

Förstudie: Behov och utmaningar gällande materialförsörjning för en hållbar industri

Pre-study

*Materials supply for a sustainable industry – needs and
challenges*

Vinnovas Diarienummer 2021-03290

Boel Wadman, Conny Gustavsson, Emma Enebog, Eva Troell, Johan
Björkvall, Kalle Pelin, Linus Brander, Olivier Rod, Peter Benson, Åsa
Claesson

Projektnummer: 10939 Publicerad: 2022-02-13

Öppen rapport

Distribution

Denna rapport är tillgänglig för intressenter inom Metalliska Material.

Med stöd från



Strategiska
innovations-
program

Sammanfattning

Hållbar tillgång till metalliska material och råvaror är viktiga framgångsfaktorer för svensk industri. Målet med detta projekt var att besvara frågan hur en utlysning inom området "Materialförsörjning för en Hållbar Industri" bör vara inriktad och avgränsad för att stimulera till de projekt som bäst stödjer utvecklingen mot en hållbar materialförsörjning i metallindustrin. Angreppssättet var att kartlägga och prioritera forsknings- och utvecklingsbehov *på materialförsörjningssidan* för att möta utmaningar och ta vara på möjligheter i området Hållbar Industri¹. Exempel på förutsättningar för en hållbar materialförsörjning är hållbar produktion, materialanvändning, återvinning och cirkularitet.

Arbetet har baserats på företagsintervjuer, workshops och litteraturstudier. Forsknings- och utvecklingsbehov har identifierats inom följande områden som bör adresseras i en utlysning:

- Materialutvinning av bland annat innovationskritiska metaller
- Material- och legeringsutveckling samt metallframställning: ökad användning av skrotbaserat material ökar behovet av sortering och hantering av skrot, materialutveckling med ersättningslegeringar, tillverkningsmetoder för minskade CO₂ -utsläpp
- Materialanvändning: produktdesign som tar hänsyn till återvinningsbarhet, minskad materialanvändning, inverkan på tillverkningsprocesser och slutegenskaper vid högre andel recirkulerat material samt nya kund- och myndighetskrav på material i olika applikationer kopplade till miljöaspekter
- Cirkularitet och återvinning: spårbarhet genom hela värdekedjan, sortering av skrot, nya applikationer för restprodukter från tillverkningen, återtillverkning – återanvändning, standardisering av den andel av materialet som är återvunnet
- Affärsrelaterade frågeställningar: Standardiserade globala metoder för att räkna CO₂-avtryck vid jämförelse av olika material, kompetens i hela leverantörskedjan, sociala och etiska aspekter avseende hållbarhet, inverkan av transporter, kostnader för miljöbelastning, sårbarhetsperspektiv, och data för policyarbete som gynnar materialförsörjningen.

Summary

The project objective is to respond to the question of how a call in the area "Materials supply for a Sustainable Industry" should be focused and delimited to attract those projects that best support the development towards a sustainable material supply to the entire Swedish metal industry and its downstream stakeholders. The approach is to map and prioritize research and development needs on the materials supply side to meet challenges and grasp opportunities for a Sustainable Industry.

Sustainable availability of metallic materials and raw materials are important success factors for Swedish industry. The aim of this project was to answer the question how a call in the area "Material supply for a Sustainable Industry" should be focused and delimited to stimulate the projects that best support the development towards a sustainable material supply in the metal industry. The approach was to map and prioritize research and development needs on the material supply side to meet challenges and take advantage of opportunities in the area of Sustainable Industry. Examples of prerequisites for a sustainable material supply are sustainable production, material use, recycling, and circularity.

¹ <https://www.vinnova.se/m/hallbar-industri/>

The work has been based on company interviews, workshops, and literature studies. Research and development needs have been identified in the following areas that should be addressed in a call:

- Materials mining of innovation critical metals for energy applications
- Material and alloy development and metal production: increased use of scrap-based material increases the need for sorting and handling of scrap, material development with replacement alloys, manufacturing methods for reduced CO₂ emissions
- Material use: product design that considers recyclability, reduced material use, impact on manufacturing processes and final properties of accumulation of residual elements due to higher proportions of recycled material as well as new customer and authority requirements for materials in various applications related to environmental aspects
- Circularity and recycling: traceability in the value chain, sorting of scrap, new applications for residues from manufacturing, re-manufacturing - re-use, standardization of the proportion of material that has been recycled
- Business-related issues: Standardized methods to calculate CO₂ footprint for a relevant comparison of different materials, competence in the entire supply chain, social aspects regarding sustainability, ethical aspects, working conditions, working environment, impact of transport (environmental impact and vulnerability perspective) policy labs.

Nyckelord:

Metallic materials, metals supply, innovation critical materials, sustainable industry, manufacturing, recycling, residual elements

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	2
2	Mål och syfte	2
3	Bakgrund	2
4	Metod	4
4.1	Nulägesanalys och framtidsbehov	4
5	UTFALL och resultat	5
5.1	Vad är hållbar materialförsörjning?	5
5.2	Materialutvinning	6
5.2.1	Gruvdrift, arbetsmiljö och tillståndsprövningar	6
5.2.2	Utvinning via hav, sjöar och landmassor	7
5.3	Material- och legeringsutveckling samt metallframställning	9
5.3.1	Stål	9
5.3.2	Gjutjärn	10
5.3.3	Aluminiumlegeringar	11
5.3.4	Övriga metaller	13
5.4	Produktutveckling och tillverkning av komponenter och produkter i metall	18
5.5	Cirkulära flöden	20
5.5.1	Insamling och sortering för återvinning	21
5.5.2	Insamling och sortering för återtillverkning	23
5.6	Forskningsområden och önskade effekter	25
6	Diskussion, Analys, Kommentarer	27
7	Slutsatser	28
8	Referenser	29
Bilaga 1	Projektorganisation och medverkande	31
Bilaga 2	Publikationer	32
Bilaga 4	Beskrivning av programmet	33

1 INLEDNING

Hållbar tillgång till metalliska material och råvaror är viktiga framgångsfaktorer för svensk industri. Projektet skapades för att undersöka hur en utlysning inom området 'Materialförsörjning för en Hållbar Industri' bör formuleras för att skapa relevanta projekt som bäst stöder utvecklingen mot en hållbar materialförsörjning i metallindustrin och deras kunder.

2 MÅL OCH SYFTE

Projektets mål var att ta fram ett underlag för en kommande utlysning inom området Materialförsörjning för Hållbar Industri som speglar behovsägarnas behov och prioriteringar. Underlaget ska vara väl förankrat hos intressenterna för att säkerställa att de mest industrirelevanta projekten inom området kommer att genomföras i kommande satsningar. Effektmålet är att stärka industrins hållbara konkurrenskraft genom att möta industrins behov av en hållbar materialförsörjning, se även Projektansökan, Bilaga F1.

Syftet var att kartlägga behov och state-of-the-art när det gäller frågeställningar kopplade till materialförsörjning och att kartlägga och prioritera forsknings- och utvecklingsbehov på materialförsörjningssidan för att möta dessa utmaningar och ta vara på möjligheter i Vinnovas programområde Hållbar Industri.

3 BAKGRUND

Omställningen till ett hållbart samhälle, klimatförändringar, energitransformation och innovationer ställer krav på att materialförsörjningen av allt fler metaller säkras upp. Behovet av ett flertal metalliska material förväntas bli mycket större än tillgångarna. Detta beror både på omställningen emot en mer hållbar industri och de globala effekterna av ökad befolkning och ökande välbefinnande. När det gäller klimateffekter har nya initiativ, till exempel grön ståltillverkning, redan startat. Dessa innebär nya utmaningar kopplade till bland annat materialförsörjning, och ytterligare insatser kommer att behövas för att kunna nå en klimatneutral tillverkning. Nedan presenteras utmaningar och aspekter som har en stor inverkan på den kommande materialförsörjningen.

För metaller och legeringar:

- **Stålintustrins** omställning för minskade CO₂-avtryck medför ökad skrotbaserad tillverkning. Omställningen till fossilfri järnsvamp medför att malmbaserad ståltillverkning kommer närmare den existerande stålproduktionen från skrot. Detta ställer ökade krav på spårbarhet och skrotsortering för att bl.a. hålla föroreningslevelen på tillräckligt låga nivåer, men även för att säkra tillgång och optimerad användning av kritiska legeringsämnen.

- **Aluminiumindustrin** möter kraftigt ökade krav från såväl myndigheter som marknaden på högre andel sekundärmaterial i produkter med prestanda som i dagsläget bara jungfruligt aluminium klarar av.
- **Mässingsindustrin** baseras på ca 90% återvunnet material av befintliga legeringar vilka innehåller bly. De nya skärpta kraven på att mässing ska vara helt blyfri och inte laka ur något bly innebär behov av att utveckla innovativa lösningar genom hela värdekedjan.
- Den ökade **elektrifieringen** kräver mer koppar och metaller som hittills inte använts i större skala. De så kallade **energikritiska metallerna** inkluderar bland annat litium, kobolt, nickel, indium och sällsynta jordartsmetaller. Användningsområden är till exempel batterier, elektrolysörer, solceller, magneter, vindkraftverk och elbilar.

EU:s och Sveriges klimatmål:

Materialförsörjning påverkas även av globala klimatmål som kommer att styra utveckling på en övergripande nivå de kommande åren och därför behöver tas hänsyn till:

Sveriges klimatmål, där riksdagen beslutat om etappmål för minskning av Sveriges klimatpåverkan rör att Sverige ska leva upp till Parisavtalet. Senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Med negativa utsläpp menas att utsläppen är mindre än noll, det vill säga att halten av växthusgaser i atmosfären sänks. [Mål för miljö och klimat - Regeringen.se]

Uppsatta klimatmål inom EU till 2030, som innefattar att minska utsläppen av växthusgaser med 40 procent jämfört med 1990 bland annat genom att öka andelen förnybar energi och öka energieffektivitet. [<https://www.energimyndigheten.se/klimat-miljo/sveriges-energi--och-klimatmal/>]

Till sist ska även aspekterna nedan beaktas för projektet:

- **Riskanalyser med fokus på systemperspektiv** och geopolitik för att säkerställa materialtillgången. Ett exempel är den långsiktiga tillgången på rent låglegerat stålskrot, ett annat metalltillgångar i konfliktregioner, kombinerat med globala lag- och handelshinder för samarbete över gränser.
- **Synergier** med närliggande projekt, initiativ eller andra program.

4 METOD

4.1 Nulägesanalys och framtidsbehov

Syftet var att kartlägga behov och state-of-the-art för svenska företag och forskare när det gäller materialfrågeställningar kopplat till materialförsörjning och kartlägga och prioritera forsknings- och utvecklingsbehov på materialförsörjningssidan för att möta utmaningar och ta vara på möjligheter i programområdet Hållbar Industri. Arbetet utfördes genom litteraturstudier, företagsintervjuer och workshops. Det frågebatteri som intervjuerna utgick ifrån återfinns i Bilaga F2.

Omvärldsanalysen har samlat det internationella perspektivet genom konferensrapporter, forskningslitteratur samt webbmöten kring EU-initiativ.

För att inkludera synergieffekter mellan olika branscher har aktörer från elektronikindustri, återvinning, automation, medicinteknik och konsumentprodukter kontaktats, utöver redan identifierade branscher i SIP Metalliska Materials innovationsområde.

Totalt har 38 intervjuer med en till tre intervjupersoner hållits under perioden 30 augusti – 14 november 2021. Huvuddelen av intervjuerna utfördes via Teams av en utfrågare och en dokumenterare från projektgruppen. Därefter sammanställdes svaren och sändes tillbaka till den intervjuade för kommentarer, rättningar och godkännande för fortsatt användning.

Ur intervjusvaren sammanställdes en lista med identifierade forskningsfrågor och önskade effekter av genomförda projekt till en prioriteringsworkshop anordnad 8 november av SIP Metalliska Material. Resultatet efter workshopen skickades ut som en uppdaterad lista (se Avsnitt 5.6). Samtliga intervjuade fick möjlighet att välja ut de viktigaste forskningsfrågorna och därefter ranka dem i ordning 1 till 10.

5 UTFALL OCH RESULTAT

5.1 Vad är hållbar materialförsörjning?

I intervjuerna tillfrågades olika organisationer vad de menar med hållbar materialförsörjning.

Gemensamt för intervjuasvaren är att klimatutmaningen ramar in och utgör utgångspunkten för vad en hållbar materialförsörjning är. Det finns en medvetenhet om att materialförsörjningen måste ställas om som ett led i att lösa en av vår tids största samhällsutmaningar. Kopplingen mellan klimatpåverkan och metaller är brett förankrad bland de intervjuade företagen.

“Eftersom användningen av stål och aluminium från primära mineraler har identifierats som en viktig källa till ett fordons växthusgasutsläpp, har vissa fordonstillverkare gjort större ansträngningar för att öka andelen återvunnet stål och aluminium.” (Tillväxtanalys, 2020). I detta arbete ingår också utvecklingen av stål framställt med vätgas, som har rönt stort intresse hos bland annat lastfordonstillverkare.

Flera intervjupersoner kopplar tydligt samman klimat och cirkularitet, beskriver cirkulära flöden som en delösning och ser behovet av ett nytt systemtänk kring hantering av material och produkter.

- *Hållbar materialförsörjning kan vara att skapa optimala materialloopar med minimalt behov av jungfruligt material. (Intervjusvar)*

Flera intervjusvar, som representerar slutkonsumtion av metaller inom fordons-, IT-, elektronik- eller byggsektorn ser behovet av nya krav och lösningar för sin värdekedja.

- *Vi kan inte separera klimat och cirkularitet, båda behöver vara i samma analys för att säkra våra mål och lösningar för hållbara värdekedjor. (Intervjusvar)*

Spännvidden är däremot stor i mognadsgraden för hur de intervjuande företagen arbetar systematiskt med att implementera en hållbar materialförsörjning av just metaller. Alltifrån hög mognadsgrad hos fordonsindustrin som har utarbetade mål och färdplaner och ställer krav på sina leverantörer baserat på dessa, till låg hos fastighetssektorn och IT-sektorn som ännu inte har definierat eller målsatt specifika hållbarhetskrav kopplade till metaller.

Det finns inte heller en gemensam definition av hållbara metaller eller hållbar materialförsörjning mellan olika branscher och sektorer. Flera intervjusvar återkommer till behovet av gemensamma standarder.

- *Vad gäller konceptet 'hållbara material' har varje bolag och industri skaffat sig en egen uppfattning om vad det betyder. Det skulle hjälpa att ha en standardiserad beskrivning som anger om det bara är koldioxid, eller även andra aspekter som påverkar, till exempel etiska och sociala måttal (Intervjusvar).*

Flera intervjusvar handlade om hur man garanterar att de material som används framställs och saluförs på ett rättvist sätt. Många företag har idag krav på spårbarhet för att inte handla av länder och företag med undermålig arbetsmiljö, och EU-förordningen 2017/821 som trädde i kraft 2021 tvingar EU:s medlemsländer att identifiera var importerade metaller och mineral

(gäller guld, tantal, volfram och tenn) kommer ifrån och säkerställa att importen inte finansierar väpnade konflikter. [Tillväxtanalys, 2017, European Commission, 2017]

Generiska utmaningar för hållbar materialförsörjning

Figuren nedan visar en övergripande bild över det system som behöver beaktas kopplat till cirkulär materialförsörjning.



Bild 1. Värdecykel för råvaror, materialförsörjning och -användning, där cirkulär ekonomi är implementerad. [EIT RawMaterials 2018]

I avsnitten 5.2 och framåt beskrivs de olika aspekterna av systemet med koppling till omvärldsanalysen, både utifrån metalltyp och segment i materialförsörjningscykeln.

5.2 Materialutvinning

5.2.1 Gruvdrift, arbetsmiljö och tillståndsprövningar

Sverige är sedan många århundraden tillbaka en gruvnation och vår export av främst förädlad järnmalm utgör en betydande del av våra exportinkomster. Trots en ganska hög aktivitet kring kartläggning och prospektering har få nya fyndigheter öppnats för utvinning under de senaste årtiondena. Tvärtom har vissa befintliga gruvor under perioder stängts p.g.a. bristande lönsamhet. Vid tidpunkten för denna utredning, hösten 2021, blåser nya vindar och betydelsen av en livskraftig och växande inhemsk gruvindustri finns åter på den politiska agendan.

I denna studie har intresset riktats främst mot utvinningen av s.k. innovationskritiska metaller och mineral vilka är nödvändiga för utvecklingen av effektiva förnybara energikällor (vindkraft och solkraft), energilagring (batterier), vätgasproduktion (elektrolyser) och högteknologiska produkter (datorer och mobiltelefoner). I Sverige finns flera fyndigheter som

har ekonomisk potential för exploatering. Norra Kärr utanför Gränna rankas internationellt som en av de mest intressanta fyndigheterna i Europa, såväl ekonomiskt (höga halter av de mest eftertraktade sällsynta jordartsmetallerna) som kvalitets- och miljömässigt (mycket låga uran- och toriumhalter).

Till följd av stora satsningar på förnyelsebara energikällor och elektrifieringen inom transportsektorn förväntas efterfrågan på vissa innovationskritiska metaller öka mellan 20 – 50 gånger jämfört med dagens behov. ”Urban Mining” d.v.s. utvinning ur slagg och andra befintliga restprodukter samt återvinning via uttjänta komponenter bedöms endast täcka en mindre del av det framtida behovet.

Olika utredningar och bedömningar indikerar att även om återvinningen succesivt ökar så ökar också behovet vilket innebär att det kan dröja åtskilliga årtionden innan återvinningen bedöms kunna stå för ca hälften av den mängd av sällsynta jordartsmetaller som man räknar med att Europa och världen behöver då. Det säkraste och mest realistiska alternativet torde vara en ökad gruvdrift i Europa som samtidigt minskar beroendet av socialt och etiskt ohållbar utvinning.

Bilden nedan speglar det ökade behovet av litium till batterier.

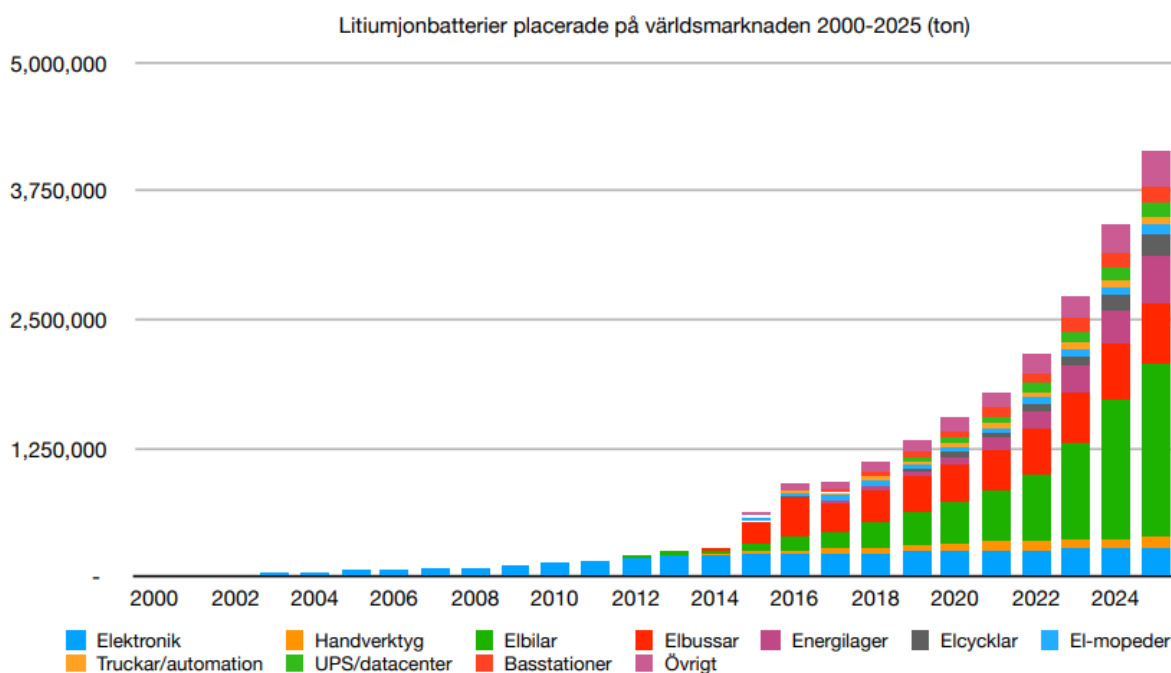


Bild 2: Ökat behov av litium, [Melin, Circular Energy Storage].

5.2.2 Utvinning via hav, sjöar och landmassor

Idag står Kina för ca 90 % av världens produktion av sällsynta jordartsmetaller, därutöver kommer en mindre del från Afrika. EU bör minska sitt importberoende av flera skäl. Politiska konflikter, ekonomiska sanktioner och avståndstagande från exempelvis barnarbete och miserabla arbetsvillkor kan omöjliggöra en fortsatt import. Ur ett sårbarhetsperspektiv är det därför viktigt att vi inom EU ökar graden av självförsörjning. [Regulation (EU) 2017/821, Tillväxtnalys, 2017]

Det finns betydande fyndigheter inom EU och Sverige som rent kommersiellt skulle vara värda att utvinna, men erfarenheter från senare års tillståndsärenden har visat att processen för att få ett lagakraftvunnet brytningstillstånd kan ta upp till 10 år. Detta beroende på de höga krav som ställs på den miljökonsekvensbeskrivning som skall beskriva den påverkan som den planerade gruvdriften förväntas leda till i det omgivande landskapet och i livsmiljön för närboende. Andra faktorer som ofta tas upp är risken för att lakvatten skall kontaminera omkringliggande grundvattentäcker.

Inspel från branschrepresentanter

Hållbar gruvdrift kan till exempel innebära att man går från att utnyttja enskilda procent av det brutna materialet till att använda minst hälften, exempelvis genom att gråberg blir konstruktionsmaterial. Nytt tänk kring resurshushållning och effektivt utnyttjande av allt som bryts kan öka utbytet av innovationskritiska metaller och mineral till nivåer över 75 %.

- *I kombination med användning av grön el så blir koldioxidavtrycket från en svensk brytning bara ca 10 % av motsvarande brytning i Kina. Detta borde synliggöras genom att ett oberoende organ genomför en LCA av svensk gruvdrift. (Intervjusvar)*

Det finns önskemål om ett tydligare ramverk för tillståndsprocessen, som dels ger en indikativ tidsram för ärendets handläggning, dels innehåller checklistor/mallar till stöd för utformning och innehåll hos nödvändiga dokument. Branschrepresentanter efterlyser också ett vidgat systemperspektiv från myndighetshåll som innebär att man dels gör en samlad och balanserad bedömning av den lokala miljöpåverkan, dels den övergripande samhällsnyttan ur ett ekologisk, ekonomisk och socialt hållbarhetsperspektiv.

En intervjuperson var även positiv till en framtida ”gruvskatt” förutsatt att kapitalet dels återförs till berörd region, dels används för att öka kapaciteten för handläggning av tillståndsansökningar. Ett annat önskemål från utvinningsbranschen är mer offentligt riskkapital från till exempel Europeiska Investeringsbanken, vilken genom sitt engagemang ses som en garant för att verksamheten genomförs med hänsyn till ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet.

FoU-frågor inom materialutvinning:

- Branschöverskridande samarbeten: Studier kring nya tekniska och affärsmässiga vertikala och horisontella värdekedjor, där rättigheten att få köpa exempelvis innovationskritiska metaller kan innebära en skyldighet att om möjligt utnyttja en restprodukt från utvinningen som råvara i sina övriga processer.
- Generellt saknas kunskap och kompetens kring utvinning av sällsynta jordartsmetaller inom Europa och vi behöver bygga upp strategiska kompetens- och affärskluster (Intervjusvar).
- Analys av helhetsbilden mellan cirkulära flöden (tex återanvändning, förändrade konsumtionsbeteenden, återvinning, och utvinning från deponier och städer) och nybrytning (från gruvor, hav och utvinningsindustrins restflöden). Hur mycket av behovet kan täckas cirkulärt och hur mycket behöver utvinnas nytt?

5.3 Material- och legeringsutveckling samt metallframställning

De material som utvecklas i Sverige är ofta nischprodukter med stor exportandel, som efterfrågas på grund av sina specifika egenskaper som framställs genom legerings- och processutveckling. Tillgången till kritiska legeringsämnen, och prisutvecklingen för dessa, har förstås en stor påverkan på lönsamheten vid tillverkning av höglegerade material. Den kemiska sammansättningen hos den tillgängliga, inkommande metallråvaran har även stor inverkan på framtida användningsområden och därmed indirekt på tillgången på material för specifika komponenter och applikationer. Detta är viktigt även för skrotbaserad ståltillverkning, där många speciallegeringar kräver antingen tillräckligt rent eller tillräckligt höglegerat skrot.

5.3.1 Stål

Stålintustrin står inför stora utmaningar för att minska den klimatpåverkan som uppkommer vid produktionen av stål. Detta är framför allt centralt för den malmbaserade stålintustrin som idag använder fossilt kol i masugnar för att reducera järnmalmen. I Sverige pågår arbete med att ställa om denna produktion till utnyttjande av vätgas som reduktionsmedel inom projektet Hybrit. Parallellt byggs vätgasbaserad ståltillverkning upp inom företaget H2 Green Steel. Utnyttjande av direktreduktionsprocesser innebär att stålproduktionen från malm kommer närmare den existerande skrotbaserade stålproduktionen. Detta har tidigare noterats vid införandet av så kallade Mini Mills som implementerats i bland annat USA. I dag kommer merparten av det stål som produceras i Sverige från malm via reduktion i masugnar. Vid denna produktion kan vanliga föroreningselement som till exempel fosfor minskas till låga nivåer med befintliga processteg såsom konvertering i en syrgaskonverter. Dessa processteg saknas vid skrotbaserad stålproduktion varför en stor utmaning för den framtida materialförsörjningen till stålintustrin blir att hålla dessa föroreningselement på tillräckligt låga nivåer.

En ytterligare komplexitet med omställningen från masugn till vätgasbaserad stålframställning är vanadin, vilket förekommer naturligt i den svenska järnmalmen. Även här är man beroende av syrgaskonvertering för att sänka vanadinhalten till låga nivåer. Sammantaget finns därför en risk att halten önskade element kommer att öka över tid i stålet som produceras enligt den nya vätgasbaserade tillverkningsprocessen. Detta kan i en förlängning ge upphov till en brist på rent stålskrot som endast innehåller järn och låga halter av kol vilket kan komplicera skrotbaserad ståltillverkning.

Användningen av mer skrot i framtiden kommer också att ställa nya krav på skrotsortering för att hantera olika föroreningselement såsom koppar. Det är inte möjligt att avlägsna koppar från en stålmälta utan det enda sättet att hantera för höga kopparhalter är genom spädning med ren järnråvara. Denna problemställning gäller många föroreningselement men koppar är centralt då den ökade elektrifieringen av bland annat fordon ger en ökad användning av stål i kombination med koppar. Ett sätt att hantera detta är med effektiva metoder för skrotsortering. Här finns ett stort utvecklingsbehov då ren järnråvara i framtiden inte kommer att finnas lika lättillgängligt.

En effektiv skrotsortering har många fördelar och kommer också innebära ett effektivare materialutnyttjande och en förbättrad cirkularitet för stålindustrin i stort, se även 5.5.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att råmaterialhanteringen riskerar att bli komplex i framtiden för både hög- och låglegerade stål. De nya vätgasbaserade ståltillverkningsprocesserna med lägre CO₂ belastning men med begränsade möjligheter att hantera föroreningselement kommer att ställa nya krav på produktionsplaneringen vid ståltillverkning. En brist på ren järnråvara kommer att öka behovet av kontroll av olika insatsvaror såsom legeringselement, slaggbildare och skrot.

FoU-frågor gällande ståltillverkning

För att lyckas med omställningen utifrån det ovanstående perspektivet bedöms följande FoI-insatser behövas:

- Kartläggning av skrottillgången i Sverige.
- Undersöka möjligheterna att förbättra skrotsorteringen. Vad innebär en förbättrad skrotsortering hos tillverkningsindustrin som använder stål för dagens skrotleverantörer? Hur ökas incitamentet för sortering hos tillverkningsindustrin?
- Hur hanterar man de högre föroreningshalterna i den vätgasreducerade stålen?
- Kommer det att behövas masugnar med efterföljande syrgaskonvertering även i fortsättningen för att säkerställa tillgången på ren järnråvara?
- Hur kommer hanteringen av oönskade element som inte kan raffinerats bort styra råmaterialvalen i framtiden?
- Finns det möjlighet att rena skrot från koppar?
- Hur säkerställer vi en lokal tillgång på kalk med låga föroreningshalter och ett litet CO₂ avtryck i framtiden?
- Finns behov av att ta fram affärsmodeller för att jämföra hög och låg CO₂ belastning för olika stål och även inkludera slutanvändarna i en övergripande analys?

5.3.2 Gjutjärn

Järngjutier använder metalliska råvaror i form av klipp- och plåtskrot, räls, smides- och gjutskrot, gjut- och stålspån, tackjärn samt egen återvinning samt olika legeringsämnen. Allt råmaterial köps enligt noggranna specifikationer avseende kemisk sammansättning och krav på renhet.

- *Råmaterialpriset är mindre intressant, det viktiga är komponentens slutkostnad. Sämre skrot kan vara billigt men kräver mer legeringsjustering, bildar mer slagg och kan öka kassationen vilket innebär att det i slutändan kan bli dyrt att handla billigt. (Intervjusvar)*

Även energianvändningen påverkas då det går åt mer tid i ugnen för legeringsjustering och smältakontroll. Legeringar som är enkla att gjuta och ger mindre kassation prioriteras då de gynnar alla parter och ger en låg miljöbelastning.

Exportregler, temporära handelshinder och geopolitiska beslut kan periodvis minska den inhemska skrottillgången vilket skapar en intern konkurrens. En ökad nationell brytning och utvinning av malm som i första hand erbjuds svensk industri skulle öka tillgången och sannolikt bidra till en mer hållbar materialförsörjning jämfört med motsvarande import från

länder med större miljöpåverkan och sämre arbetsvillkor vid brytningen. Satsningarna på fossilfritt stål [Hybrit och H2 Green Steel], kan under en övergångsfas skapa en skrotbrist då man inledningsvis avser att basera tillverkningen på skrot i stället för järnsvamp.

Utmaningar

Vissa restprodukter klassas som ”farligt avfall” vilket ger begränsningar kring återvinning och alternativa användningsområden - här saknas ett systemperspektiv.

- *Infrastrukturen kring insamling och sortering av metall skulle kunna utvecklas och omfatta fler fraktioner vilket skulle minska behovet av legeringsjustering vid omsmältning samtidigt som rena fraktioner blir mera attraktiva och ger ekonomiska incitament för ökad sortering medan blandskrot är relativt oattraktivt och måste säljas till förhållandevis lågt pris. (Intervjusvar)*
- *Avfallsregelverk och dess implementering och tolkning i Sverige kan leda till problem både för restprodukter som klassas som avfall och för restprodukter som klassas som biprodukter. (Intervjusvar)*

FoU-frågor

- Teknik för framställning av segjärn från skrotråvara av varierande kvalitet, alternativt införa ADI-järn
- Använda slag som idag går till ”landfill” på deponier som råvara inom till exempel betongindustrin
- Utvinna metall ur exempelvis slipmull och stoft från slipning (brikettering och omsmältning).

5.3.3 Aluminiumlegeringar

Aluminium är en av jordens vanligast förekommande metaller. Ungefär 8% av jordskorpan består av aluminium i form av olika mineraler. Bauxit är det mineral som oftast används som utgångsmaterial för tillverkning av aluminium. Genom Bayerprocessen vidareförädlas bauxit till aluminiumoxid. Genom smältelektrolys förädlas aluminiumoxid till ren aluminium i metallisk form. Det går åt ca 13 kWh för att framställa 1 kg aluminium genom smältelektrolys. Vid omsmältning krävs ca 5% av denna energi, vilket gör återvunnet aluminium till ett energieffektivt material. Ca 75% av den aluminium som en gång framställts används fortfarande idag. Metall som framställs genom elektrolys kallas ofta primärmetall.

Ren aluminium vidareförädlas till halvfabrikat i form av valsad plåt, stängpressade profiler tråd eller gjutgods.

I de flesta tillämpningar legeras ren aluminium med andra metaller för specifika ändamål. Det kan till exempel vara att förhöja egenskaper som hållfasthet, duktilitet, korrosionsmotstånd, svetsbarhet eller gjutbarhet där ren aluminium inte klarar kraven. Strängpressade profiler tillverkas huvudsakligen av hårdbara legeringar där koppar, magnesium, kisel och zink är vanliga legeringsämnen. Valsad plåt tillverkas i både hårdbara och icke hårdbara legeringar där mangan, kisel och magnesium är vanliga legeringsämnen. När legeringsämnen tillsatts är det svårt att få bort dem. En del ämnen, såsom järn, kan efter omsmältning öka i halt för varje livscykel.

Vid tillverkning av halvfabrikat uppstår en viss mängd processskrot, det vill säga material som genomgår en tillverkningsprocess men som inte blir användbart för leverans.

Material som har genomgått en produkts livscykel kallas konsumentskrot (i EU-standarder post consumer scrap). Detta skrot samlas in vid återvinningsstationer, skrothandlare, och ibland levereras direkt till halvfabrikatstillverkare. Konsumentskrot kan vara sorterat per legering men är ofta osorterat. Vid insamling på återvinningsstationer betecknas det som "aluminium" eller "lättnmetall" varvid allt landar i samma behållare, ofta ihop med andra metaller som koppar och järn. I ett senare steg kan materialet fragmenteras och sorteras efter metall. Vid denna sortering är det utmanande att sortera på basmetall till 100% och ännu svårare att sortera efter legering. Resultat blir att aluminium blandas med andra metaller och det uppstår legeringar som inte kan användas direkt i tillverkning av halvfabrikat. I vissa fall kanske det kan användas till halvfabrikat efter inblandning av ren aluminium eller skrot av renare slag.

Konsumentskrot och processskrot (i EU-standarder pre consumer scrap) är också en eftertraktad handelsvara med ett stort antal definierade produkter. Det finns ett internationellt klassificeringssystem och det handlas på flera marknader.

Konsumentskrot används i begränsad utsträckning vid strängpressning eller valsning, även om det har ökat på senare år. Gjutna produkter med höga krav på duktilitet tillverkas i de flesta fall av legeringar baserade på primärmetall.

Fördelningen mellan andel primärmetall och andel skrot i en aluminiumprodukt är en viktig parameter vid beräkning av CO₂ belastning. Primärmetall beräknas med full CO₂ effekt medan skrot har ett betydligt lägre värde, baserat på energin som går åt för transport, omsmältning och tillverkning av nästa produkt. Det föregår en diskussion inom industrin hur process-skrot ska bedömas utifrån koldioxidperspektiv och för tillfället värderas det som primärmetall.

Källan för primärmetall har också stor betydelse. Primärmetall som tillverkats i Norden har en CO₂ utsläppsekvivalent på ca 4 kg CO₂/kg Al. Medelvärdet för primäraluminium tillverkad i Europa är ca 7 kg CO₂/kg Al. Motsvarande värde för primäraluminium från Kina är ca 17 kg CO₂/kg Al. Vissa leverantörer av aluminium har legeringar som håller samma kvalitet som primärmetall genom inblandning av väl sorterat EOU-skrot. På så vis erbjuder de en högkvalitetsprodukt som skulle kunna tillskrivas ett lägre koldioxidavtryck.

Efterfrågan på metall med lågt koldioxidavtryck sätter press på de värdekedjor som hanterar konsumentskrot. Det råder ökad efterfrågan och priset ökar med den.

Det finns en stor mängd standardiserade aluminiumlegeringar för profil, plåt och gjutgods. I standarden beskrivs kemisk komposition och mekaniska egenskaper som E-modul, hållfasthet och förlängningsvärden. För profil och plåt är de allra flesta (om inte alla) baserade på primärmetall. För gjutgods finns standarder för både primär- och skrotbaserade legeringar.

FoU-frågor inom aluminium

Fordonsindustrin ställer allt större krav på en ökad andel recirkulerat material i aluminiumprodukter, såväl gjutna produkter som valsade och extruderade. De vill ha mer recirkulerat vilket ger ett betydligt lägre miljöavtryck vid materialframställning. Samtidigt ökar efterfrågan på aluminiumkomponenter i bilar på grund av behov av att sänka vikten.

Därför bedöms följande FoI-insatser behövas:

- Tydligt kunna definiera gränserna för restelement i olika produkter för att bibehålla önskade egenskaper
- Legeringsutveckling för att kunna säkra produkttegenskaperna
- Skrotanalys och sortering.

5.3.4 Övriga metaller

Mässing

Den svenska mässingsindustrin består av många företag, de flesta små eller medelstora, längs värdekedjan från materialtillverkare till produkttillverkare och slutanvändare. Ett stort applikationsområde är VVS-produkter. Den totala omsättningen av mässingstillverkare och företag som tillverkar mässingskomponenter i Sverige uppskattas till cirka 6 000 MSEK per år, med tusentals anställda i branschen.

Nordic Brass Gusum, den enda mässingstillverkaren i Norden, har en årlig produktion på cirka 30 000 ton. Verksamheten baseras till 90% på återvunnet material, varav 40-50% internt/externt skrot (fallande material från kunder som köps tillbaka enligt rullande avtal). Resterande (ca 40% i det fall det krävs) köps upp som så kallad grovmässing på den öppna marknaden.

Mässing är en kopparbaserad legering med zink som huvudlegeringselement, normalt med 55-75 viktprocent koppar. De flesta mässingslegeringar idag har en blyhalt på 2-4 viktprocent, för att förbättra bearbetbarheten och gjutbarheten.

Bly är dock erkänt som en allvarlig miljöförorening som ska fasas ut. Byggindustrin blir mer och mer intresserad av materialens ursprung. RoHS-direktivet medför att 0,1 % (dvs blyfritt material) även gäller i ett flertal större branscher såsom delar och komponenter till fordon och annan industri. Det nya dricksvattendirektivet är under implementering och adresserar bland annat urlakning av bly i dricksvatten. De lågblylegeringar som utvecklats i Sverige de senaste 10 åren verkar inte bli godkända enligt den modellen. [Europeiska rådet 2021]

Europa producerar idag ca 900 000 ton mässing med ca 500 000–600 000 ton mässing i flöde/cirkulering. Bland detta tonnage har idag ca 400 000–500 000 ton en hög blyhalt (1-2%). Tillgången på skrot som har en låg halt eller eventuellt är blyfri är mycket begränsad, vilket innebär behov av att använda jungfruligt material vid tillverkning av blyfri mässing. Detta innebär en betydligt större miljöpåverkan kopplad till produktionen av jungfruligt koppar och zink (klimatavtrycket från en komponent är ca 6–11 ggr högre om man använder jungfruligt material i stället för återvunnen mässing) och betydligt dyrare produkter (priset på jungfruligt koppar har ökat kraftigt under senare tid).

För att kraftigt minska blyhalten i produkter kommer det att behövas omfattande FoI-insatser i Sverige, som inkluderar hela värdekedjan med ett helhetsperspektiv.

FoU-frågor inom mässing

För att lyckas med omställningen utifrån det ovanstående perspektivet bedöms följande FoI-insatser behövas:

- Övergripande systemanalys med hjälp av LCA/LCC samt baserat på detta skapa incitament och anpassa regelverket för att gynna helheten
- Utveckla metoder för spårbarhet och märkning av skrot för differentiering av blyhalter, detta med hjälp av digitalisering
- Utveckla processteknologi för att raffinera mässing och koppar från bly, som både är effektiva ur ett metallurgiskt perspektiv och samtidigt energieffektiva, samt där eventuella tillsatser inte ger andra negativa bieffekter
- Utveckling av nya mässingslegeringar med hänsyn till det nya vattendirektivet och andra skärpta krav. Det kan till exempel ske genom modifiering av befintliga standardiserade legeringar
- Urlakning och blyhalt i material behöver inte gå hand i hand. Urlakningsnivån beror på korrosion och flera andra parametrar. Det behövs mer forskning för en djupare förståelse om vad som händer med blyet och hur blyhalten kopplas till urlakning i olika legeringar, samt testmetodutveckling/testbäddsutveckling för urlakningsprov kopplade till dricksvattendirektivet.

Kritiska metaller enligt EU 2021

EU har listat 30 mineral och metaller som bedöms som kritiska för vårt samhälle och för välfärden. De kritiska råvarorna väljs ut efter två viktiga kriterier: ekonomisk betydelse och tillgångsrisk. Man pekar på fyra områden av avgörande betydelse:

- robusta värdekedjor för EUs industri
- minskat beroende av primära råvaror genom stärkt cirkulär ekonomi
- ökad produktion och bearbetning av råvaror inom EU
- diversifierad försörjning genom hållbar internationell handel.

De råvaror som EU bedömde som kritiska 2021 visas i nedanstående tabell:

Tabell 1. Kritiska råvaror enligt EU kommissionen 2020.

antimon	baryt	bauxit	beryllium	borater
fluspat	fosfatmineral	fosfor	gallium	germanium
grafit	hafnium	indium	lätta sällsynta jordartsmetaller (LREE)	tunga sällsynta jordartsmetaller (HREE)
kisel	kobolt	koks	litium	magnesium
naturgummi	niob	platinagruppens metaller (PGE)	skandium	strontium
tantal	titan	vanadin	vismut	volfram

Listan på kritiska råvaror och metaller uppdateras kontinuerligt, och 2020 lades ytterligare fyra metaller/bergarter till: bauxit, litium, titan och strontium. Förutom kritiska råvaror har EU definierat vissa konfliktmineral, medan Tillväxtanalys och SGU har listat mineral kritiska för Sverige, se färgmarkeringar nedan.

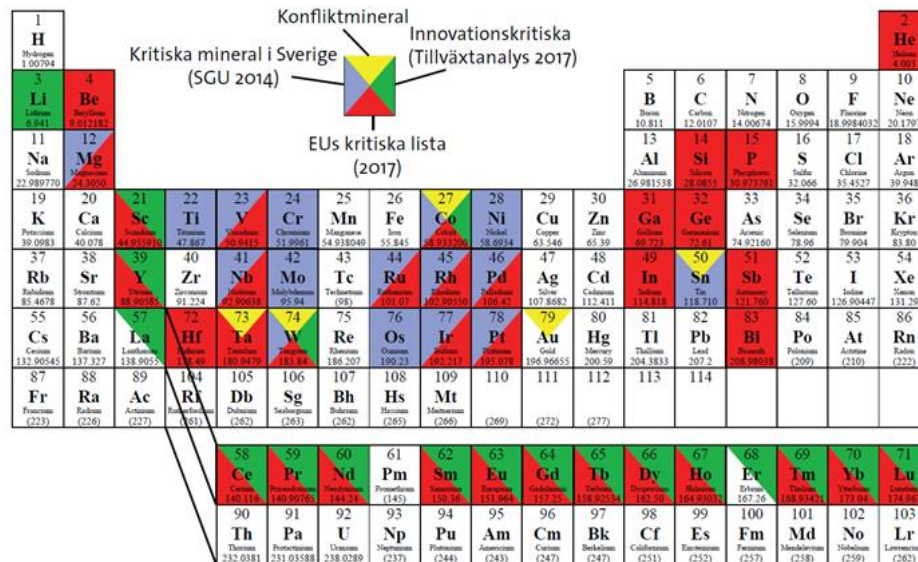


Bild 3. Ett periodiskt system som visar vilka metaller och andra grundämnen som enligt olika definitioner listats som kritiska. De röda är från EU:s lista 2017 och sedan dess har i 2020 års revision helium (He) tagits bort, medan litium (Li), titan (Ti) och strontium (Sr) tillkommit. [SGU 311-2379/2016]

I Europa konsumerar vi ungefär en fjärdedel av världens innovationskritiska råvaror, men producerar endast tre procent. Vi är alltså starkt beroende av import. De länder som levererar främst till Europa visas i kartan nedan. [European Commission, 2020]

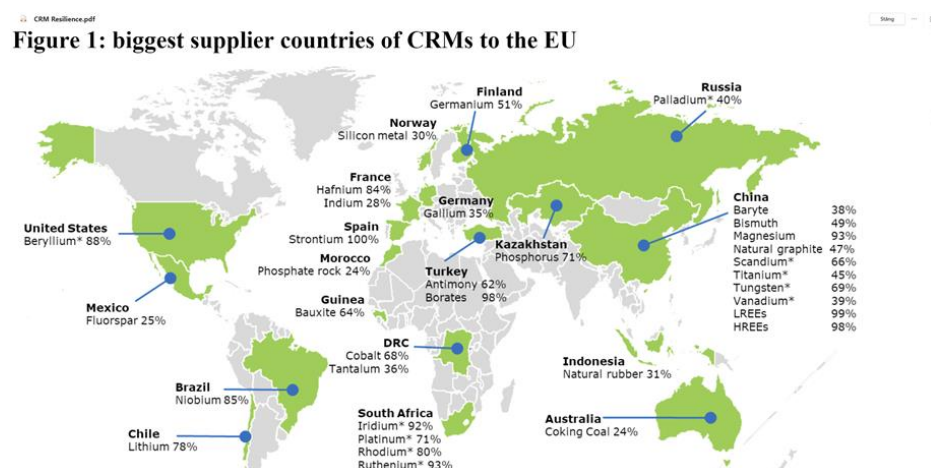


Bild 4. De största leverantörländerna till EU av de råmaterial som av EU bedöms som kritiska ur försörjningssynpunkt [European Commission, 2020].

Det finns tydliga globala trender och tendenser som visar att behoven och efterfrågan på de kritiska råvarorna kommer att öka drastiskt framöver. Mycket pekar på att de nya

energiteknikerna inom solceller, elnät och biobränsle kommer att kräva stora mängder av till exempel sällsynta jordartsmetaller, kobolt (Co) och rutenium (Ru). För att kunna tillverka så kallade permanenta magneter, som används framför allt till vindkraftverk och elektriska fordon, behövs neodymium (Nd), dysprosium (Dy) och praseodymium (Pr) – alla tre är exempel på sällsynta jordartsmetaller. Behovet av dessa beräknas öka med ungefär 250 procent under perioden 2020–2030. Flera av de sällsynta jordartsmetallerna behövs också för produktion av elfordon; det går åt 1–2 kg mer per bil än vid produktion av konventionella bilar. Att efterfrågan ökar syns också på prisutvecklingen. 2017 såldes det cirka 4 miljoner elfordon globalt. År 2030 kommer försäljningen att, enligt prognoserna, vara uppe i 50 miljoner fordon per år. Den här ökningen innebär att betydligt större mängder av sällsynta jordartsmetaller behöver utvinna för att kunna få fram tillräckligt med bland annat neodymium och praseodymium. Samma trend gäller även för litium och kobolt.

Ädelmetaller (som platina och iridium) används till exempel som elektrodbeläggning i elektrokemisk tillverkning av vätgas (vilket allmänt anses vara en nyckel för den gröna omställningen). Det finns flera vätgasteknologier och för den hittills förhärskande, alkalisk elektrolys, används i stället rhodium vilket inte är en lika sällsynt metall som platina och iridium. Men den under uppskalning så kallade PEM-tekniken, som möjliggör bättre energieffektivitet och högre processintensitet, är beroende av platina och iridium till den grad att det sannolikt utgör ett reellt hinder för bred användning. [Ny Teknik 2021-06-24] Dessa typer av metaller handlas idag på en global marknad och även om värdet av metallerna är högt finns det idag inte en etablerad återvinning ifrån alla de växande applikationerna.

Det finns en betydande mängd fyndigheter av kritiska råvaror inom EU, bland annat i Sverige där vi har kända fyndigheter av bland annat antimon, flusspat, fosfatmineral, grafit, kobolt, PGE, REE, och volfram.

Magnesium

Huvudsakliga användningsområden är i applikationer där låg vikt kan motivera ett något högre pris jämfört med till exempel aluminium. Fordonsindustrins strävan efter ökad räckvidd vid eldrift förväntas leda till ökad efterfrågan. Ett annat användningsområde är för avsvavling inom stålindustrin. De huvudsakliga fyndigheter som magnesium utvinns från är magnesit, dolomit, evaporitavsättningar och havsvatten. Kina hade år 2019 den största brytningen av magnesium, ca 90 procent av världsmarknaden.

Tillgången på magnesium, genom utvinning ur bland annat havsvatten och dolomit, är i princip outtömlig och i Sverige finns stora fyndigheter av bland annat dolomit kring Sala. Framtagningsprocessen baseras på två helt olika metoder: elektrolys eller termisk reduktion genom Pidgeon-processen. Elektrolys stod fram till 2000-talet för cirka 75 procent av världsproduktionen. Sedan dess har Kina och Pidgeon-processen, med stöd av billig arbetskraft och kolkraft, helt tagit över marknaden de senaste 20 åren. Pidgeon-processen präglas av enkelhet och hög kvalitet hos metallen, men också ett stort energibehov, ca 50 kWh/kg Mg, och hög klimatpåverkan, drygt 40 kg CO₂-ekvivalenter per kg Mg.

Vid elektrolys uppgår energibehovet till mellan 12–18 kWh per kilo magnesium. Detta har orsakat magnesiumbrist det senaste året när kinesiska företag, som numera har gått över till eldrift, har drabbats av elavbrott. Medan primärframställningen är mycket energiintensiv är

omsmältning relativt energisnål och kräver endast ca 5 % av behovet för primärframställning. Hållfastheten hos magnesium sänks tydligt vid temperaturer över 100 grader vilket delvis kan kompenseras genom tillsats av sällsynta jordartsmetaller. Återvinningen av magnesium är dock ännu inte lika utbyggd eller lika enkel som för aluminium.

Zink

Det största användningsområdet för zink i Sverige är inom ytbehandling, antingen för korrosionsskydd eller för dekorativ ytbehandling. Gjutna komponenter i zink används främst inom bilindustrin, exempelvis i handtag och säkerhetsdetaljer då zink dels uppvisar gott motstånd mot abrasiv nötning och har bra slagseghet. Efterfrågan på zink ökar i takt med att fordonsflottan elektrifieras och fordonen får mer elektronisk utrustning. I Sverige bryts årligen ca 250 000 ton zink fördelat på 6 gruvor medan återvinningen uppgår till ca 30 000 ton. Enligt International Zink Organisation är ca 60 % av all zink som framställts fortfarande i omlopp i samhället. Återvinningsgraden för zinkskrot är inom EU knappt 60 %. Priset på zink har varit relativt stabilt under de senaste 10 åren och tillgången bedöms som god.

Volfram har en för Sverige speciell roll pga. dess användning till hårdmetaller och specialstål. ”Volfram förekommer inte i ren form i naturen. De ekonomiskt mest viktiga volfram-mineralen är scheelit och volframit. I Sverige har scheelit brutits bland annat i gruvan i Yxsjöberg. Gruvan ingår idag i ett EU-projekt där utvinningsmetoder av metaller ur gammalt gruvavfall ska undersökas. Världsproduktion av ren volfram uppgick 2013 upp till 71 000 ton. Kina dominerar med 80 procent av den globala produktionen. Österrike hamnar på en femte plats med 800 ton och en reserv på 10 000 ton. Sandvik äger Felbertalgruvan i Österrike vilket säkerställer en säker och kostnadseffektiv tillgång till volfram för sin stålproduktion.” [Tillväxtanalys 2017]

Titan

Titan används inte endast för sina mekaniska egenskaper utan även för sin korrosionsbeständighet. När processintensiteten i kemisk process- och elektrokemisk industri ökar, ökar behovet av tillgänglighet på titan. Det titan som inköps till svensk industri handlas på den globala marknaden.

Titan finns i ett flertal kvaliteter och legeringar, där en del av de mer korrosionsbeständiga titanlegeringarna har ett väsentligt annorlunda värde än de ”enklare” kvalitéerna som är mer allmänt använda. Detta utgör, i likhet med andra legeringar, en komplexitet för försörjning och för återvinning, där blandning av titanlegeringar kan utgöra problem för omarbetning. Det finns ganska många nischapplikationer för titan där avfallshanteringen inte är ordnad. För de större applikationerna, som processindustrin, finns dock oftast god materialuppsamling för återvinning från såväl produktion som efter användning. Ett komplicerande faktum är att det används ett flertal titanlegeringar, medan skrothantering oftast bara omfattar ”titanskrot”. Det innebär att de mer avancerade titanlegeringarna kommer att nedklassas signifikant, trots att de i inköpsledet kan skilja flera multiplar i kostnad.

FoU-frågor identifierade inom generell legeringsutveckling och metallframställning:

- Materialoptimering utifrån tillämpning – kostnadseffektivitet och hållbarhet
- Legeringsfilosofi – ”Rena” materialströmmar
- Helhetsperspektiv cirkularitet - nyproduktion
- Att tydligt kunna definiera gränserna för restelement i olika produkter för att bibehålla egenskaperna
- Legeringsutveckling för att kunna hantera restelement och egenskapsoptimering, t. ex. blyfri mässing
- Materialutveckling med ersättningslegeringar
- Tillverkningsmetoder för minskad CO₂-utsläpp och elförbrukning, inkl. användning av grön el och alternativa energikällor
- Recirkulering av värdefulla legeringar
- Ökad användning av skrotbaserat material - risk för skrotbrist och problem att hitta tillräckligt rent material
 - Sortering av skrot – metoder, analys och sensorer för detta
 - Import av skrot: klassning och lagar.

5.4 Produktutveckling och tillverkning av komponenter och produkter i metall

För företag som tillverkar elektrokemiska komponenter och processutrustning är tillgången på till exempel nickel, titan och ädelmetaller viktig och helt försörjd från en global marknad. Dessa bolag uttrycker att det finns en risk för deras tillväxt om inte försörjningen fungerar och att det därigenom finns risker för deras produkters förmåga att stötta den gröna omställningen.

Svensk industri har ett utökat behov av spårbarhet för att garantera hållbarhet i sina val av material. Det har visat sig lättare att utreda risker för hälsa och sociala rättigheter än för CO₂-avtryck igenom hela värdekedjan. En viktig orsak till denna skillnad i förståelse av hållbarhetsrisker är att det finns utvecklade system för rapportering och övervakning av risker med avseende på farliga kemikalier och material och vissa sociala rättigheter, inte minst användningen konfliktmineral. Användningen av farliga kemikalier och material rapporteras i International Material Data System (IMDS) utvecklat av varumärkesföretag [Tillväxtanalys, 2020].

I konstruktionsfasen för många produkter utgår konstruktören från krav på produkten och tillgängliga standardmaterial i marknaden. Det finns sällan tidsmässigt utrymme att söka efter miljömässigt bättre material. För yngre, mindre erfarna konstruktörer används oftast det material som rekommenderas av äldre kollegor.

Det vore en stor fördel för cirkulär omställning om det tas hänsyn till demontering och återvinning av enskilda metaller redan i konstruktionsfasen. Det kan ges uttryck i form av färre legeringar i samma konstruktion, fogning utan inblandning av fästelement (som kan bidra till ackumulering av spårämnen) och större integrerade substrukturer. Ökat fokus behövs också när det gäller konstruktion och tillverkningsmetoder för resurseffektivitet, till exempel

för att minska industrispillet. Konstruktionsmetodik och filosofi för detta måste utvecklas och spridas till skolor och industrier [Från Spill till guld, 2014].

Vidare måste det finnas säljsupport som kan bistå konstruktörer och vidareförädlare parter med information om materialet. Det är en förutsättning för att få in miljövänligare legeringar i nya produkter.

För att använda mera miljöriktiga material fodras en hållbar tillgång på skrot. Därtill behövs standardiserade legeringar för olika halvfabrikat, med stort innehåll av skrot och med information om till exempel mekaniska egenskaper. Materialet måste vara långsiktigt tillgängligt hos leverantörer och ha förutsägbara priser och leveransvillkor.

Aluminiumindustrin upplever idag ett stort problem på grund av bristen på skrot av önskad kvalitet.

Att ha mer recirkulerat material innebär stora utmaningar för komponenttillverkare, till exempel av valsade och extruderade produkter av aluminium. Flera utmaningar kopplar till ytbehandling och korrosion av material med högre andel restelement, men även formnings- och fogningsprocesser kan påverkas.

Skrotintensiva legeringar av flera metaller kan ha andra egenskaper som påverkar formbarhet, möjlighet att bearbeta mekaniskt och att föga mot liknande och andra material. Dessa frågor måste klargöras.

FoU-Frågor

- Konstruktionsguidelines som hanterar återvunna materialströmmar
 - Utnyttja materialen bättre, andra egenskaper hos återvunna material – vad krävs för konstruktion, nya tillämpningar.
 - Bättre konstruktionsguidelines för metalliska material.
 - Välja rätt tillverkningsmetod – exempelvis är det lättare att gjuta återvunnen aluminium än att forma.
- Design/konstruktion som driver utvecklingen av hållbara/tillgängliga material
 - Metoder att kunna optimera materialvalet. Normalt vill man konstruera lättare och med högre prestanda. Design med rätt material på rätt plats.
 - Underlätta för konstruktörer att välja rätt – standardiserad miljöklassning som ingår i CAD-program.
- Design för återtillverkning och återvinning
 - Metoder/standards för märkning av material inför återanvändning
 - Inverkan av tillverkningsaspekter, såsom maskning med Cu, på slutlig komponent och återvinningsbarhet. Även hårdlödning med Cu, stål mot stål samt alternativa fogningsmetoder.
 - Design för återtillverkning, rekonditionering och disassembly. Metoder att kontrollera kondition/tillstånd på produkter inför ovanstående.

5.5 Cirkulära flöden

Samhällets behov av metaller och mineraler förväntas växa kraftigt till år 2050. En ökad ambitionsnivå i klimatomställningen påverkar materialförsörjningen av metaller. Dels skapar en snabbare omställning till ett nollutsläppssamhälle en högre efterfrågan av metaller. Dels kräver ibland de nya klimativänligare teknologierna mer metall än de gamla teknologierna för att producera samma slutresultat.

Även om återvinningen skulle öka till 100 procent år 2050 så minskar detta bara behovet av primära råvaror med 15–30 procent enligt en rapport från Svemin, på grund av den ökade efterfrågan [Svemin 2021]. Det betyder att cirkulära flöden är avgörande tillsammans med hållbar framställning av primära metaller för att uppnå en hållbar materialförsörjning. Det är inte antingen eller, utan båda vägarna behövs.

Inspel från branschrepresentanter (intervjuerna)

Svensk industri och företag agerar på en global marknad, där hållbarhet är en av våra viktigaste konkurrensfördelar. Att Sverige är ledande i de vätgasbaserade satsningarna och fossilfri primärframställning är lovvärt. Konkurrenskraften vässas genom att stärka fler aspekter mot en hållbar materialförsörjning. Flera av intervjusvaren menar att konkurrenskraften också måste vässas på skrotsidan när exempelvis Kina investerar i allt fler ljusbågsugnar, genom att svenska/europeiska aktörer blir bäst på att sortera skrot.

Det är också avgörande att förstå hur den gröna omställningen sätter nya förutsättningar för metallindustrin, och hur ”grönt stål” förändrar tillgång och efterfrågan. Spännvidden är stor bland intervjusvaren kring hur den gröna omställningen påverkar materialtillgång, och vilka risker som finns på kort och lång sikt. Flera av intervjupersonerna identifierar behovet av scenarieanalys för att stärka sina insikter inom hur en förändrad materialförsörjning påverkar deras värdekedja, medan andra inte ser någon risk alls för sin materialförsörjning.

Fler intervjusvar vittnar om en väldigt detaljerad riskmedvetenhet på både kort och lång sikt. Riskerna är specifikt kopplade till en hållbar materialförsörjning som till exempel brist på skrot, innovationskritiska metaller, uteblivna ekonomiska incitament eller reglering som hindrar en omställning. Sällsynta jordartsmetaller kommer troligen att få en reglerad export från Kina, vilket betyder att vissa företag redan nu bedömer att de behöver framtidssäkra den försörjningen mer än de gjort hittills. Många talar om avsaknaden av harmonisering av lagar och direktiv samt att bristen på nationella och globala regler hotar återvinning och lönsamhet.

Den varierande synen på framtiden kring hållbar materialförsörjning avspeglas också i att målbilder mellan olika aktörer och industrier inte håller samma takt. Exempelvis finns ett tidsgap mellan företag som producerar produkter och råvaruproducenterna gällande klimatneutralitet; råvaruproducenterna håller inte samma takt som producerande företag. Det finns också en stor spännvidd i systematiken kring hållbarhetsarbetet bland aktörerna gällande metaller, här finns en potential att stärka kunskapen och utveckla gemensamma definitioner, samarbeten och färdplaner generellt.

Fler av intervjusvaren pekar på behovet av jämförbara klimatdata. Företagen med högt ställda klimatambitioner inom elektronik, bygg, och fastighet behöver jämförbara data för att kunna vara dragande i omställningen. Jämförbara klimatdata på produktnivå kommer också att vara

avgörande för svensk stålindustri för att hävda sin position och kunna växla upp sin produktion med klimatvänligare energimix jämfört med exempelvis de kinesiska konkurrenterna. Det kommer att dröja innan det fossilfria stålet är dominerande och har fasat ut den masugnsbaserade processen; svensk stålindustris masugnar kommer potentiellt att finnas kvar ända fram till 2030.

FoU-Frågor

- Långsiktiga perspektivet – stora metallbehov, men hur ser framtiden ut? Vilka risker finns, hur ser strömmarna ut? Scenariomodellering behövs
- Kartläggning av helhetsbilden: den totala materialflödesbilden, återvinning relaterat till nyproduktion
- Affärsmodellsutveckling och industriell symbios mot nya affärer och leverantörskedjor
- Styrmedel, politiska mål som möjliggör och skapar förutsättningar för cirkulära flöden
- Optimera nationella flöden, utvecklingar och investeringar i relation till globala strukturer
- Ändrar den pågående klimatomställningen förutsättningarna för metallindustrin? Till exempel gällande legeringshalter i skrot
- Hur agerar man som liten respektive stor aktör? Logistik – förutsättningar för att lokalt nyttja och säkra – transportminimera/optimera (CO₂, kostnad...)
- Hur kommer spårbarhet in i sammanhanget? Lära tvärs branscher: Byggsektorn – standard för kvalitet. Fordonsindustrin – spårbarhet hos material viktigt.

5.5.1 *Insamling och sortering för återvinning*

Vi har ett etablerat insamlingssystem i Sverige idag, men det fungerar högst olika för olika metaller. Återvinningsgraden skiljer sig åt för olika metaller, till exempel återvinns järn till 80 procent medan litium inte återvinns i någon större omfattning. Vidare skiljer det i förmåga att faktiskt återvinna då inte alla metaller processas i Sverige. [Metall Supply -22]

Insamlingen från konsumentledet är nästan, med undantag för pantreturburkar, sådan att majoriteten av insamlad metall hamnar som osorterad metall. I FTI:s system och på återvinningsstationer sorteras förpackningar enbart som metall. Uttjänta produkter blandas då utan vidare sortering med avseende på typ av halvfabrikat eller legering. Materialet riskerar att bli degraderat då upparbetningen av det insamlade skrotet förlitar sig på defragmentering och efterföljande grovsortering (där främst stål och andra legeringar skiljs åt) med efterföljande finsortering. Att få riktigt höga utbyten och renheter blir då svårt, varför användningen av insamlat material kan tvingas gå mot enklare applikationer, såsom armeringsjärn. Skrotvärdet i monetära termer blir då ofta förlorat eller minimalt.

Skrot från industrin sorteras ibland i fler fraktioner, såsom järn, stål, koppar, rostfritt, lättmetall eller aluminium – men inte alltid. En del återvinningsföretag finsorterar i fler fraktioner, till exempel i samarbete med tillverkningsföretag såsom plåtformare, vilka har

kontroll på sitt fallande skrot. I sammanhang där sortering på legeringsnivå sker kan skrot med hög renhet betinga ett högt pris, i vissa fall nästan i paritet med priset för primärmetall.

Innovationskritiska metaller, ädelmetaller, sällsynta jordartsmetaller (REE), litium med flera metaller, är essentiella för den gröna omställningens applikationer i till exempel batterier, vindkraftsturbiner och vätgastillverkning. Det är dyra metaller, ofta dåligt tillgängliga för utvinning inom Sverige/EU och saknar i många fall etablerade eller effektiva återvinningssystem. Dagens system fångar inte upp dem effektivt och de hamnar i stället ofta inlösta i andra metallströmmar eller på deponi och ibland i avfallsströmmar från vilka de inte kan återföras (såsom skrot som säljs till andra länder).

Inspel från branschrepresentanter (intervjuerna)

Flera av det tillverkande företagen vi intervjuat efterfrågar en bättre sortering för ökad hållbar materialtillgång.

- *Vid återköp upplever vi att aktörer i värdekedjan sorterar skrotet i för breda kategorier vilket medför en "nedgradering". Det återvunna materialet borde delas i fler kategorier vilket skulle gynna även andra aktörer som då kunde få tillgång till material som vi egentligen inte vill ha. (Intervjusvar)*

Som tänkbara lösningar pekar många på att sortering ska ske redan vid insamlingen vid skrotgårdar och återvinningscentraler. För att underlätta sortering kan förbättrad märkning av komponenter vara en väg framåt, till exempel att alla aluminiumkomponenter märks synligt med vilken legering de består av. Flera av intervjusvaren vittar om ett önskemål om ökad kontroll av renhet.

Det finns ett tydligt behov att utveckla affärsmodeller (partnerskap) anpassade för cirkulära flöden för att kunna effektivisera återvinningen och säkra tillgång av material, exempelvis att låta återvunna komponenter gå direkt till omsmältning, vilket också skulle leda till färre och kortare transporter.

Andra behovsbilder berör handel mellan länder.

- *Export av skrot som kommer från södra Sverige måste styras om när flera stålverk ställer om från malmbaserad tillverkning till skrotbaserad tillverkning. Annars riskerar tillgången till skrot bli en framtida risk för en hållbar omställning. (Intervjusvar)*

Det är tydligt att återvinningssystemet inte är tillräckligt utvecklat för omställning till hållbar materialförsörjning. Flera av intervjusvaren pekar på behov av att utveckla metoder för att hantera oönskade ämnen i skrotet för att minimera behovet av inblandning av ny jungfrulig råvara. Samt att utveckla återvinningssystem och tekniska lösningar, för metaller i stort och specifikt för innovationskritiska metaller.

- *Elektroniken som man köper idag kan vara billig så länge man ignorerar klimatvinsten med återvinning, exempelvis i en telefon återvinns väldigt få metaller. Många innovationskritiska metaller går förlorade, och det är en relevant frågeställning hur vi kan skapa ett värde och system för fler metaller. (Intervjusvar)*

Det finns en ineffektivitet i resurshanteringen, vilket skapar potential för ökad industriell och urban symbios. Ett exempel är framställning av dricksvatten, där fällningskemikalier såsom aluminium och järnsalter behövs, för vilkas framställning råvarorna idag inte fullt kan

försörjas nationellt. Samtidigt kan avfall från metallindustrin användas för tillverkningen av dessa fällningskemikalier. För att nå detta krävs forskning som utvecklar tekniskt resilienta lösningar som möter de höga kvalitetskraven för vattenrening.

En annan utmaning i återvinningssystemet är handel över gränser. Det finns begränsningar, där vissa länder kan klassa dessa material som farligt avfall och i andra fall kan tullar, skatter, brist på information om skrotet och andra regler försvåra återföringen av uttjänta produkter/material.

Slutligen finns möjligheter att utveckla återvinningssystemet (i Sverige/Europa) och därigenom öka tillgång av hållbara metaller och minska beroendet av import från länder och regioner med instabila politiska styren eller brist på rättvisa arbetsvillkor.

FoU-Frågor

- Förbättrade sorterings och separationsprocesser
- Sorteringsklasser, effekter från olika finhetsklasser avseende legeringshalt
- Märkning som bidrar till snabb och säker sortering
- Tekniska utmaningar med återvinning
- Utveckla/utreda processer för att separera - avskilja föroreningselement tex koppar. Undersöka kostnader, tekniska utmaningar, energibehov, hållbarhet.
- Koppar: mekaniskt inblandat och lösa bitar
- Process för att avlägsna järn, kisel, magnesium och andra legeringsämnen och spårämnen från återvunnet aluminium.
- Design för återtillverkning och återvinning
- Affärsmodellutveckling och industriell symbios mot nya affärer och leverantörskedjor.

5.5.2 *Insamling och sortering för återtillverkning*

Idag finns inget utvecklat system för insamling, sortering, lagring av komponenter eller produkter för varken återtillverkning eller återanvändning. Det finns heller inga nationella mål eller styrmedel.

Inom vissa industrier har affärsmodeller utvecklats med fokus på återanvändning och återtillverkning, till exempel inom elektronik och till viss del inom fordon samt konsumentprodukter såsom skidhjälm, barnvagnar med mera. Inom elektronik är det högvärdiga produkter, exempelvis telefoner som med enklare ingrepp kan uppgraderas, som driver utvecklingen av marknaden. Inom fordonsindustrin finns etablerade affärsmodeller inom värdekedjan för reparation som kan tillvarata komponenter för återtillverkning, och denna affär beräknas öka kraftigt de närmast åren. Flera relevanta forskningsprojekt har nyligen initierats för att, exempelvis, se hur stålbalkar inom byggsektorn kan återanvändas eller hur komplexa gjutna komponenter med bibehållet högt förädlingsvärde kan återtillverkas i många cykler genom pågjutning av nya funktionsskikt. [Hållbart Samhällsbyggande 2021, Återtillverkning av gjutgods, RISE 2020, SE:Kond2Life, RISE 2019]

Inspel från branschrepresentanter (intervjuerna)

Återanvändning och återtillverkning är en outnyttjad potential utifrån ett klimat- och försörjningsperspektiv. Det vore en stor fördel om återanvändning och återtillverkning finns

med som kriterier redan i konstruktionsfasen. Genom återtillverkning kan livslängden och nyttjandegraden av komponenter i en produkt öka, med mindre materialåtgång samt klimatpåverkan som följd.

Flera av intervjusvaren pekar på behovet av nya lösningar och samarbeten inom värdekedjor, nya standarder, utvecklade metoder för att kontrollera kondition och gemensamma sätt att beräkna klimatavtryck. Idag finns det många kunskapsluckor, exempelvis om hur byggsektorn kan återbruka konstruktioner. Det kräver också ekonomiska incitament att lagra, sortera samt återtillverka och motivera leverantörer att öka användningen av recirkulerat material.

FoU-Frågor

- Märkning som bidrar till snabb och säker sortering
- Affärsmodellsutveckling mot nya affärer och leverantörskedjor
- Metoder för återtillverkning och återvinning
 - Metoder/standarder för märkning av material inför återanvändning/återtillverkning
 - Metoder att kontrollera kondition/tillstånd på produkter inför ovanstående

5.6 Forskningsområden och önskade effekter

Forskningsområden

- **Materialutvinning**
 - Analys av helhetsbilden cirkulärt relativt effektiviserad nybrytning (ur gruvor, gruvavfall och hav)
 - Branschövergripande samarbeten
- **Material/legeringsutveckling samt metallframställning**
 - Materialoptimering utifrån tillämpning – kostnadseffektivitet och hållbarhet, med helhetsperspektiv
 - Legeringsutveckling för hela värdekedjan, t ex skärande verktyg och arbetsmaterialet: Skärbarhetsförbättrade material
 - Materialdesign för återvinning, som säkrar att metallen/komponenten kan omformas och återvinnas
 - Materialutveckling med ersättningslegeringar
 - Regleringar, prissättning och lagar som styr utvecklingen
 - Övergång till biokol, processutveckling
 - Legeringsfilosofi – ”Rena” materialströmmar
 - Tillverkning i global marknad – med tillbakaflöde av egna produkter/metaller från globala kunder
 - Med ökad kunskap om legeringar kan man återvinna mycket effektivare i egen produktion
 - Spårbarhet och sortering, standardiserade märkningar
- **Produktutveckling och produkttillverkning av komponenter/produkter i metall**
 - Konstruktionsguidelines som *hanterar* återvunna materialströmmar
 - Bättre konstruktionsguidelines för metalliska material.
 - Utnyttja materialen bättre, andra egenskaper hos återvunna material – vad krävs för konstruktion, nya tillämpningar
 - Välja rätt tillverkningsmetod – t ex lättare att gjuta återvunnen aluminium än att forma
 - Design/konstruktion som *driver* utvecklingen av hållbara/tillgängliga material
 - Metoder att optimera materialvalet för högre prestanda. Design för rätt material på rätt plats.
 - Underlätta för konstruktörer att välja rätt; standardiserad miljöklassning som ingår i CAD-program.
 - Design för återtillverkning och återvinning
 - Metoder/standarder för märkning av material inför återanvändning
 - Inverkan av tillverkningsaspekter, såsom fogningsmetoder
 - Konstruktion för demontering, återtillverkning och rekonditionering.
 - Standardiserade metoder att kontrollera kvalitet/tillstånd på produkter inför ovanstående processer.

- **Cirkulär omställning**

- Ändrar den gröna omställningen förutsättningarna för metallindustrin? T.ex. med avseende på värdet av förekomst av fosfor i skrot?
- Kartlägga helhetsbilden, den totala materialflödesbilden, återvinning relativt nyproduktion
- Långsiktiga perspektivet – ökat behov av metaller, men hur ser framtiden ut? Vilka risker finns, hur ser strömmarna ut? Scenariomodellering
- Hur agerar man som liten resp. stor aktör?
- Tekniska utmaningar med ökad återvinning
- **Insamling, sortering och efterbehandling**
- Utveckla/utreda processer för att separera föroreningselement, såsom koppar i stål eller bly i mässing. Undersöka kostnader, tekniska utmaningar, energibehov, miljöaspekter?
- Logistik för att ge förutsättningar för att lokalt nyttja och säkra, transportminimera och optimera med avseende på CO₂, kostnader och kvalitet med mera
- Hur kommer spårbarhet in i sammanhanget? Lära tvärs branscher
- Sorteringsklasser, effekter från olika finhetsklasser med avseende på legeringsinnehåll.

Önskade effekter från projekt som adresserar hållbar materialförsörjning

Utifrån de forskningsfrågor som identifierats och efterföljande analys, har projektet lett fram till följande önskade effekter från utlysningar som ska gynna hållbar materialförsörjning till industri och samhälle:

- Spårbarhet och tillbakakoppling mellan materialutveckling och effekter på användning/tillämpning och återbruk
- Standardiserade beräkningsmetoder för verifiering av material och komponenters miljöpåverkan och hållbarhet ur ett helhetsperspektiv
- Förbättrad design/tillverkning för en effektiv materialanvändning
- Ökad användning av återvunnet material och standardiserade legeringar med hög andel återvunnet material
- Förlängd livslängd på konstruktionsmaterial – innan de återvinns
- Ökad återvinning av uttjänta produkter och material
- Giftfria cirkulära flöden för mässing – utan att återvinna t.ex. bly
- God tillgång till ren järnråvara med låga halter av föroreningselement
- Minskad nedgradering av skrotflöden för att upprätthålla värdet
- Bättre metoder att sortera skrotet
- Hållbarhet med helhetsperspektiv: ökad cirkularitet med kontroll på konsekvenserna
- Större användning av affärsmodeller som t.ex. uthyrning av en funktion/ett material
- Tydligt mål och styrning, policyfrågor som driver på området
- Synliggjorda effektiva metoder som ger incitament: pant mm
- Förståelse för hur de nationella behoven och ramarna står i förhållande till omvärlden.

6 DISKUSSION, ANALYS, KOMMENTARER

Vad är utmaningen för hållbar industri när det gäller materialförsörjning?

Övergången till vätgasbaserad järnreduktion och stålframställning bidrar starkt till klimatmålen, men skapar också systemomställningar för bland annat avskiljning av föroreningselement och skrotförsörjning för det omgivande värdenätverket.

Skillnaden i mognadsgrad som noterats mellan olika sektorer när det gäller metallförsörjning kan bero på att olika branscher har olika hållbarhetsutmaningar och värdekedjor, där just metaller kan få olika prioritering. Men det kan också vara ett tecken på brist på omvärldsanalys och förståelse för vad klimatomställningen kommer att kräva i form av ökat materialbehov, samt att metaller är avgörande för framtida konkurrenskraft.

Materialföretag kan skapa värde genom att minska utsläppen från egen produktion och i hela värdekedjan. För specialkvalitetsprodukter, såsom de metaller som tillverkas i Sverige, finns en stor potential i att spåra vart produkterna tar vägen och återcirkulera dem.

Nya perspektiv på gruvdrift

Sverige, liksom många andra välfärdsländer, har ambitionen att inta en ledande position i fråga om förnyelsebar energiframställning och fossilfria transporter. En stor mängd internationella rapporter pekar därför på ett exponentiellt växande behov av sällsynta jordartsmetaller för tillverkning av exempelvis vindkraftverk, solceller, batterier och elmotorer. En konsekvens av denna omställning kan medföra att vi byter ett beroende mot ett annat: från fossilberoende till ökat metallberoende

EU:s beroende av kritiska råvaror tillgodoses i princip helt av import från länder där arbetsvillkoren vid brytning och förädling präglas av förhållanden som inte skulle accepteras i flertalet av de länder där råvarorna används. Detta exemplifierar den målkonflikt som ligger i omställningen till en grön ekonomi. Kan västvärldens framtida produkter anses hållbara när materialet de baseras på inte är det?

Det ligger också ett västerländskt (EU) dilemma i det faktum att vi samtidigt som vi importerar i princip 100 % av behovet av kritiska metaller, har tillgång till fyndigheter, i Sverige och övriga EU, som skulle kunna täcka vårt behov under årtionden framöver. Civilsamhällets generella motstånd mot öppning av nya fyndigheter och myndigheternas bristande förmåga att begränsa detta motstånd kommer att leda till stora utmaningar. Att hantera dessa intressekonflikter kommer att vara en viktig del i strategin för en framtida hållbar materialförsörjning. Det kan i nuläget konstateras att intressenter från gruv- och förädlingsindustrin anser att dagens tillståndsprocess är otydlig, tidskrävande, oförutsägbart och mycket kostsam.

Materialutveckling och materialtillverkning

Trots att helhetsbilden talar för att hållbar metallförsörjning är av global natur, har flera

möjligheter att på nationell nivå påverka materialförsörjningen på ett positivt sätt identifierats i detta projekt. Samverkan behövs kring forskning på effekter av bland annat förfinade skrotsorteringsnivåer, affärsmodeller och lokala/nationella delningskedjor. Dessutom har spårbarhet och koppling mellan materialutveckling och egenskaper, med ökad flexibilitet i insatsvarorna, visat sig vara tydliga forskningsspår.

Ekonomiska och skattemässiga fenomen

Utredningen har tydligt visat att det inom flera områden saknas ett systemperspektiv, t. ex. när aktuell lagstiftning kring vissa avfall förhindrar att en restprodukt blir en ingående råvara i en annan process.

Företagsinterna system för ekonomistyrning och produktkalkyler utgår oftast från ett linjärt produktperspektiv vilket i ett lönsamhetsperspektiv missgynnar en omställning till cirkulära materialflöden och mera hållbara affärsmodeller. Detta är under stark förändring, men cirkulära system som gynnar svensk materialförsörjning är ännu inte generellt etablerade.

Innovationssystemet

Vi har i Sverige ett ekosystem som stödjer innovation och som gör det lätt att uppfinna nya saker men ofta brister lösningen/produkten ur ett hållbarhetsperspektiv. Hur skall den återvinnas, hur skall affärsmodellen se ut, är den verkligen designad för återanvändning och återvinning? Vi måste bli bättre på att beakta hållbarhet och materialförsörjning redan i innovationsfasen, t.ex. genom att noggrant överväga produktens materialsammansättning och fogningsmetoder, men även om alla komplexa legeringsämnen verkligen är nödvändiga för materialets funktion. Går det att göra ett nytt stål av det valda materialet eller blir den komplexa legeringen obrukbar när den specifika produkten är uttjänt? Kan vi styra utvecklingen mot produkter som tillverkas av råmaterial där vi har en hållbar och god tillgång?

7 SLUTSATSER

Projektet har identifierat forskningsfrågor inom hela värdekedjan för metallindustrin och dess avnämare. Om projekt skapas inom flera av dessa områden kan de samlade effekterna leda till säkrare materialförsörjning, vilket i sin tur gynnar svensk industris insatser för att nå de globala klimatmålen.

8 REFERENSER

Dagens Nyheter 2022, DN Debatt. "Ett förbud mot export av metallskrot hotar miljön", publicerad 2022-01-18.

EIT RawMaterials 2018 Strategic Agenda 2018-22 of EIT RawMaterials

Energimyndigheten: [<https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/sveriges-energi--och-klimatmal/>].

European Commission, 2020 Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability Brussels, 3.9.2020 COM (2020) 474 final European Commission, 2020.

European Commission, 2020 "European Commission, Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study, European Commission, 2020

EU Regulation 2017/821 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2017 laying down supply chain due diligence obligations for Union importers of tin, tantalum and tungsten, their ores, and gold originating from conflict-affected and high-risk areas.

Europeiska Rådet 2021 Pressmeddelande Säkert och rent dricksvatten: rådet inför strikta kvalitetsnormer Pressmeddelanden och uttalanden - Consilium (europa.eu)

Forskningsöversikt om återvinning och återbruk av litiumjonbatterier, av Hans Eric Melin, Circular Energy Storage.

Fossilfria färdplaner Stål och Fordonsindustrin 2021
från fossilberoende till ökat metallberoende Färdplaner Fossilfritt Sverige.

Alicia Gauffin, 2015 Improved mapping of steel recycling from an industrial perspective, Stockholm: Doctoral thesis KTH Royal Institute of Technology, ISBN 978-91-7595-743-2, Alicia Gauffin, 2015.

Hansen, 2012 Evolving foundry strategies and alloy designs to counter the rare earth price explosion, Hansen, G.M et al., ASF Proceedings 2012, Paper 12-020, Am Foundry Society, Schamburg, Il, USA.

Hybrit <https://www.hybritdevelopment.se>

Hållbart samhällsbyggande Pilotprojekt vill börja sälja begagnade stålbalkar - Hållbart samhällsbyggande (hallbartsamhallsbyggande.se).

Jernkontoret 2021 <https://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/nytt-fran-jernkontoret/nyheter/2021/industriklivet-stottar-projektet-ferrosilva--dar-stalet-och-skogen-mots-igen/>

Metal Supply 2022Framtidens metallbehov och Sveriges roll - Metal Supply SE (metal-supply.se) [Metal Supply 2022](#).

Material Economics 2020. Preserving value in EU industrial materials - A value perspective on the use of steel, plastics, and aluminium. Copyright © 2020 Material Economics Sverige AB.

Naturvårdsverket, 2019. HÅLLBAR KONSUMTION OCH PRODUKTION INOM FU19 2019-01-10 Temaområde hållbar konsumtion och produktion - En arbetsrapport framtagen inom ramen för den fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålen 2019 NV-06350-18 Naturvårdsverket, 2019.

Ny Teknik 2021-06-24

Regeringen, 2021

Regeringen [Mål för miljö och klimat - Regeringen.se]

RISE, 2019 <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/sekond2life-ekosystem-for-ateranvandning-av-fordonskomponenter>

RISE, 2020 [Återtillverkning av gjutgods genom pågjutning - förstudie | RISE](#)

SGU 311-2379/2016 Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral, SGU 311-2379/2016

Svemin, 2021 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. Svemin, 2021.

Tillväxtanalys, 2017. Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen? Dnr: 2016/227 Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser.

Tillväxtanalys, 2020. PM_2020_17_Grön omställning av fordonsindustrins leverantörskedjor, Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser, Tillväxtanalys, 2020.

Telia <https://www.teliacompany.com/en/sustainability/environment/accelerating-the-circular-shift/>

Bilaga 1 Projektorganisation och medverkande

a) Lista på medverkande forskare och industrirepresentanter

Namn	Organisation
Boel Wadman	RISE IVF
Albin Stormvinter	RISE IVF
Eva Troell	RISE IVF
Conny Gustavsson	RISE SWecast
Christina Jönsson	RISE AB
Emma Enebog	RISE IVF
Annika Talus,	RISE KIMAB
Olivier Rod	RISE KIMAB
Lotta Sörlin	Jernkontoret
Gert Nilson	Jernkontoret
Åsa Claesson	RISE AB
Linus Brander	RISE AB
Kalle Pelin	RISE AB
Anders Gotte	RISE AB
Johan Björkvall	SWERIM
Peter Benson	P.G.Benson AB

b) Kort beskrivning av projektorganisationen

Projektledare var Boel Wadman, och projektkoordinator Lotta Sörlin. Alla intervjuer och projektmöten genomfördes digitalt. Alla författare har aktivt deltagit i rapportinnehållet och en mindre skrivargrupp som förutom projektledningen bestod av Conny Gustavsson, Emma Enebog och Eva Troell, ansvarade för den slutliga analysen och redigeringen, efter inspel från intervjupersoner som läst igenom ett rapportutkast.

Bilaga 2 Publikationer

a) Övrig dokumentation

Nr	Titel	Författare	Beskrivning
F1	Diarienummer: 2021-03290 Förstudie: Behov och utmaningar gällande materialförsörjning för en hållbar industri	Lotta Sörlin, Gert Nilson, SIP Metalliska Material	Ansökan till Vinnova
F2	Frågor till företag om materialförsörjning	Boel Wadman med flera	Frågor använda till intervjuerna

Bilaga 4 Beskrivning av programmet

Projektet Förstudie materialförsörjning är en del av det strategiska innovationsprogrammet

Metalliska material

Det strategiska innovationsprogrammet **Metalliska material** är ett samverkansprogram mellan Jernkontoret, Svenskt Aluminium och Gjuteriföreningen som delfinansieras av VINNOVA och löper under åren 2013–2026.

Programmets syftar till att förverkliga den strategiska innovationsagendan **Nationell samling kring metalliska material** vars långsiktiga vision är att svensk metallindustri ska vara ett centralt element i världens strävan att forma en bättre framtid. Det innebär att dess erbjudanden till kund måste ligga i den absoluta tekniska, ekonomiska och miljömässiga framkanten och utvecklas av drivna och engagerade människor. Samtidigt ska tillverkningsmetoderna ha ett så litet miljömässigt fotavtryck som det bara är möjligt.

Programmet stödjer insatser inom sju insatsområden för förnyelse, tillväxt och ökad konkurrenskraft:

1. Utveckla erbjudandet
2. Öppna värdekedjan
3. Öka materialutvecklingstakten
4. Öka flexibiliteten
5. Öka resurseffektiviteten
6. Minska miljöpåverkan
7. Öka kompetensen och attraktiviteten

Programmets insatser består förutom FoU-projekt som valts i öppna utlysningar, även av strategiska projekt och aktiviteter.

Programkontor, med ansvar för ledning och administration av programmet, är Jernkontoret.

Den svenska stålindustrins branschorganisation

Jernkontoret grundades 1747 och ägs sedan dess av de svenska stålföretagen. Jernkontoret företräder stålindustrin i frågor som berör handelspolitik, forskning och utbildning, standardisering, energi och miljö samt transportfrågor. Jernkontoret leder den gemensamma nordiska stålforskningen. Dessutom utarbetar Jernkontoret branschstatistik och bedriver bergshistorisk forskning.