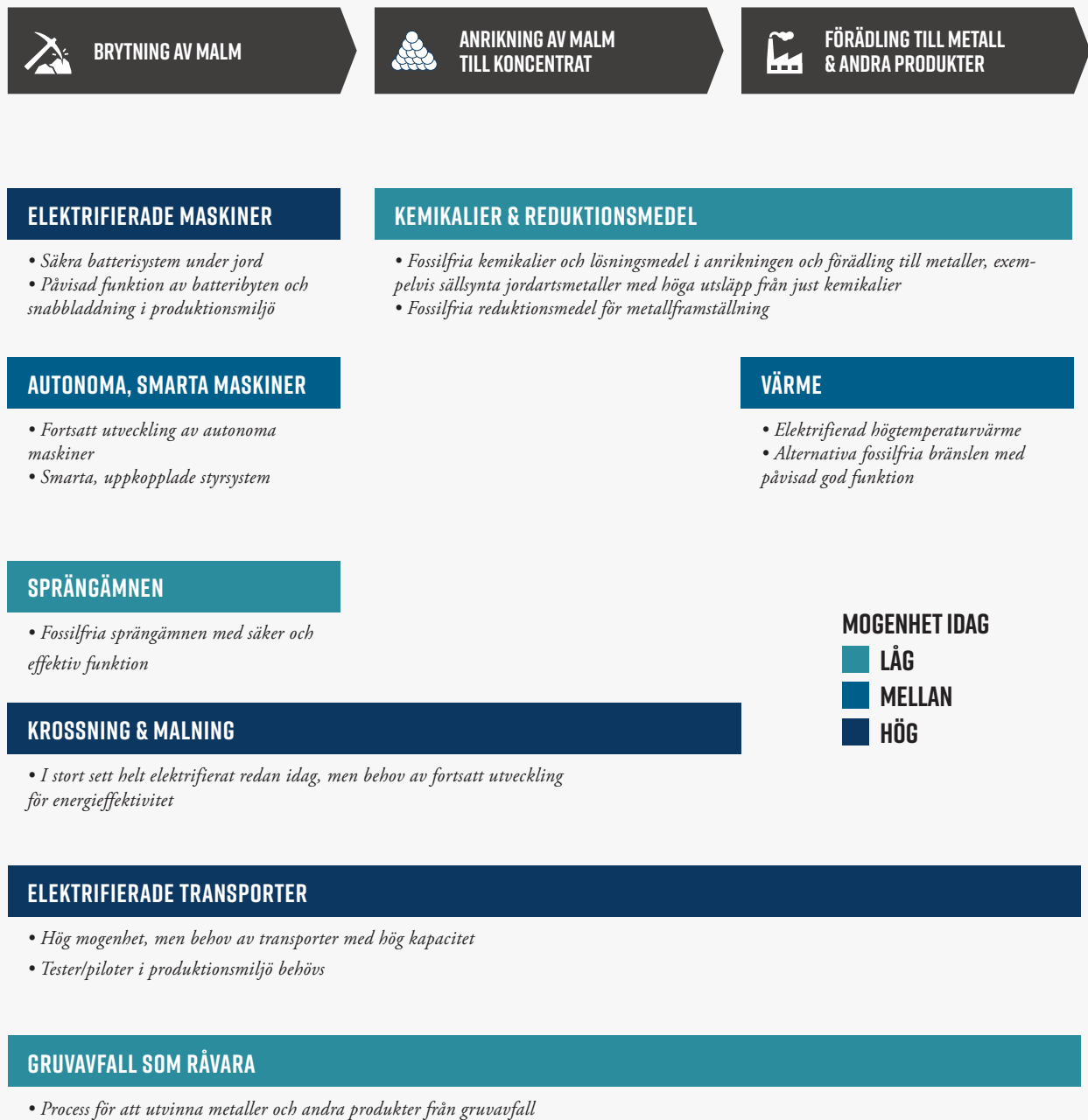
**CO<sub>2</sub>-vinsten skulle vara** av motsvarande enorm dignitet. Årligen kan hela 31-36 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år undvikas, jämfört med att framställa samma mängd järn genom masugnprocessen som nu används.



Figur 9

## INNOVATIONER SOM MÖJLIGGÖR FOSSILFRIHET ÖVER VÄRDEKEDJAN

### INNOVATIONSOMRÅDEN OCH INNOVATIONSBEHOV




# 3. KLIMATNYTTAN AV EXPORT AV UTRUSTNING OCH METALLER

**Ovanstående diskussion fokuserar** på hur produktion inom Sverige kan göra ett internationellt klimatbidrag genom att gå före i att minska utsläppen. Men gruvnäringen i Sverige kan också bidra på flera andra sätt till minskade globala utsläpp:

- **Utveckling av gruvutrustning med lägre klimatpåverkan.** Gruvutrustning är ett område där svenska företag har stor påverkan på global teknikutveckling, eftersom de står för en majoritet av de maskiner som används i underjordsgruvor globalt.

- **Export av metaller för klimatomställningen.** Klimatomställningen leder till ökad användning av ett antal viktiga metaller, där svensk produktion kan bidra med tillförsel som också har lägre klimatpåverkan.

**Det är svårare att** på ett robust sätt beräkna denna klimatnytta, jämfört med den från produktion. Icke desto mindre är den viktig, och utgör en avsevärd del av det bidrag som svenska företag inom gruvbranschen kan göra till den globala klimatomställningen.



*De projekt som drivs i  
Sverige skapar referenser som gör  
att andra aktörer anammar  
den nya teknologin.*

---

## POTENTIALEN FÖR EFFEKTIVA OCH ELEKTRIFIERADE GRUVMASKINER

**Gruvmaskiner som används** för transport och lastning står för en stor andel av de bränslen som används inom gruvdrift. En grov uppskattning är att de totala CO<sub>2</sub>-utsläppen från diesel som används i dessa maskiner (ovan och under jord) uppgår till hela 70 Mt CO<sub>2</sub> per år globalt (se Appendix).

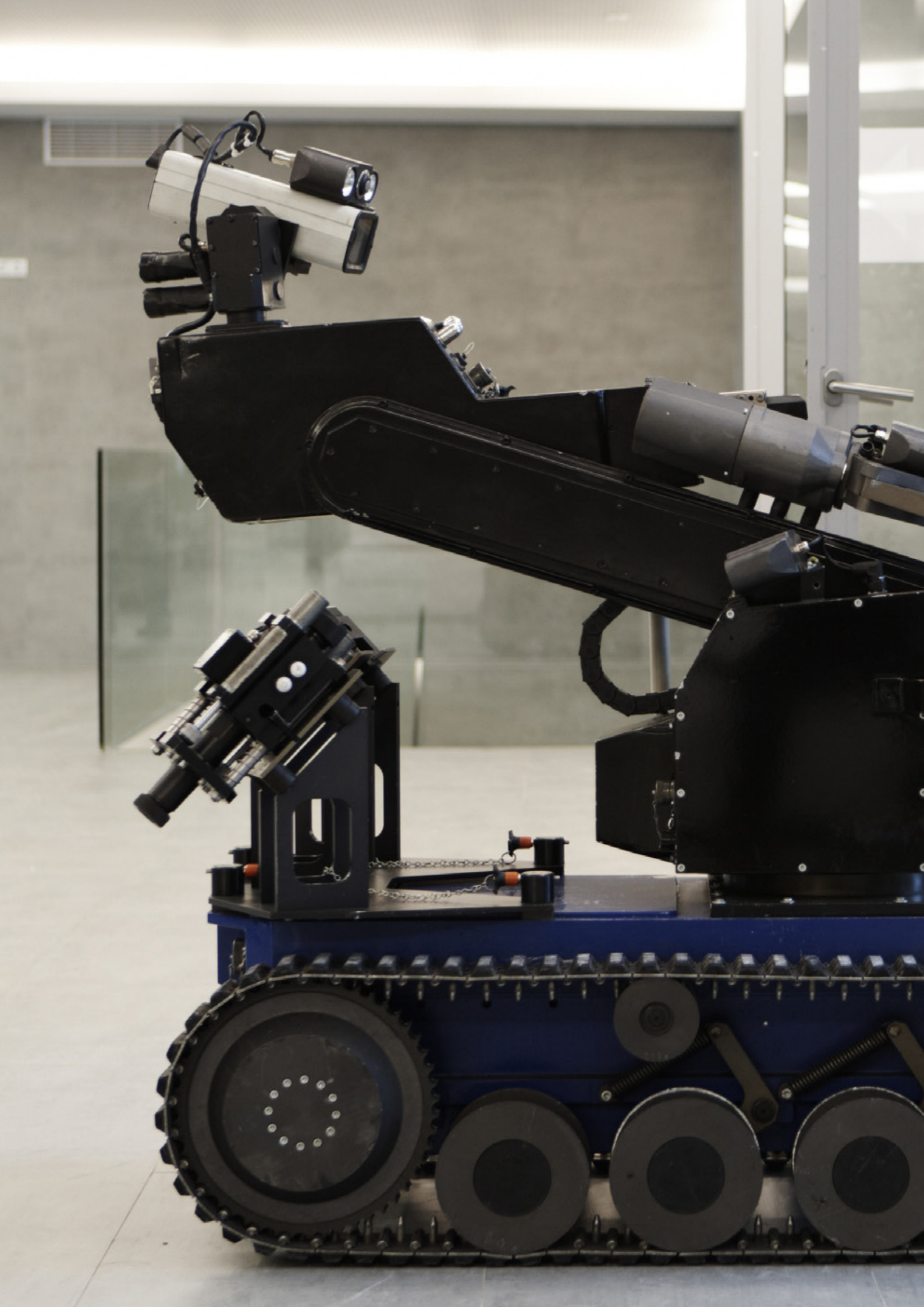
**För underjordsgruvor är** batteridrivna gruvmaskiner ett lovande sätt att minska utsläppen. Utvecklingen har gått fort, och både Epiroc och Sandvik SMRT erbjuder nu ett antal batteridrivna modeller. Företagen ser en snabb uppskalning framöver; Epiroc har t ex som mål att minska utsläppen av CO<sub>2</sub> från de maskiner som säljs med 50% mellan 2019–2030. Livslängden på den här typen av gruvmaskiner är runt fem år, så ökad försäljningsandel för batteridrivna modeller kan få snabbt genomslag i att ställa om bränsleanvändningen.

**Eldrivna fordon bidrar** till minskad klimatpåverkan även utöver den minskade användningen av dieselbränsle. Mindre användning av diesel under jord minskar ventilationsbehovet, som kan utgöra hela 50% av den totala elanvändningen i en underjordsgruva. Enligt en uppskattning kan ett system med smart ventilation, möjliggjort genom elek-

trifiering och digitalisering, minska ventilationsbehovet med hela 55%.<sup>xiv</sup> Elektrifiering är även en viktig del av den ökade digitalisering och autonoma drift av framtida gruvor som diskuterades ovan, med motsvarande möjligheter till ökad produktivitet.

**I ett lyckat skifte** mot elektrifiering av gruvmaskiner där hälften av sålda gruvmaskiner från svenska bolag är elektrifierade och där dessa integreras effektivt för minskad ventilation, uppskattar vi att utsläpp på 10–14 Mt CO<sub>2</sub> årligen kan undvikas globalt, dels från minskad dieselanvändning, men framför allt från minskat behov av el till ventilation i gruvan.

**En snabb elektrifiering av gruvmaskiner** är beroende av flera faktorer. Det krävs fortsatt innovation och utveckling för att öka prestanda och förbättra den ekonomiska konkurrenskraften. Lika viktigt är en demonstrationseffekt, för att visa att elektriska maskiner är förenliga med hög produktivitet, brandsäkerhet, låga kostnader, mm. Här är därför de initiativ som drivs i Sverige, inklusive SUM-projektet, av global betydelse för att skapa referenser som gör att andra aktörer snabbt anammar den nya teknologin.



## EXPORT AV METALLER SOM ÄR KRITISKA FÖR ENERGIOMSTÄLLNINGEN

**Klimatomställningen medför stora** förändringar i hur energi framställs och omvandlas. Viktiga exempel är utbyggnaden av sol- och vindkraft, batterier och elmotorer som behövs för eldrivna fordon, och elnät som behövs för att tillgodogöra mer utspridd förnyelsebar energi över stora områden (Figur 10). Generellt sker ett skifte bort från löpande användning av fossila bränslen, och mot en större initial investering i utrustning som sedan har lägre driftskostnader, högre effektivitet, och större förmåga att använda el istället för bränslen.

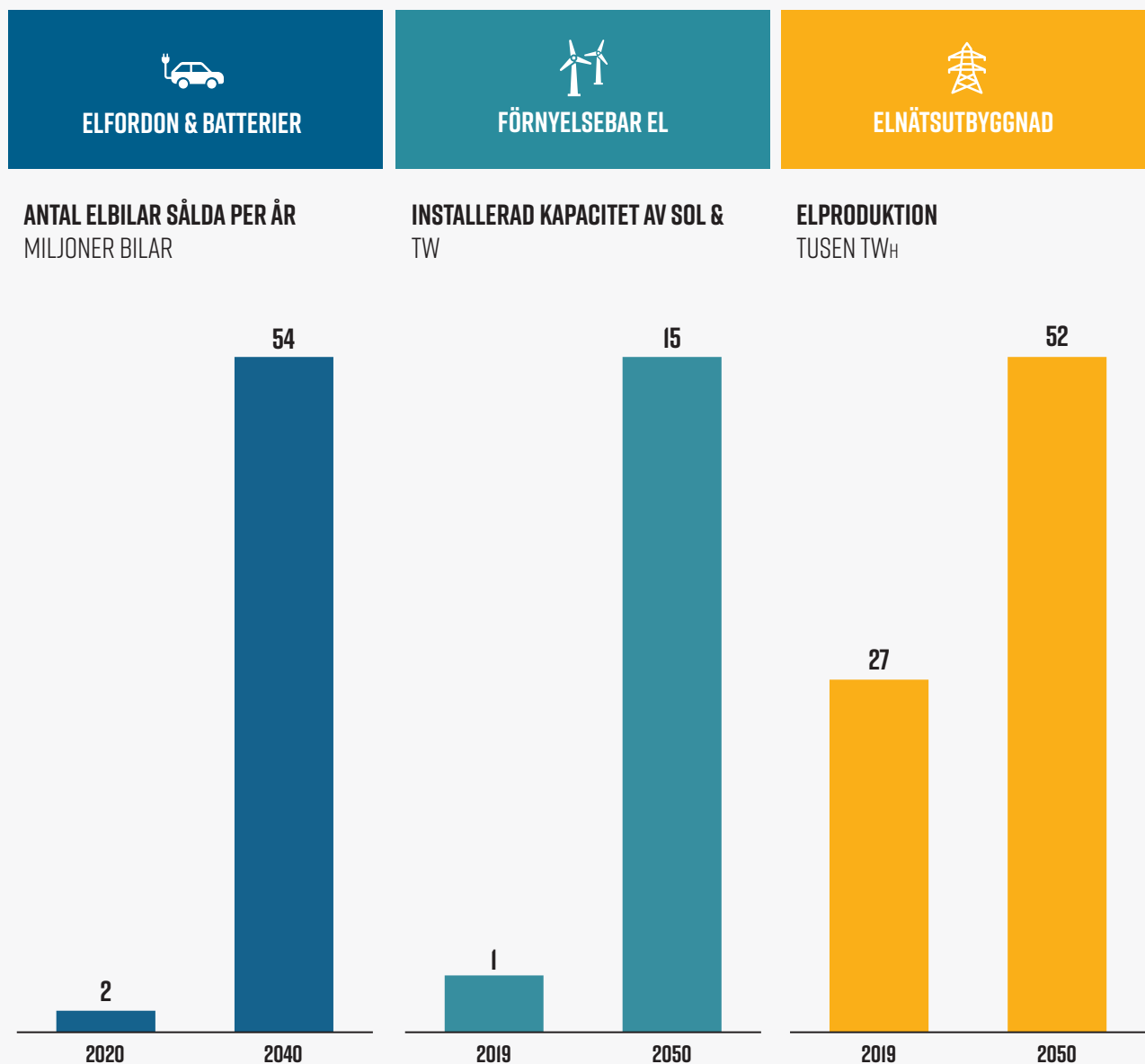
**Detta har stor påverkan** på metallbehovet i världen. Ett antal metaller är "klimatkritiska", dvs de spelar en nyckelroll i de nya teknologierna. Exempel är bland andra litium, kobolt, grafit, och sällsynta jordartsmetaller. Men även användningen av mer traditionella "basmetaller" som koppar, järn

och zink påverkas av energiomställningen. Koppar har till exempel en stor roll i utbyggnaden av elnät.

**Material Economics sammanställde** nyligen befintliga studier på detta område.<sup>xv</sup> Fram till år 2050 förväntas den globala efterfrågan på metaller och mineral att växa markant. Dels beror detta på att stora delar av världen fortfarande har stora behov som ännu inte tillgodosetts, särskilt vad gäller infrastruktur för transport, energi, städer, vatten, mm; dels så driver klimatomställningen ytterligare ökning- ar när nya teknologier med annan metallsammansättning byggs ut i stor skala. Järn, koppar och zink förväntas växa med mellan 25–190%, medan efterfrågan på sällsynta jordartsmetaller och grafit förutses minst femdubblas (Figur 11).

Figur 10

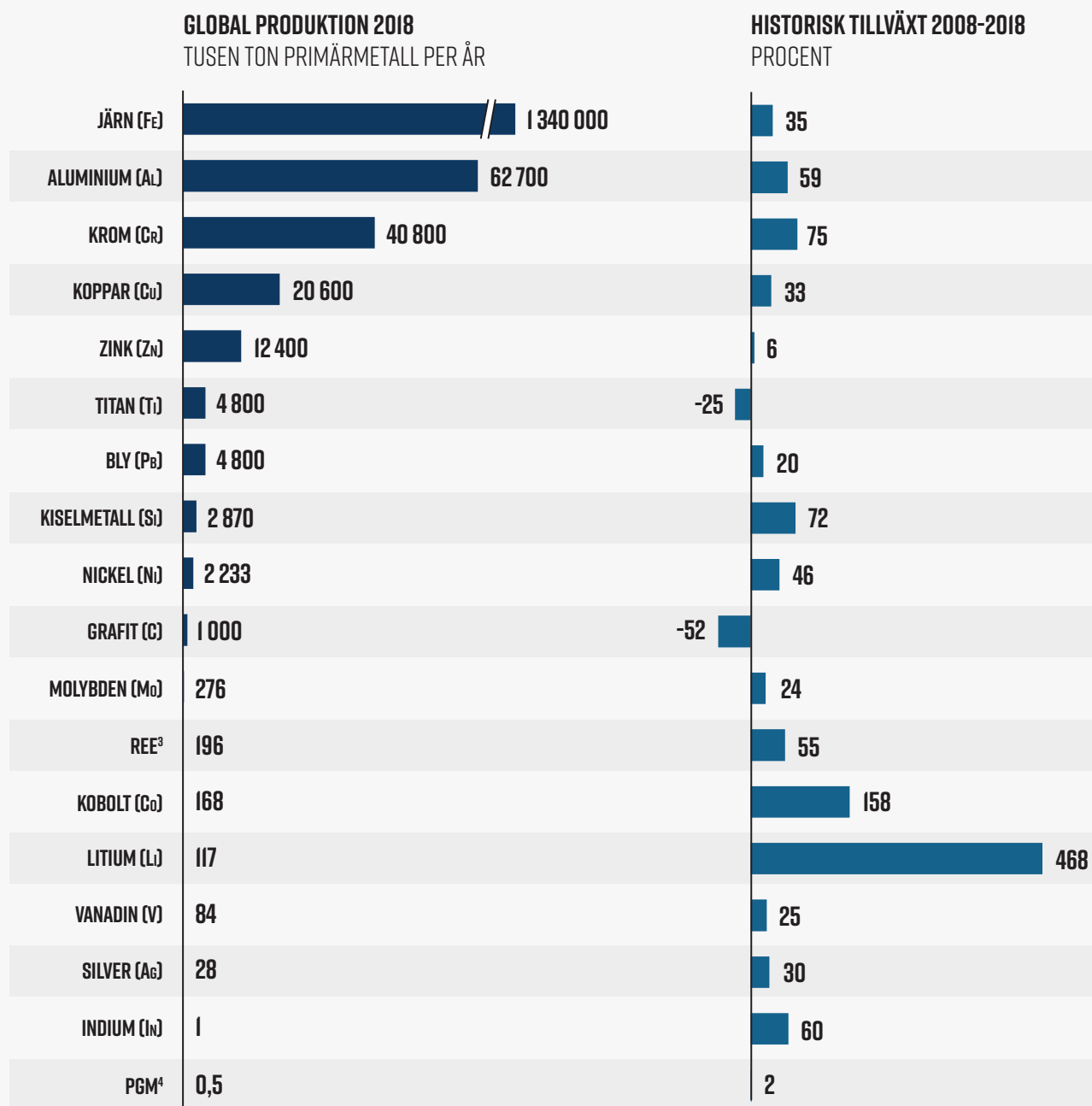
## TRE STORA KLIMATRELATERADE TRENDER DRIVER MOT EN ÖKAD METALLEFTERFRÅGAN GLOBALT



KÄLLA: IEA ETP 2020 (SUSTAINABLE DEVELOPMENT SCENARIO; BNEF ELECTRIC VEHICLE OUTLOOK 2020)

Figur 11

## FÖRVÄNTAD GLOBAL TILLVÄXT AV EFTERFRÅGAN FÖR UTVALDA METALLER OCH MINERAL TILL 2050



<sup>1</sup> Genomsnitt av framtidsprognoser från litteratursökning, i så stor utsträckning som möjligt kopplade till 2-gradersmålet och med cirkularitet.

<sup>2</sup> Osäkerheten reflekterar skillnaden efterfråga mellan prognoser. <sup>3</sup> Sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements). <sup>4</sup> Platinagruppens metaller.



FRAMTIDSUTSIKT – GENOMSnitt AV EXISTERANDE PROGNOser<sup>1</sup>

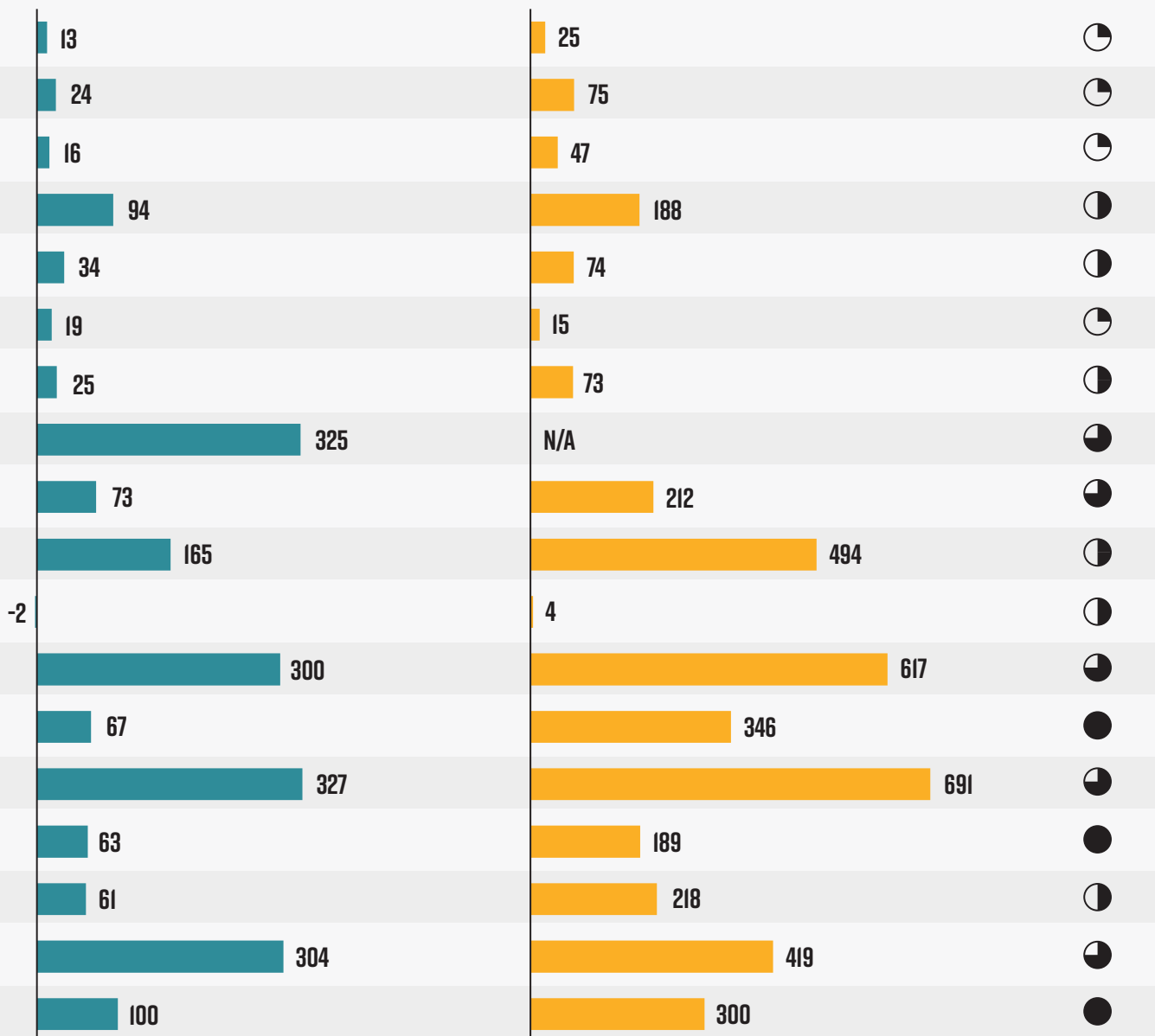
● HÖGRE OSÄKERHET

◐ LÄGRE OSÄKERHET

TILLVÄXT TILL 2030  
PROCENT

TILLVÄXT TILL 2050  
PROCENT

OSÄKERHET<sup>2</sup>




**Det ökade behovet** gör att en mer cirkulär ekonomi är avgörande.<sup>xvi</sup> Endast ett fåtal metaller återvinns i hög grad i nuläget, främst avsevärda flöden av järn/stål och aluminium; en del legeringsmetaller såsom nickel, samt ädlare metaller som koppar, guld, silver, platinum och palladium. Det finns dock stora möjligheter med att öka mängden högkvalitativ återvinning, inte bara av nya och snabbt ökande metallflöden, såsom litium, kobolt och sällsynta jordartsmetaller, utan även av stål och basmetaller som aluminium och koppar. Klimatnyttan av ökad återvinning kan bli avsevärd. För stål kan hela ökningen i årligt behov till 2050 tillgodoses genom att återvinna stål som redan tillverkats (men mer än en miljard ton nytt stål producerat från järnmalm behövs ändå årligen). För exempelvis koppar och järn skulle förbättrad återvinning kunna minska efterfrågan på primärmetaller med ca 20–25% fram till 2050.

**Även med ambitiösa scenarier** för ökad återvinning krävs dock ny tillförsel. Att helt förlita sig på återvinning är möjligt först när ytterligare metall inte behövs i produkter och

infrastruktur. När behoven ökar – såsom sker när nya teknologier ska byggas ut – måste dock ytterligare metaller framställas för den första generationen vindkraftverk, batterier, mm. Med tiden utgör dessa produkter en ”metallbas” som sedan i allt högre grad kan tillgodose framtida behov genom återvinning. De närmaste decennierna kvarstår dock behoven av ny metall, vilket således efterspeglas i studierna som sammanfattas ovan. Enligt dessa behöver därför stora mängder ytterligare metall komma från gruvdrift.

**För EU är en ytterligare utmaning** ett stort importberoende för många metaller. Idag importeras nästan 100% av efterfrågan av sällsynta jordartsmetaller och grafit, och för järn, zink och koppar är motsvarande tal mellan 40–70%. Utöver förhöjda risker för leveranssäkerheten, så innebär detta importberoende att EU förlorar möjligheten att bygga upp viktiga värdekedjor kring dessa metaller och de klimatteknologier som de möjliggör. EU har också mycket lägre förmåga att påverka miljöprestandan i produktion av importerade metaller än i inhemsk produktion.

A photograph of a wind farm at sunset. The foreground is filled with tall, golden grasses. In the middle ground, several wind turbines are silhouetted against the bright, orange and yellow sky. Power lines and pylons are visible in the distance. The overall mood is serene and hopeful, representing clean energy.

*Den viktigaste enskilda  
drivkraften till ökad efterfråga på  
många metaller fram till 2050  
kommer vara klimatomställningen*

---

## APPENDIX – METODBESKRIVNING

**Den här studien** beräknar den produktionsrelaterade klimatnyttan av varor från gruvindustrin i Sverige genom att jämföra utsläppsintensiteten (mängden CO<sub>2</sub> per mängd produkt) av produktion i Sverige med relevanta referensanläggningar utomlands.

**Klimatavtrycket beräknas generellt** som total volym produkter (i ton) multiplicerat med en utsläppsintensitet (ton CO<sub>2</sub>/ton produkt). Utsläppsfaktorerna baseras här på direktrapporterade utsläpp från processer och förbränning av bränslen, och omfattar utsläpp från brytningen, anrikningen och förädlingen av malm.

**I samtliga fall jämför vi** sedan svensk produktion mot utsläppsintensiteten bland andra producenter aktiva i

samma marknad. Logiken är att definiera marginalproduktion (dvs, svaret på: "när svensk produktion minskar / ökar, vilken annan produktion i världen ökar / minskar då för att ersätta bortfallet?"). Analysen visar att ett globalt genomsnitt ger en tillräckligt rättvisande bild i de flesta fall, men där marknaden är mer geografisk begränsad (t ex sällsynna jordartsmetaller där Kina är den klart största producenten på marknaden) har vi använt regionala jämförelsepunkter i stället. Data för internationella anläggningar hämtas dels från ett antal studier som sammanställer utsläppsdata för en viss produkt, dels från publicerad forskning och statistik.

**Metod och källor** beskrivs i detalj för respektive produkt i tabellen nedan.

PRODUKT	METOD	KÄLLOR
<b>JÄRNPELLETS</b>	Klimatnyttan av produktion av järnpellets beräknas på en volym av 24 Mt pellets med en klimatnytta per ton pellets på ca 0.2 t CO <sub>2</sub> /t produkt (jämför utsläpp av pellets på 0.025 t CO <sub>2</sub> /t mot utsläpp från sinter med schaktugn på ca 0.2 t CO <sub>2</sub> /t)	Material Economics analys, baserat på (LKAB 2021) (Milford et al. 2012) Intervjuer med LKAB
<b>JÄRNKONCENTRAT</b>	I järnmalmsgruvan i Pajala produceras ca 2 Mt järnmalmskoncentrat per år, och klimatnyttan för denna produktion uppskattas baserat på elförbrukningen för gruvans processer. Här antas motsvarande produktion utomlands använda samma mängd elektricitet för att producera motsvarande produkter där utsläppen från svensk elmix jämförs med ett globalt genomsnitt (ca 13 g/kWh i Sverige jämfört med ca 500 g/kWh globalt).  För Kallak uppskattas klimatnyttan baserat på en volym om ca 3 Mt järnkoncentrat per år. Kallak antas ha fossilfri produktion från start, vilket jämförs med genomsnittliga utsläpp från produktionen av järnkoncentrat globalt på omkring 0,03 t CO <sub>2</sub> /t koncentrat.	Material Economics analys, baserat på (European Environment Agency 2020) (International Energy Agency 2020) (McKinsey & Company 2021) Intervjuer med Kaunis Iron & Bewulf Mining
<b>KOPPAR</b>	Klimatnyttan idag beräknas på en produktion av ca 370 kt koppar, varav ca 1/3 härrör från inhemsk malmproduktion och 2/3 från importerad malm. Utsläpp från kopparproduktion globalt är i genomsnitt 4,6 t CO <sub>2</sub> per ton koppar, och klimatnyttan för kopparproduktion i Sverige uppgår till mellan 1-3 t CO <sub>2</sub> /t produkt, beroende på vilka råvaror som används. Det har i kvantifieringen inte varit möjligt att urskilja återvunnen råvara mot annan importerad malm, och här har all import av råvaror antagits ha ett utsläpp av 3,7 t CO <sub>2</sub> /t produkt. Koppar från återvunnen råvara har egentligen lägre utsläpp, vilket gör att klimatnyttan som redovisas underskattar nyttan något. Klimatnyttan för Laver beräknas baserat på en möjlig brytning av 54 Mt malm per år, med ett kopparinnehåll på omkring 0,2% (cirka 110 kt koppar per år). Utsläppen från produktionen antas vara samma som produktion i Sverige idag, det vill säga 1,5 t CO <sub>2</sub> /t koppar.	Material Economics analys, baserat på (Wyns and Khandekar 2020) (Ekman Nilsson et al. 2017) (Boliden 2021a) (Boliden 2020a) (SGU 2020) (Boliden 2018) Intervjuer med Boliden
<b>ZINK</b>	Klimatnyttan beräknas på en produktion av ca 450 kt zink, varav omkring hälften härrör från inhemsk malmproduktion och hälften från importerad malm. Klimatnyttan för zinkproduktion i Sverige uppgår till mellan 1,5-2 t CO <sub>2</sub> /t produkt, beroende på vilka råvaror som används.  Klimatnyttan för Zinkgruvan uppskattas baserat på elförbrukningen för gruvans processer. Här antas motsvarande produktion utomlands använda samma mängd elektricitet för att producera motsvarande produkter där utsläppen från svensk elmix jämförs med ett globalt genomsnitt (ca 13 g/kWh i Sverige jämfört med ca 500 g/kWh globalt).	Material Economics analys, baserat på (Wyns and Khandekar 2020) (Ekman Nilsson et al. 2017) (Boliden 2021a) (Boliden 2020a) (European Environment Agency 2020) Intervjuer med Boliden & Lundin Mining

**PRODUKT****METOD****KÄLLOR**

<b>GRAFIT</b>	<p>Utsläppen från brytning av grafit och vidareförädling till anoder i Sverige jämförs med brytning och produktion i Kina, som är den ledande leverantören idag. Utsläpp från svensk produktion uppskattas till ca 2 ton CO<sub>2</sub> per ton färdig produkt, vilket jämförs mot kinesisk produktion på ca 15 ton CO<sub>2</sub> per ton färdig produkt (genomsnitt mellan syntetisk och naturlig grafitproduktion i Kina). Klimatnyttan beräknas på en möjlig produktion av anoder som uppgår till ca 110 kt anoder per år för de planerade fyndigheterna i Sverige.</p>	<p>Material Economics analys, baserat på (Leading Edge Materials 2021) (Talga Group 2020) Intervjuer med Leading Edge Materials &amp; Talga Group</p>
<b>SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER</b>	<p>Klimatnyttan av att bryta sällsynta jordartsmetaller i Sverige jämförs mot produktion i Kina, som är den ledande leverantören idag. I en studie med fokus på Norra Kärr uppskattas att utsläppen från produktion av Dysprosium i Sverige släpper ut ca 20% av utsläppen som motsvarande produktion i Kina gör. För att uppskatta klimatnyttan av den totala planerade produktionen i Norra Kärr antas detta förhållande vara tillämpligt på övriga sällsynta jordartsmetaller som planeras brytas i Norra Kärr. Utsläppen för sällsynta jordartsmetaller i Kina varierar brett beroende på metall (från 10 till över 1000 ton CO<sub>2</sub> per ton produkt), och genom att ta ett viktat snitt på planerad produktionsvolym för Norra Kärr kan genomsnittliga utsläpp per ton produkt uppskattas. I Kina uppgår detta till ca 80 ton CO<sub>2</sub> per ton produkt, jämfört med ca 15 ton CO<sub>2</sub> per ton från svensk produktion. Klimatnyttan uppskattas baserat på en planerad produktionsvolym i Norra Kärr på omkring 5000 ton per år.</p>	<p>Material Economics analys, baserat på (Zapp et al. 2018) (Koltun and Tharumarajah 2014) Intervjuer med Leading Edge Materials</p>
<b>MINERALGÖDSEL (REEMAP)</b>	<p>Klimatnyttan för ReeMAP beräknas baserat på utsläpp av att producera MAP (Mono-ammonium phosphate) och/eller DAP (di-ammonium phosphate), jämfört med motsvarande produktion i övriga Europa. Utsläppen från produktionen för ReeMAP uppskattas till omkring 150 kg CO<sub>2</sub> per ton produkt, medan motsvarande utsläpp utomlands uppgår till cirka 400-600 kg CO<sub>2</sub> per ton produkt. Med en antagen volym på omkring 300 kt MAP/DAP beräknas klimatnyttan till cirka 100 kt CO<sub>2</sub> per år. I denna rapport har klimatnyttan för de sällsynta jordartsmetaller som också planeras att utvinnas genom ReeMAP inte varit möjlig att kvantifiera, vilket gör att klimatnyttan för ReeMAP högst troligt är högre än det som redovisas i denna studie.</p>	<p>Material Economics analys, baserat på (Kool et al. 2012) Intervjuer med LKAB</p>
<b>JÄRN</b>	<p>Antagande att 27 Mt järnmalmsprodukter (~95% av dagens produktion) vidareförädlas till järnsvamp, med en ratio pellets:järnsvamp på ca 1,4. Produktion i Sverige jämförs mot konventionell stålproduktion i masugn med utsläpp på ca 1,9 t CO<sub>2</sub>/t råstål. För att jämföra inom samma scope jämförs dessa utsläpp mot järnsvamp + smältning i en ljusbågsugn. Här antas nollutsläpp för järnsvamp, och utsläpp från ljusbågsugn till mellan 0-0,3 t CO<sub>2</sub>/t råstål, beroende på producent.</p>	<p>Material Economics analys, baserat på (LKAB 2021) (Milford et al. 2012) (International Energy Agency 2020) (HYBRIT 2018) Intervjuer med LKAB</p>
<b>GRUVMASKINER</b>	<p>Baseras på totala utsläpp från energianvändning inom gruvindustrin på 70 Mt CO<sub>2</sub> för diesel, och 370 Mt CO<sub>2</sub> för elanvändning, varav omkring 2.5-5% av dieselanvändningen och hälften av elanvändningen är från underjordsgruvor. Dieselbesparingen baseras på en antagen elektrifieringsgrad på 50% (av sålda maskiner det året) och en marknadsandel för svenska aktörer inom underjordssegmentet på 60%. Elbesparingen baseras på att ungefär hälften av elektriciteten som används i underjordsgruvor är till sub-processer (framför allt ventilation), och att smart ventilation till följd av elektrifiering kan minska ventilationsbehovet med 55% (antar att 50% elektrifiering i en underjordsgruva möjliggör den besparingen med 25-50%).</p> <p>Klimatnyttan hålls tillbaka något av ett ökat elbehov från de elektrifierade gruvmaskinerna. För att uppskatta dessa utsläpp räknas först mängden energi som används i själva dieselmotorerna ut, baserat på total mängd diesel som besparas samt en antagen verkningsgrad i en dieselmotor på 35%. Elmotorerna i de eldrivna gruvmaskinerna antas ha en verkningsgrad på 85-95%. Således kan det totala elbehovet till gruvmaskinerna beräknas. Utsläppen uppskattas sedan baserat på genomsnittliga utsläpp från el globalt.</p>	<p>Material Economics analys, baserat på (McKinsey 2020) (Svemin 2019) (IFMetall 2015) (International Energy Agency 2020) Intervjuer med Sandvik Mining &amp; Rock Solutions och Epiroc</p>

# KÄLLFÖRTECKNING

- Boliden (2018). Laver Project Summary Report.
- Boliden (2019). Boliden – Annual and Sustainability Report 2019. 124.
- Boliden (2020a). Carbon footprint of Boliden Main Metals.
- Boliden (2020b). Klimatsmarta transporter. <https://www.boliden.com/sv/nyheter/klimatsmarta-transporter>.
- Boliden (2021a). Annual and Sustainability report 2020.
- Boliden (2021b). Boliden Aitik - Världens mest effektiva koppardagbrott. <https://www.boliden.com/sv/verksamhet/gruvor/boliden-aitik>.
- Ekman Nilsson, A., Macias Aragonés, M., Arroyo Torralvo, F., Dunon, V., Angel, H., Komnitsas, K. and Willquist, K. (2017). A Review of the Carbon Footprint of Cu and Zn Production from Primary and Secondary Sources. *Minerals*, 7(9). 168. DOI:10.3390/min7090168.
- Espinoza, L. T., Soulier, M. and Haag, S. (2016). Visualizing global trade flows of copper.
- European Environment Agency (2020). Greenhouse gas emission intensity of electricity generation.
- HYBRIT (2018). Slutrapport HYBRIT – Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology.
- IFMetall (2015). Fokus industrirapport #3 Gruvindustrin.
- International Energy Agency (2020). Energy Technology Perspectives 2020. *Energy Technology Perspectives*, . 400.
- Koltun, P. and Tharumarajah, A. (2014). Life Cycle Impact of Rare Earth Elements. *ISRN Metallurgy*, 2014. 1–10. DOI:10.1155/2014/907536.
- Kool, A., Marinussen, M. and Blonk, H. (2012). LCI data for the calculation tool Feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization, GHG Emissions of N, P and K fertilizer production.
- Leading Edge Materials (2021). Leading Edge Materials Announces Preliminary Life Cycle Assessment Results on Woxna Graphite Project.
- LKAB (2021). Annual And Sustainability Report 2020.
- McKinsey (2020). Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/climate-risk-and-decarbonization-what-every-mining-ceo-needs-to-know>.
- McKinsey & Company (2021). Creating the zero-carbon mine | McKinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/creating-the-zero-carbon-mine?cid=e-ml-web>.
- Milford, R. L., Stefan Pauliuk, Julian M Allwood, and Daniel B Müller (2012). Supporting Information: The last blast furnace? 37.
- SCB (2021). Varuimport och varuexport efter handelspartner och varugrupp, 2019.
- SGU (2020). Bergverksstatistik 2019. 88.
- Svemin (2019). Färdplan för en konkurrenskraftig och fossilfri gruv- och mineralnäring.
- Svemin (2021). Från den svenska berggrunden ut i världen. <https://www.svemin.se/svensk-gruvnaring/2-export/>.
- Talga Group (2020). The Sustainable Graphite Anode Solution for the Fast Growing Electric Vehicle Market.
- World Integrated Trade Solution (2021). Zinc, copper & iron ores and concentrates exports by country in 2018. <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/EUN/year/2018/tradeflow/Imports/partner/ALL/product/790111>.
- Wyns and Khandekar (2020). Metals for a Climate Neutral Europe.
- Zapp, P., Marx, J., Schreiber, A., Friedrich, B. and Voßenkaul, D. (2018). Comparison of dysprosium production from different resources by life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 130. 248–59. DOI:10.1016/j.resconrec.2017.12.006.

# NOTER

<sup>i</sup> (SCB 2021; Svemin 2021; SGU 2020), Årsredovisningar för Sandvik & Epiroc

<sup>ii</sup> (SCB 2021)

<sup>iii</sup> Under 2019 exporterades järnmalm till ett värde av omkring 14 miljarder SEK till övriga Europa, följt av Asien (8 miljarder) samt Afrika och Amerika på omkring 1 miljarder vardera. Samma år exporterades koppar till ett värde av över 9 miljarder SEK till övriga Europa som är den största exportmarknaden för Sverige. Koppar exporteras även till Asien och Amerika, men i små mängder i förhållande till exporten till Europa. Zink exporterades nästan uteslutande till övriga Europa till ett värde av 0,5 miljarder SEK år 2019. Ser vi på Europanivå exporterar Europa kopparmetall och kopparkoncentrat till framför allt Asien, och importerar koncentrat och metall från framför allt Sydamerika. Asien som Europa exporterar mycket metall till är en stor importör av koppar från i stort sett resten av världen. Även zink handlas globalt, där Europa exporterar till framför allt Kina, Mellanöstern och Nordamerika och importerar från bland annat Afrika, Sydamerika och Mexico. (Espinoza et al. 2016; World Integrated Trade Solution 2021; Wyns and Khandekar 2020)

<sup>iv</sup> Utsläpp från stålframställning ges av IEA (2020), de från aluminium från bland andra International Aluminium Institute (2021) och IEA (2020).

<sup>v</sup> (McKinsey 2020)

<sup>vi</sup> Li, Xin, Konstantinos J. Chalvatzis, and Dimitrios Pappas. 'China's Electricity Emission Intensity in 2020 – an Analysis at Provincial Level'. Energy Procedia 142 (December 2017): 2779–85. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.421>; European Environment Agency (2020)

<sup>vii</sup> Spannet uppstår eftersom det inte är självklart hur de återstående utsläppen från svensk kraftproduktion, i genomsnitt 13 gram koldioxid per kilowatt-timme, ska fördelas mellan olika konsumtionsposter. Mycket av elanvändningen sker till exempel i norra Sverige, som är en nettoexportör av el och där elen har lägre koldioxidutsläpp än det nationella genomsnittet.

<sup>viii</sup> Denna pyro-metallurgiska process används för ca 80% av kopparframställning globalt, medan resten framställs genom en alternativ hydro-metallurgisk process.

<sup>ix</sup> Dessa utsläpp inkluderar utsläpp från koppar och zink som hänförs till importerad malm, d.v.s. utsläpp som inte direkt sker i Sverige, men som hänförs till själva produkten. Koppar som framställs i Sverige med importerad malm släpper i genomsnitt ut 3,7 ton CO<sub>2</sub> per ton produkt (1,5 med svensk malm), och motsvarande siffra för Zink är 1,9 ton CO<sub>2</sub> (1,4 med svensk malm).

<sup>x</sup> Källan till de lägre utsläppen i Norra Kärr har framför allt geologiska förklaringar. I Norra kärr finns en stor fyndighet av Eudialyt, ett sällsynt silikat-mineral med ett i relation till andra mineral mycket högt innehåll av tunga, sällsynta jordartsmetaller. Det vanligaste förekommande mineral som bryts i Kina för sällsynta jordartsmetaller är Bastnaesit/Monazit, där andelen tunga sällsynta jordartsmetaller av totala oxider av sällsynta jordartsmetaller är omkring 1%, medan motsvarande siffra i Eudialyt är över 50%. Detta innebär att mindre volymer av Eudialyt behöver brytas och genomgå kemisk behandling för att producera motsvarande mängd produkter. Källa: (Zapp et al. 2018)

<sup>xi</sup> Den ytterligare klimatnyttan från att svensk industri blir fossilfri beror på hur snabbt övriga världen ställer om. Vi har uppskattat detta spann baserat på International Energy Agencies scenarion för omställningstakt för el-systemet globalt, där världen antingen ställer om enligt ett referensscenario, eller enligt ett 2°C-scenario (International Energy Agency 2020).

<sup>xii</sup> (Boliden 2019; Boliden 2020b; Boliden 2021b; SGU 2020)

<sup>xiii</sup> Direktreduktion är en väl utvecklad teknik för framställning av stål, där naturgas används som reduktionsmedel för att reducera järn i fast form. Direktreduktion med grön vätgas, istället för naturgas, innebär att järnoxiden reduceras till järn genom att syret reagerar med väte och bildar vattenånga. Förutsatt att vätgasen är framställd fossilfritt (genom elektrolys av vatten med fossilfri elektricitet), blir processen helt koldioxidfri.

<sup>xiv</sup> (Svemin 2019)

<sup>xv</sup> Se Material Economics (2021) - Kritiska metaller för klimatomställningen – möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring, där mer information, metod och källor redovisas i detalj.

<sup>xvi</sup> Se Material Economics (2018) – The Circular Economy – A Powerful Force for GHG Mitigation för en diskussion av detta

# KLIMATNYTTAN AV SVENSK GRUVNÄRING

---

**Denna rapport beskriver** klimatnyttan av gruvindustrin i Sverige, jämfört med motsvarande produktion utomlands. Slutsatsen är att klimatnyttan redan idag uppgår till 6 miljoner ton CO<sub>2</sub>, och att framtida planer och industrisatsningar kan öka klimatnyttan till 37-43 miljoner ton CO<sub>2</sub> till år 2045.

**Analyserna och insikterna** i rapporten är framtagna av Material Economics. Material Economics står ensamt för slutsatserna som presenteras.

**Vänligen referera till** denna rapport som: Material Economics (2021). Klimatnyttan av svensk gruvnäring.