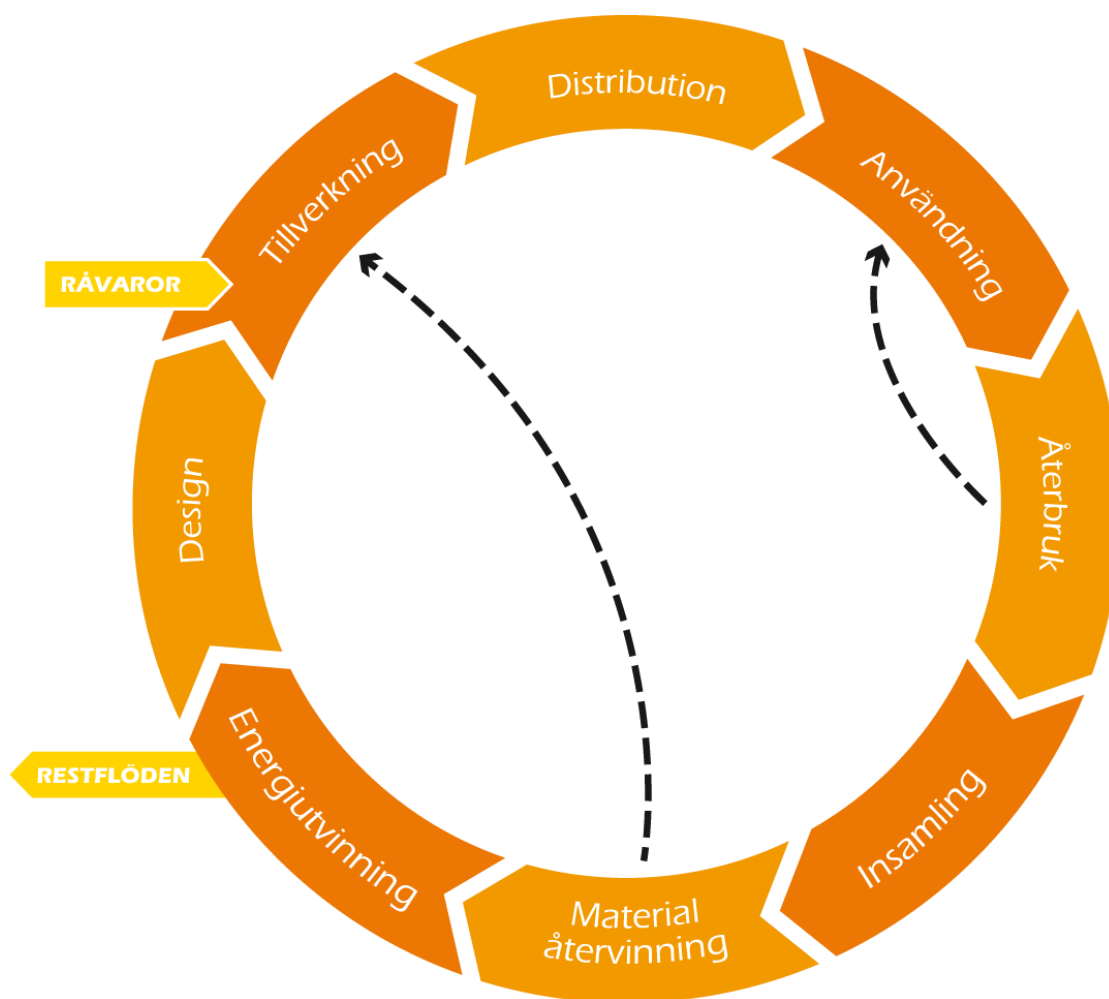




Ett resurseffektivt och cirkulärt Dalarna

- Metaller

Att förbruka mindre

Jordens befolkning lever långt över tillgängliga resurser. I Sverige förbrukar vi naturresurser som om vi hade fyra jordklot.

En ohållbar resursanvändning äventyrar framtida generationers möjlighet till ett gott liv och innebär en stor klimatpåverkan.



Eftersom mer än hälften av de totala växthusgasutsläppen beror på utvinning och bearbetning av resurser behövs ökat fokus på hållbar konsumtion med kraftigt minskat konsumtionsavtryck och en produktion som innebär en resursförbrukning inom planetens gränser.

För att jordens resurser ska räcka och för att minska klimat- och miljöpåverkan handlar det om att övergå till en resurseffektiv och cirkulär ekonomi. Det innebär att vi med bättre design, affärsmodeller, förbättrad teknik, styrmedel och medvetenhet samt återvinning och återanvändning, minskar behovet av primära råvaror i samhället.

Cirkulära värdekedjor

I en cirkulär ekonomi är målet att så långt möjligt inte generera något avfall alls. Återanvändning och återvinning ersätter behovet av primära råvaror. De restprodukter som uppstår i tillverkning av olika produkter ska inte betraktas som avfall, utan som en resurs. Den cirkulära ekonomin minskar samhällets resursanvändning och den miljöpåverkan som följer av denna.

Sverige är inte cirkulärt

Endast 3,4 % av resurserna som Sverige använder för att tillgodose sina behov är cirkulära.

Från avfall till resurs

Övergången till en mer cirkulär ekonomi kräver ny nomenklatur. De restströmmar som uppstår är resurser för användning i nya sammanhang, inte avfall. Avfallstrappan är fortsatt som princip viktig att utgå från, även om begreppet avfall inte är lika relevant i en cirkulär ekonomi. Enligt avfallshierarkin ska avfall alltid först och främst förebyggas.

Näringslivet i den cirkulära ekonomin

I en fungerande cirkulär ekonomi står företag för hållbara affärsmodeller med riktiga jobb och företag, utan det offentliga stödinsatser. De nya affärsmodellerna är mer lönsamma än de som är kvar i den linjära ekonomin.

Från produkt-affärsmodell till service-affärsmodell

Att leverera en tjänst, en lösning eller en viss funktion, i stället för att leverera en produkt är ett sätt att uppnå ökad resurseffektivitet.

Metaller

Produktionen av metaller och mineral har aldrig varit så stor som idag, både från gruvbrytning och återvinning. Samtidigt använder vi mer material än någonsin och efterfrågan på metaller ökar. Som exempel kommer det år 2040 finnas en 20-faldig ökning av efterfrågan på nickel och kobolt för att möta behoven i en alltmer elektrifierad värld. Den totala efterfrågan på koppar förväntas fördubblas från 2020 till 2050.

En cirkulär ekonomi behöver hållbara material som kan återvinnas och återanvändas flera gånger. Metaller kan återvinnas nästan i all oändlighet där stål är världens mest återvunna material. Metaller har viktiga egenskaper som gör dem oersättliga i många användningsområden. Utöver ansträngningar för att förhindra att metaller blir avfall i slutet av en produkts livslängd måste utvinning ske på ett hållbart sätt och inte på bekostnad av miljön i andra länder.

Cirkularitet är inte nytt inom gruv- och metallindustrin. Gruvindustrin har integrerat cirkulära principer på platsnivå i många år, dels för att minska de negativa effekterna av utvinning, dels för att det är affärsmässigt motiverat att minska avfall och att återvinna. För att bli riktigt cirkulär behövs förnyelse och nya samarbeten i hela värdekedjan. En viktig princip för att den cirkulära ekonomin ska fungera är att man betraktar avfallet som en resurs, vilket kräver att man har en god bild av vilka sekundära tillgångar som finns i samhället.

Olika typer av metaller

Metaller kan kategoriseras på olika sätt.

Basmetaller (eller bulkmetaller)

Begreppet basmetaller är en direktöversättning från engelskans "base metal" och syftar i denna förstudie på "arbetsmetaller" eller "vardagsmetaller" som är vanliga och som ofta används i industrin till skillnad från till exempel ädla metaller som guld och silver. Basmetaller utvinns ur malm, dvs mineraler och bergarter som innehåller så hög koncentration av ämnen att de är ekonomiskt lönsamma att utvinna. Exempel på metaller som vi avser i denna studie är järn, aluminium, tenn, koppar, bly, nickel och zink. Sverige har god tillgång till malm i världen.

Sällsynta jordartsmetaller, REE (även kallade innovationsmetaller)

I kategorin ingår 17 metaller där efterfrågan ökat kraftigt de senaste tjugo åren, främst för tillverkning av elektronik. På grund av den höga efterfrågan behövs det fler fyndigheter och ökad återvinning för att säkra försörjningen. Sällsynta jordartsmetaller används bland annat till magneter i elektriska motorer och generatorer, katalysatorer, batterier samt glas och keramik. Ingen produktion sker i dagsläget inom EU. Globalt sett är Kina den i särklass största producenten med 86 procent av världsproduktionen, följt av Australien (sex procent) och USA (två procent). Endast tre procent respektive åtta procent av behovet bedöms tillgodoses genom återvinning.

Kritiska råvaror

I kategorin ingår råvaror som Europa konsumerar men till stor del saknar egen produktion av. Europa konsumerar en fjärdedel av världens råvaror, men producerar endast cirka tre procent. En av de kritiska råvarorna är kobolt som har en stor ekonomisk betydelse, men ingen betydande produktion inom EU. De råvaror som EU bedömer som kritiska är: antimon, baryt, bauxit, beryllium, borater, flusspat, fosfatmineral, fosfor, gallium, germanium, grafit, hafnium, indium, sällsynta jordartsmetaller, kisel, kobolt, koks, litium, magnesium, naturgummi, niob, platinagruppens metaller, skandium, strontium, tantal, titan,

vanadin, vismut och volfram. Kina är den största producenten av kritiska råvaror, men det finns en betydande mängd fyndigheter av kritiska råvaror inom EU, bland annat i Sverige. I Sverige har vi kända fyndigheter av bland annat antimon, flusspat, fosfatmineral, grafit, kobolt, PGE, REE, och volfram. Potential anges finnas bland annat i Bergslagen.

Konfliktmineral

Dessa mineraler som omfattas av EU:s konfliktmineralförordning och utgörs av tenn, volfram (tungsten), tantal och guld (3TG). De används i modern elektronik som till exempel mobiltelefoner och datorer. Dessa mineral utvinns till viss del i konflikttrabbade områden (väpnade konflikter, bristfälliga mänskliga rättigheter och et cetera).

Miljöpåverkan från metallutvinning

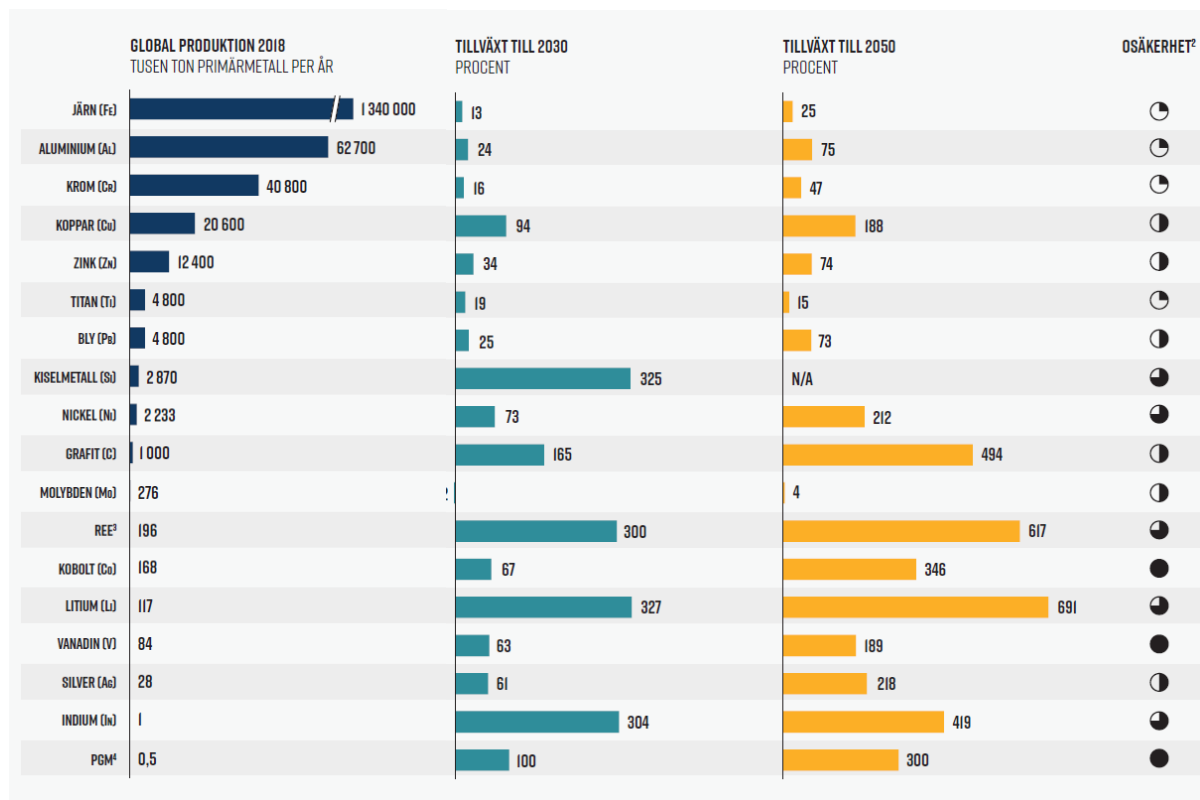
Metallutvinning har stor miljöpåverkan. Några globala generella exempel:

- Järnmalm och stålproduktion ger stora utsläpp av växthusgaser på grund av sina stora volymer.
- Aluminium framställs i energikrävande process av bauxit som innebär stora mängder gruvavfall.
- Kopparbrytningen kan ha betydande läckage av syra, bly och kvicksilver till grundvatten.
- Nickel utvinns från laterit i stora områden med hög biologisk mångfald som hotas.
- Grafitbrytningens kemiska reningsprocess som skapar stora miljöproblem och hög energianvändning.
- Litium utvinns med metoder som skapar vattenbrist och hälsofara.
- Kobolt utvinns småskaligt där barnarbete är vanligt.
- Sällsynta jordartsmetaller utvinns ofta som biprodukter till annan gruvbrytning ur gruvavfall som kan vara mer eller mindre kontrollerade ur miljösynpunkt.

Återvunna metaller har betydligt lägre miljö- och klimatpåverkan.

Framtida behov av metaller

Material Economics presenterar i rapporten ”Kritiska metaller för klimatomställningen” en beräkning av den förväntade ökade efterfrågan för utvalda metaller och mineraler till 2030 och 2050. Litium, sällsynta jordartsmetaller (REE), grafit, indium, kobolt bland de metaller och mineral med störst förväntad tillväxt till 2050. Koppar är den basmetall som förväntas växa mest. Många behövs för elektrifieringen av fordon, utbyggnation av solenergi och vindkraft samt för utbyggnation av elnätet. EU har en förhållandevis hög andel av den ökade efterfrågan som en följd av högre klimatambitioner än andra världsdelar.



*REE omfattar sällsynta jordartsmetaller, Rare Earth Elements

*PGM omfattar platinagruppens metaller.

Figur 1: Beräknad ökad efterfrågan på några utvalda metaller. Källa: Kritiska metaller för klimatomställningen, Material Economics.

Metallanvändning

Den främsta användningen av basmetaller är för bygg- och infrastruktur, fordon, elektriska apparater och maskiner. Sällsynta jordartsmetaller och andra innovationsmetaller används främst till batterier, katalysatorer, legeringar och elmotorer. I batterier och elektronik ingår många av sällsynta jordartsmetaller, kritiska metaller och konfliktmineral. En mobiltelefon kan idag innehålla omkring 70 olika grundämnen. I Sverige köper vi cirka 19 kg elektronik per person och år.

	Bygg & Infrastruktur	Fordon	Elektronik & Elapparater	Maskin & Mekanik	Övrigt
Stål	50 %	13 %	6 %	16 %	15 %
Aluminium	23 %	28 %	20 %	10 %	19 %
Koppar	45 %	12 %	31 %	12 %	0 %
Nickel	16 %	16 %	3 %	31 %	34 %

Figur 2: Användning av basmetaller fördelat på olika användare. Källa: Tillväxtanalys.

	Batterier	Keramik, glas, katalysatorer	Legeringar	Magneter & Elmotorer	Övrigt
Grafit	8 %		41 %		51 %
Kobolt	51 %		17 %	4 %	28 %
Sällsynts		10 %	20 %	22 %	48 %
Litium	46 %	26 %			28 %

Figur 3: Användning av innovationskritiska metaller fördelat på olika användare. Källa: Tillväxtanalys.

Lagstiftning, mål och styrdokument

Utvinning av mineral styrs främst av minerallagen och miljöbalken. Enligt EU:s elavfallsdirektiv ska medlemsländerna antingen samla in 65 procent av den genomsnittliga vikten av elektronik och elektriska apparater som sålts på marknaden under de tre föregående åren eller 85 procent av det elavfall som skapats i landet.

Värdekedjan

Råmaterial

Den svenska metallproducerande industrin, en av våra viktigaste basnäringar med en hög andel av vår export, tar till stor del råvarorna från den svenska berggrunden. Men den använder också i hög grad återvunna metaller där Sverige ligger i framkant.

Tabellen nedan visar användningen av olika metaller i Sverige, samt vår produktion och hur mycket som återvinns, baserat på internationell statistik.

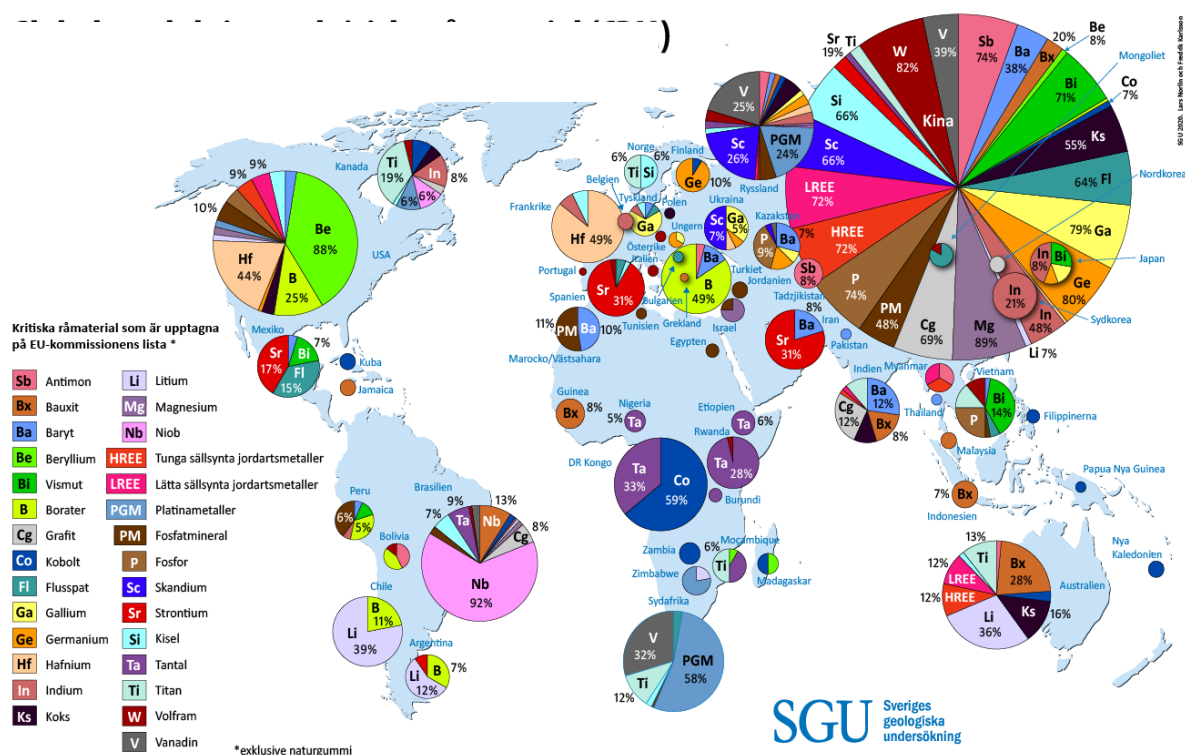
Mineral	Användning	Gruvproduktion, ton	Återvinning, ton
Järn	4 326 000	30 584 000	2 317 000
Koppar	121 800	100 065	58 757
Bly	17 000	65 402	46 000
Zink	23 900	234 811	27 071
Aluminium	90 500	Ingen	58 100
Nickel	25 000	Ingen	Ingen
Tenn	70	Ingen	Ingen
Guld	2,6	8	4,5
Silver	35	401	131
Krom	100 000	Ingen	64 000
Magnesium	Uppgift saknas	Ingen	Ingen
Sällsynta jordartsmetaller,	500	Ingen	Ingen
Tellur		42	Ingen

Figur 4: Användning, gruvproduktion och återvinning av metaller i Sverige i ton. Källa: WBMS April 2014, SGU 2014:3, UNCTAD 2013.

Gruvutvinning

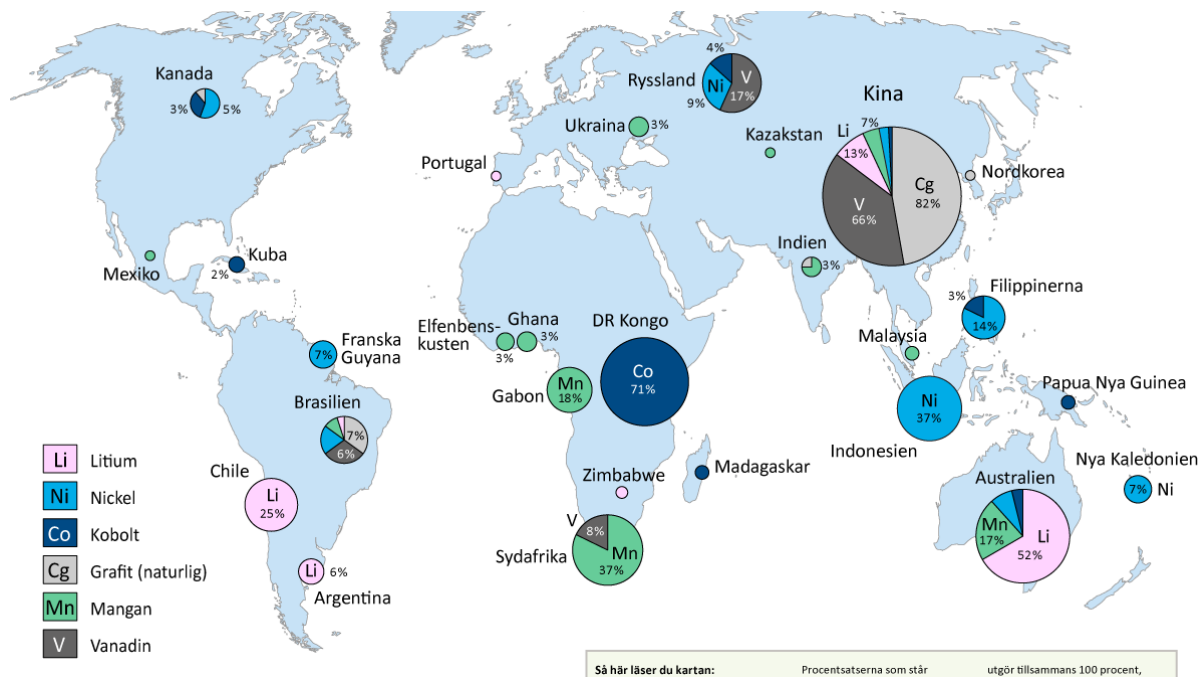
Sverige bidrar med över 90 procent av Europas produktion av järn och har potential för utvinning av många nya och viktiga metaller och mineral, bland annat sällsynta jordartsmetaller, grafit, kobolt, litium, nickel, platinagruppens metaller, titan och vanadin. Idag är dock produktionen av mindre vanliga metaller mycket begränsad i ett globalt perspektiv. De nya fyndigheterna finns främst i kristallin berggrund, som exempelvis i apatitjärnmalmer som den i Kiruna och i skarnmineraliseringar i Bergslagen. Det projekt som kommit längst kommersiellt är Norra Kärr (öster om Vättern). Fyndigheten rankas internationellt som ett av de mest intressanta projekten i Europa, såväl ekonomiskt (höga halter av de mest eftertraktade sällsynta jordartsmetallerna) som miljömässigt (mycket låga uran- och toriumhalter).

På kartan nedan framgår den globala produktionen av olika kritiska råvaror.



Figur 5: Global produktionen av kritiska råmaterial (CRM) i världens länder, enligt EUs definition. Källa: SGU

Kartan nedan visar produktion av batterimetaller år 2021.



Figur 6: Produktionen av batterimetaller i världens länder. Källa: SGU. Cirkarna visar varje lands totala produktion av olika batterimetaller, räknat på procent av vikt. Procentsatserna för de olika metallerna visar andel av världsproduktionen för en viss metall (tårtbitarnas sammanlagda ytor för en viss metall utgör tillsammans 100 procent, fortfarande baserat på vikt), t ex står Chile för 25 procent av världens produktion av litium.

Återvunnen råvara

Återvunnen råvara har flera fördelar jämfört med ny gruvdrift. Det släpps ut betydligt mer växthusgaser när nya metallprodukter skapas från nytt råmaterial i jämförelse med återvunnen metall och det används enligt Bureau of International Recycling 60 procent mindre energi än att använda nybrutna råmaterial. För aluminium är energianvändningen 95 procent lägre. Återvunnen metall innebär också mindre luftföroreningar, lägre vattenföroreningar, mindre vattenanvändning och mindre gruvdeponi. Till detta kommer det faktum att många nya mineraler och råvaror bryts i länder med ohållbar gruvdrift.

Tillgången på återvunnen metall täcker dock endast en mindre del av efterfrågan. Även vid maximal återvinning av metaller kommer primära metaller från gruvdrift att utgöra minst den volym den har idag. Mängden återvunna sällsynta metaller är ännu mycket begränsade. Trots att koppar är en av de mest återvunna metallerna så täcker det endast omkring 30 procent av världens årliga behov enligt International Copper Study Group. Det kan bero på att koppar används väldigt länge, i decennier. Nästan all koppar som brutits används just nu i dagens samhälle.

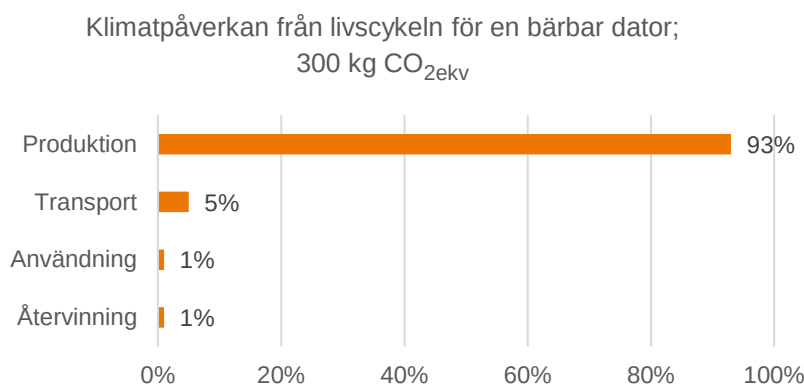
Globalt kommer omkring 40 procent av världens stål från återvunnet material varje år. Svensk stålindustris lägre miljöpåverkan och jämförelsevis låga klimatpåverkan i ett globalt perspektiv beror till stor del av att en hög andel återvunnet material används som råvara för framställning av nya stålprodukter. Den globala efterfrågan på återvunnet stål ökar dock och förväntas öka dramatiskt med fler satsningar på ljusbågsugnar (EAF) som smälter både skrot och järnsvamp i samma process. När SSAB investerar i EAF påverkar detta skrotmarknaden i Nordeuropa, vilket gör att skrotmängderna minskar för Ovako, Outokumpu och Alleima (Sandvik SMT).

Design och tillverkning

Produkter behöver designas för lång hållbarhet och för att vara lätta att återvinna. För elektronikprodukter är kort livslängd ett välkänt problem som orsakar onödig resursanvändning. Det är också ett välkänt problem att produktionen utformas för ett planerat åldrande av produkter och material. Inom EU pågår flera forskningsprojekt som bland annat har syftet att utveckla elektronik och elektroniska produkter med en design som ger en mer effektiv återvinning av produkterna. Att inte blanda olika typer av material är ett sätt att underlätta återvinning.

På grund av lågt pris på nya orörda råvaror och billig arbetskraft i tillverkningsländer kan överproduktion vara mer lönsamt än att tillverka hög kvalitet, att tillverka on-demand eller att erbjuda produkter genom serviceavtal.

Hushållning med metallråvara kan göras genom att välja andra material än resurskrävande material, till exempel komposit istället för aluminium. Höghållfasthetsstål minskar den mängd metallråvara som behövs för att uppnå en viss funktion, att inte överdimensionera och att nyttja material för lågt spill.



Figur 7: Klimatpåverkan från en bärbar dator. Källa: ATEA.

Användning

Värde går förlorat när fullt eller delvis funktionsdugliga produkter kasseras för att de inte kan repareras, batteriet inte kan ersättas, programvaran inte längre stöds eller material som ingår i utrustningen inte återvinns. Två av tre personer i EU skulle enligt rapport från Eurostat, vilja fortsätta att använda sin nuvarande digitala utrustning längre, förutsatt att dess prestanda inte påverkas i någon större utsträckning. EU arbetar därför för att främja längre produktlivslängder genom lagkrav på design, rätt till reparation och insamlingssystem för elprodukter. Värde går förlorat när fullt eller delvis funktionsdugliga produkter kasseras för att de inte kan repareras, batteriet inte kan ersättas, programvaran inte längre stöds eller material som ingår i utrustningen inte återvinns.

Den ekonomiska livslängden för en dator beräknas ofta till ca 3 år medan den tekniska livslängden oftast är längre, upp till 5-6 år beroende på användning. Även om tekniken fortfarande utvecklas är det inte samma utvecklingstakt som tidigare. Kristianstad kommun har i ett storskaligt test konstaterat att hårdvaran och prestandan håller för ytterligare ett år om man köper rätt sortiment och att minskade inköpskostnader inte åts upp av de något högre kostnaderna för support. En mobiltelefon väntas ha en livslängd på ca 3 år medan 5 år är medianåldern för mobiler som lämnas till återvinning (El-Kretsen). Nya EU krav förväntas leda till ökad livslängd exempelvis genom att ställa krav på batterier, reservdelar och mjukvara.

Leasing kan vara ett sätt att öka den ekonomiska livslängden genom att utrustning byts ut och säljs på andrahandsmarknad av leasingbolaget efter renovering och uppgradering.

En stor del av IT utrustning, främst mobiltelefoner, förvaras i hemmet efter att ny utrustning införskaffats, vilket medför att återbruk och materialåtervinning begränsas. Enligt SCB förvaras över 60 procent av mobiler i hemmet och strax över 15 procent såldes eller gavs bort. Strax över 10 procent lämnades in för återvinning. El-Kretsen anger att 2 äldre mobiler per person förvaras hemma utan att användas.

Återbruk

Det finns många metallprodukter som i ökad utsträckning skulle kunna återbrukas. Som användare kan man bidra genom att reparera saker som är trasiga så att de kan användas igen, dela saker med andra genom att byta/låna/hyra, köpa och sälja second hand samt att ge bort saker man inte längre använder.

Återbruk av elprodukter

Det finns några bolag som erbjuder tjänster kring återanvändning av elprodukter. Inrego arbetar för att förlänga livslängden på smartphones, datorer och andra IT-produkter genom att köpa in använd IT-utrustning från företag och organisationer, renovera produkterna och sälja dem vidare till företag och privatpersoner via en kundportal för köp och sälj. Refurbed säljer begagnade IT produkter. De samarbetar med olika partners kring att reparera och förädla IT produkter. Atea är en stor leverantör av IT-produkter men arbetar också aktivt med att ta tillbaka produkter för återanvändning och återvinning. Atea tar idag tillbaka ungefär en tredjedel av allt de säljer med mål om allt. Stena Recycling tar emot elektronik för återbruk genom sin avdelning Reuse.

Insamling

Järn- och metall samlas in för återvinning i hela Sverige, främst från industri och verksamheter men också från hushåll via återvinningscentraler. Det finns ett flertal större bolag som samlar in, förädlar och avyttrar järn och metall i Dalarna, exempelvis Stena Recycling, Kuusakoski, Prezero och Ragnsells.

I Dalarna samlades ca 4 600 ton elutrustning in år 2021 för transport till El-Kretsen. Det motsvarar ca 15,9 kg/invånare, vilket är högre än genomsnittet för Sverige som låg på ca 13,3 kg/inv. Besöksnäringen påverkar sannolikt, där kommuner med många besökare ligger högre. Om man utgår från att det är samma insamlingsgrad i Dalarna som snittet i Sverige, så betyder det att ca 1 640 ton av elprodukter inte samlas in. Plockanalyser visar att 90 ton hamnar i restavfall och går till förbränning. Resterande finns sannolikt kvar i hemmen utan att det används.

Återvinning

Metaller kan i teorin återvinnas obegränsat antal gånger och återvinningsgraden är redan idag hög i flertalet av de vanligaste metallerna, mycket på grund av dess höga ekonomiska värde. Ett exempel är koppar som är en av de mest återvinningsbara metallerna; den behåller sina egenskaper vid omsmältning och finns ofta i större mängder utan att behöva separeras ut, exempelvis i elektriska kablar.

Enligt Tillväxtanalys är bristande lönsamhet det främsta skälet till att majoriteten av de utvunna metallerna inte återvinns. Återvinningen kan vara mycket energikrävande eller att avsättningen inte finns inom rimligt avstånd. Dyra metaller och basmetaller som enkelt kan demonteras kan lättare återvinnas. Stål som används i infrastruktur och fordon är världens mest återvunna material. Det kan också finnas miljömässiga aspekter om att det kan vara bättre att deponera avfall då det skulle släppa ut farliga ämnen vid återvinning. Det finns dock en allt större politisk förhoppning, inte minst inom EU, att andelen återvunna metaller ska öka.

Bildemonteringarna avlägsnar miljöfarligt avfall. Därefter fragmenteras den och sorteras i olika fraktioner. Stål och aluminium smälts medan stoppning och tyger från inredning går till energiutvinning. Cirka 86 procent av fordonens metaller återvinns enligt Tillväxtanalys. Majoriteten av metaller återvinns dock inte, såsom sällsynta jordartsmetaller som finns i små kvantiteter. Elektronik kan vanligtvis inte återbrukas och de är kostsamma att ta bort. Att dessa metaller inte återvinns eller återanvänds idag beror delvis på att det saknas metoder och ibland även lämplig teknik för demontering. Ett annat problem är att det saknas

information från tillverkarna om innehållet av metaller och vad som kan separeras. Konsekvensen blir att sällsynta jordartsmetaller hamnar på deponier eller som fyllnadsmaterial. Chalmers medverkan i det europeiska forskningsprojektet Prosum kom fram till att bara guld för många hundratals miljoner euro går till spillo inom EU varje år. Här behövs både teknikutveckling och samverkan mellan biltillverkare, återvinnare och industri.

Ett annat problem är att många fordon inte kommer in i återvinningssystemet. Enligt EU:s statistik hamnar sex av tio miljoner fordon hos bildemonterare. Resten försvinner utanför Europa, hos icke auktoriserade monterare eller står på upplag någonstans och utgör därmed en miljörisk.

För att öka återvinningen skulle priset behöva öka för dessa mer sällsynta små metallmängder. Palladium och platina återvinns dock från katalysatorer. Kobolt, molybden och mangan återvinns från metallegeringar, smörjmedel och magnetiska komponenter. Silver, guld, palladium och rhodium återvinns från magnetiska komponenter.

Återvinning av metaller i elektronik och batterier

De mineraler och råvaror som behövs för elektronik och batterivärdekedjan behöver uppnå nära hundra procent cirkularitet med mer hållbara värdekedjor. Inte minst med tanke på att det bedöms behövas 20–30 storskaliga anläggningar för produktion av battericeller enbart i Europa under det kommande decenniet för att möta efterfrågan på batterier för olika tillämpningar, så behöver incitamenten för ökad cirkularitet. Bristen på sällsynta jordartsmetaller gör det särskilt angeläget att skapa fungerande återvinning av dessa.

I Sverige sorteras elavfall in i sju kategorier (TV-apparater och bildskärmar, kylar och frysar, stora vitvaror, belysning, lysrör, bärbara batterier och diverse elektriska varor). Detta sker på återvinningscentraler innan de skickas vidare till återvinningsanläggningar för sortering och demontering. Efter demontering av farliga ämnen och komponenter sorteras avfallet mekaniskt i olika fraktioner (till exempel metaller, plast och glas) som sedan transporteras vidare till återvinnings- eller uppårbetningsanläggningar. Sorteringen i olika fraktioner är grov vilket innebär att ett stort materialvärde förloras, bland annat genom att ädelmetaller hamnar bland annat metallskrot.

Enligt EU:s elavfallsdirektiv ska medlemsländerna antingen samla in 65 procent av den genomsnittliga vikten av elektronik och elektriska apparater som sålts på marknaden under de tre föregående åren eller 85 procent av det elavfall som skapats i landet. Andelen insamlat elavfall varierar dock mycket mellan olika medlemsländer. Bara Schweiz, Bulgarien och Kroatien klarar direktivet, medan flera stora medlemsländer ligger långt ifrån. Sveriges andel år 2018 var 54 procent jämfört med 65-procentsmålet.

Återvinningen av basmetaller som stål, aluminium och koppar ur elektronikskrot fungerar relativt väl i Sverige, då de har högt värde och är enkelt att separera, till exempel datorchassin och kraftaggregat. Återvinningen av sällsynta metaller är ännu blygsam. Det gäller exempelvis legeringsmetaller som svensk stålindustri använder för att tillverka specialstål. Mer än hälften återvinns till mindre än en procent. Flera av dessa metaller används i ny teknik och är så kallade kritiska material som behövs i bland annat elbilar, mobiltelefoner, vindkraftverk och solceller. Ädelmetaller, platinagruppens metaller och kobolt kan dock ha en återvinningsgrad på 50 procent.

Metall	Ackumulerat, ton
Aluminium	2 000
Bly (som blyoxid)	1 000
Indium	0,5
Koppar	3 000

Tantal	30
Dysprosium	4,0
Praseodym	10
Neodym	20
Summa	6 065

Figur 9: En uppskattning av kvarvarande mängder metall i elektronikvaror som lämnats för återvinning i Sverige. Källa: SGU

En orsak till den låga måluppfyllelsen är att elavfall skickas illegalt till utvecklingsländer för okontrollerad återvinning. En del elavfall hamnar i metallskrot och registreras inte som elavfall, en del i restavfallet och mycket sparas i hushåll och företag. Produkterna är komplexa med många olika material och det är ofta är okänt vilka sällsynta metaller som finns i produkten och var de finns. Processen försvåras även av förekomsten av giftiga eller farliga ämnen såsom kvicksilver, bly, galliumarsenid och beryllium i många produkter. Dessa utmaningar ökar eftersom många av produkterna kontinuerligt får förbättrad prestanda och nya funktioner vilket uppnås genom användning av ett ökat antal mindre komponenter, kompaktare förpackning, fler integrerade material och fler metallegeringar. Ett sätt att underlätta är EU:s plan för krav på produktpass. Det är också tekniskt utmanande att demontera elektroniska komponenter, vilket driver upp kostnaden. En metod kan vara att krossa kretskortet till ett pulver och använda olika metoder, som magnetism, densitet och kemikalier, för att separera metallerna och sedan omsmälta dem. Enligt Tillväxtanalys sker inte investeringar i denna typ av återvinningsanläggningar. Flera återvinningsföretag utvecklar dock metoder för återvinning av elektronik, till exempel Stena Recycling för återvinning av smälektronik, IT utrustning, plattskärmar, kylapparater och äldre TV apparater.

Att samla in uttjänta elektronikprodukter är ett producentansvar där El-kretsen har tillstånd som producentansvarsorganisation. De är ett icke-vinstdrivande företag som ägs av 19 branschföreningar, skapat när producentansvaret infördes. Sedan starten 2001 har El-kretsen utvecklat ett nära samarbete med Sveriges samtliga 290 kommuner. El-kretsen har i sin tur samverkan med Recipo, en ekonomisk förening som också företräder producenter.

El-kretsen samlar årligen in cirka 140 000 ton elektronikprodukter som lämnats för återvinning (cirka 13 kg/person) och mängden har varit relativt konstant eller något minskande sedan 2008. Insamlings- och återvinningssystemet är uppdelat i två kategorier: hushåll och verksamheter. Hushållsinsamlingen kallas för el-retur och organiseras i samarbete med kommunerna. Insamlingen från verksamheter organiseras via samarbeten med både kommunerna och kontrakterade transportörer.

När den uttjänta elektroniken och batterierna har samlats in transporteras de till någon av El-kretsens återvinningsanläggningar för att demonteras. Det finns förbehandlingsanläggningar för små-el, vitvaror och andra produkter med gas samt batterier och ljuskällor. Efter demontering och sortering tas miljöfarliga komponenter om hand och de olika beståndsdelarna förädlas till nya råvaror eller energi i en återvinningsanläggning, till exempel Boliden. För närvarande är el-material en resurs som man vill utvinna i komponent- eller materialform med efterfrågan främst avseende järn, koppar, nickel, guld, silver, palladium. El-kretsen samarbetar med återbruk som bygger på arbetsrehabilitering där ädelmetaller omhändertas.

Återvinning av övriga basmetaller

Sedan 1950-talet har återvinningen av basmetaller ökat kraftigt. En stor del av dem finns inom byggande och infrastruktur. Det betyder att metaller ackumuleras i olika konstruktioner. Flera metaller, som koppar, stål och aluminium, lämpar sig väl för återvinning. Återvinningen sker ofta genom att metallen omsmälts och produceras till nya produkter. Återvinningen av stålskrot har ökat med stigande efterfrågan och priser,

där efterfrågan idag är större än tillgången. En hel produkt såsom en aluminiumburk kan omsmältas i sin helhet till en ny burk.

På samma sätt som med metaller från fordon och elektronik är det ett hinder att det saknas information om innehåll. Konstruktioner kan vara skapade för länge sedan med begränsad hänsyn till återvinning. Det behövs bättre materialinventeringar av byggnader och andra konstruktioner inför rivningar för att identifiera materialtyper och miljöfarligt avfall. Det nya lagkravet att bygg- och rivningsavfall ska sorteras innebär att metaller ska sorteras för återvinning.

Återvinning av restprodukter från stålindustrin

Den svenska stålindustrin använde 2013 cirka 5,6 miljoner ton metalliskt råmaterial. Från produktionen skapas två miljoner ton restprodukter. 80 procent av dessa restprodukter återanvänds, 34 procent recirkuleras internt som råvara i produktionsprocesserna och 44 procent säljs som produkter externt. De återstående 22 procent restprodukter deponeras som avfall. Stålindustrins målsättning är att inget annat än samhällsnyttiga produkter ska lämna företagen (Jernkontoret) och det pågår mycket forskning på att öka användningen av olika restprodukter.

I stålverken är det vanligt att med olika typer av metallutvinning tillvarata exempelvis järn och legeringsmetaller ur slaggen. Därför innehåller slagg från stålverken generellt låga halter av återvinningsbara metaller. Exempel på användningsområden för restprodukter från stålindustrin är vägbyggnad, ballast, slaggasfalt, bindemedel till cement samt som material till elektronik- och kemisk industri.

År 2013 använde SSAB i Sverige nästan fyra miljoner ton järnmalm från LKAB. Det innebär att slaggen innehöll omkring 4 000 ton vanadin, vilket motsvarar ungefär hälften av Europas behov av vanadin. SSAB i Luleå undersöker sedan flera år tillbaka möjligheten att återvinna vanadin. Det kräver dock stora investeringar i nya processer och har hittills inte bedömts som lönsamt. Läs mer i Delrapport utvinning och återvinning av material och metall från sekundära resurser (november 2021, RR 2021:03), SGU.

Från SSAB i Borlänge uppstår biprodukter i form av bland annat 700 ton zinkslag per år som går till Stena Recycling, 18 000 ton/år glödska som går till försäljning (via dotterbolaget SSAB Merox) samt 1100 ton/år metallhydroxidslam och 60 ton/år slipmull där man söker avsättning.

Från Outokumpu i Avesta uppstår biprodukter och avfall i form av bland annat slagg, anrikningssand och glödska. Del av slaggresterna går bland annat till vägbyggen, betongproduktion och vattenrening. Man har även försök med teknisk energilagring i slagg. Resterande slagg och sand läggs på deponi, men där man har ett mål om att minska mängden deponiavfall.

Vid Ovako i Smedjebacken har man uppnått en återvinningsgrad på över 90 procent för restflöden. Slagg används bland annat i asfalt. Slaggasfalt har positiva egenskaper såsom högre slitstyrka och bärighet samt mer bullerdämpande jämfört med traditionell asfalt. Det gör att den är ett särskilt bra alternativ i rondeller och har därför använts i den nya Grådarondellen i Borlänge.

Stoft bildas i de flesta av stålindustrins varma processer som skickas till gasreningsanläggning Befasa Scandust i Landskrona, där metaller skickas tillbaka till exempelvis Outokumpu efter utvinning. Ur det stoft som avskiljs kan det ingående metallinnehållet återvinnas. Det kan vara till exempel järn, zink, nickel, krom och molybden. Stoft som uppstår vid tillverkning av rostfritt stål innehåller förutom järnoxid även oxider av bland annat krom och nickel. Stoft från framför allt de skrotbaserade stålverken innehåller ofta mycket zink. Från malmbaserad ståltillverkning har stoft och slam från gasreningen ett relativt högt innehåll av järnoxid och kol och ofta mycket lågt innehåll av andra metaller. Därför är dessa material värdefulla att återanvända i de egna processerna. De används också för till exempel cementtillverkning. Då förloras dock metallinnehållet ur kretsloppet.

Återvinning av metaller från gruvavfall

Gruvavfall från gruvdrift är det som blir kvar när metaller och mineraler utvinns från vår berggrund. Gruvavfallet består huvudsakligen av gråberg som är det berg som måste tas bort för att komma åt malmen och anrikningssand som blir kvar när malmen har krossats, malts och anrikats till ett mineralkoncentrat.

I gråberg och anrikningssand finns material som inte var tekniskt möjligt eller ekonomiskt intressant att utvinna när malmen bröts. Ökad efterfrågan av kritiska jordartsmetaller och ny teknik gör att det numer kan vara både ekonomiskt och tekniskt möjligt att utvinna mineraler och metaller ur gruvavfall. Det finns en hel del analyser av metallinnehåll i gruvavfall, men osäkerheten är ändå stor om hur stora mängder det finns totalt och om utvinning är ekonomiskt lönsamt. För sällsynta jordartsmetaller och fosfor bedöms potentialen vara relativt stor. Metaller som uppskattas finnas i deponier från stålindustri är främst krom, zink, mangan, magnesium, nickel och molybden. SGU uppskattar att mängden metall i samtliga deponier för anrikningssand skulle kunna ersätta 3–5 års malmproduktion, sen är deponierna tomma. Enligt GreenIrons beräkningar utgör marknadsvärdet av enbart järn och koppar i Falu stads gruvavfall 22 miljarder kronor som man menar att man har lönsam teknik för att utvinna.

Det finns också outnyttjade tillgångar på metall i industrieponier och övergiven infrastruktur i våra städer och i elavfall på nedlagda kommunala deponier. För att eventuellt kunna utnyttja dessa krävs ytterligare kartläggning, kunskap, teknikutveckling och förändrade styrmedel.

Anrikningssand

Denna sand som blir kvar när malmen har krossats, malts och anrikats deponeras vanligtvis i dammar som hålls vattentäckta eller som täcks med jord. Kvar i sanden finns en viss andel av de metallerna, ca 5–10 procent. Anrikningssand bedöms vara det mest lättillgängliga i gruvavfall. Det finns en hel del analyser av metallinnehåll i gruvavfall, men osäkerheten är ändå stor om hur stora mängder det finns totalt.

Metall	Ackumulerat, ton
Järn	52 000 000
Koppar	358 000
Bly	640 000
Zink	1 200 000
Guld	45
Silver	1 800
Antimon	43
Fosfor	1 500 000
Mangan	190 000
Wolfram	2 000
Molybden	1 600
REE	41 000
Arsenik	500

Figur 10: Metallmängder i sandmagasin. Källa: SGU.

Fosfor i gruvavfall

Fosfor utvinns ur mineraler och är inte en metall, men i svensk järnmalmproduktion följer stora mängder

fosfor med. De järnmalmer som bryts i Sverige idag är så kallade apatitjärnmalmer och de innehåller flera procent fosfor. Betydelsen av ökad återvinning av fosfor beskrivs närmare under värdekedjan ”Avloppsslam och gödsel”. I Sverige kan fosfor vara särskilt intressant då järnmalmproduktion innebär stora mängder fosfor (cirka 40 000 ton per år) som hamnar i sandmagasin som gruvavfall.

De omfattande fosforreserver som finns i svenskt gruvavfall motsvarar en stor del av det europeiska behovet av fosfor. I gruvavfall i Kiruna och Malmberget finns ett lager på cirka en miljon ton fosfor. LKAB investerar i pilotanläggningar och har initialt samarbetat med Ragn-Sells utvecklingsbolag EasyMining AB för att utvärdera förutsättningarna att industrialisera ny patenterad teknik (CleanMAP) för utvinning av fosfor. Det kan enligt företaget leda till att LKAB producerar såväl fosfor som av EU klassade strategiska jordartsmetaller av särskild vikt för industrin. Det möjliggör bland annat en fosforproduktion motsvarande fem gånger Sveriges årsförbrukning av fosfor. LKAB går nu vidare i utvecklingsarbetet och engagerar ett antal möjliga partners nationellt och internationellt för att utvärdera fler processer för förädling av avfall från järnmalmproduktionen. Produktionen och förädlingen bedöms ske i direkt anslutning till befintlig järnmalmproduktion i Malmberget och Kiruna. Koncentratet fraktas därefter med järnväg till lämplig kustnära lokalisering, där nästa steg tar vid, att lösa upp apatit och separera fosfor, sällsynta jordartsmetaller och gips till kvalitativa och rena produkter.

Att utvinna denna fosfor och medföljande sällsynta jordartsmetaller på ett ekologisk och ekonomiskt hållbart sätt kräver tekniska innovationer. Dessutom tyder mycket på att apatiten från apatitjärnmalmer också innehåller arsenik. Kemiska analyser på apatitjärnmalm från Grängesbergsgruvan i Bergslagen visar en tydlig korrelation mellan stigande fosforhalter och stigande arsenikhalter.

Merparten av fosforråvaran som används globalt är råfosfat från sedimentära bergarter som också innehåller relativt höga kadmiumhalter. Det har inneburit att kadmiumhalten i råvaror har ökat i takt med ökande livsmedelsproduktion. Människans exponering för kadmium sker i huvudsak via födan och kan medföra hälsoeffekter såsom njurproblem och benskörhet. Bristen på mineralgödsel med låga halter av kadmium förväntas accelerera globalt.

Nyttoaspekter

Det finns många nyttoaspekter kring återanvändning och återvinning av metall, både miljömässiga, ekonomiska och sociala.

Klimat

Aluminium är förträffligt att återvinna då det är energikrävande att framställa. Återvinning sparar 95 procent av energin jämfört med att framställa aluminium av ny malm.

IVL har på uppdrag av Avfall Sverige tagit fram en rapport (Avfall Sverige rapport 2019:19) som visar klimatnytta med förebyggande och återvinning av ett antal material och produkter.

Material/produkt	Enhet	Förebyggande	Materialåtervinning
Metallförpackning	kg CO _{2e} /kg material	2,2	1,8
Elavfall	kg CO _{2e} /kg material	38	1,5
Metallskrot	kg CO _{2e} /kg material	1,9	0,9
Mobiltelefon	kg CO _{2e} per produkt	57	
Bärbar dator	kg CO _{2e} per produkt	252	

Datorskärm	kg CO _{2e} per produkt	989
Borrmaskin	kg CO _{2e} per produkt	10
Kylskåp	kg CO _{2e} per produkt	768

Klimatpotentialen i Dalarna är cirka 2 500 ton CO_{2e} om all elektronik samlades in till materialåtervinning (motsvarar cirka 1300 personbilar).

Pågående initiativ och aktörer

Nya kretsloppsplaner

De nya kommunala kretsloppsplanerna för 2023-2030 identifierar prioriterade åtgärder för återvinning, där metall ingår i flera temaområden.

Cirkular Initiative

I Sverige pågår bland annat projektet Circular Initiative som är ett sätt att testa och pusha för att komponenter och material ska kunna användas om igen. Idag finns en prototyp av en Electrolux-dammsugare som till hundra procent är gjord av komponenter och material som redan levt ett liv i någon annan produkt. Circular Initiative leds av Stena Recycling, med samarbetspartners Stora Enso, Electrolux, ABB, Combitech och Investor. Syftet är att öka kunskapen om vikten av cirkularitet och att hålla produkter och material inne i systemet så länge som möjligt.

Insamling och återvinning

Flera återvinningsföretag, exempelvis Stena Recycling och Kuusakoski, är drivande inom insamling och återvinning av metall. Det insamlade järn- och metallskrotet går antingen till filialer eller fragmenteringsanläggningar där det kontrolleras, sorteras och bearbetas för att uppfylla stål- och metallverkens kvalitets- och inköpskrav. Därefter förbereds materialet för vidare leverans till kunder.

Gruv och stålindustrin, infrastruktur

SGU

Sveriges geologiska undersökning, SGU, är en viktig aktör och kunskapskälla. SGU har regeringens uppdrag att tillsammans med Naturvårdsverket arbeta för att öka möjligheterna till hållbar utvinning av mineral och metaller från sekundära resurser. Uppdraget består av provtagning och undersökning av gruvavfall, ta fram klassificeringsmetoder för gruvavfall och andra sekundära resurser, bedöma och föreslå ändringar i nuvarande lagstiftning, överblicka resursflöden och spårbarhet gällande kritiska metaller och mineraler. Utifrån resultaten av uppdraget ska sedan ytterligare insatser föreslås för ett ökat kunskapsläge i frågan.

SGU har inlett undersökning, provtagning och karakterisering av flera typer av gruvavfall som anrikningssand, varp (gråberg) och rödfyr. Målsättningen är att i samband med slutrapporteringen presentera såväl kvalitativa som kvantitativa bedömningar av objektens potential som sekundära mineralresurser utifrån UNFC:s klassificering, ett potentiellt verktyg för en mer integrerande inventering av svenska gruvavfall.

Bland annat har provtagning skett i Dalarna (Sandmagasin i Grängesberg – utökad, Vassbo och Vintjärn samt varphögar. Järn har provtagits i Intrångets gruvor, Idkerbergsfältet, Grängesberg och Blötbergsfältet.

Basmetaller såsom bly, koppar, zink har provtagits i Skytt- och näverbergsgruvorna, Kalvbäcksfallet, Lövåsfallet, Tometbofältet, Svärdsjö gruva och Saxberget. Samtliga mineraler och metaller samt flöden av dessa kommer inte kunna beskrivas heltäckande eller på djupet inom ramen för aktuell kartläggning. Resultaten redovisas i rapporten Delrapport utvinning och återvinning av material och metall från sekundära resurser (november 2021), SGU.

Grängesberg

Här pågår ett initiativ från Grangex utvinning av apatit och magnetit samt fosfor ur den gamla järnmalmsgruvans sandmagasin, genom så kallad "waste mining". Sandmagasinet bedöms ha en mängd om ca 2,7–3,0 miljoner ton anrikningssand från den tidigare gruvdriften. Sanden har ett högt innehåll av fosfor och järnbärande mineralerna apatit och magnetit. Det finns också vissa möjligheter att i framtiden även utvinna mineral med sällsynta jordartsmetaller (REE) ur sanden. Avsaknaden av "förorening" i form av andra metaller gör att apatiten är mycket eftertraktad på den europeiska marknaden då dess miljömässiga avtryck kommer att vara lågt. Utvinningen av fosfor kan anses vara kritisk för den svenska livsmedelsförsörjningen, särskilt med dess höga kvalitet.

GreenIron

Har patenterad teknik för utvinning av järn, koppar och andra metaller ur råvaror som magnetit och hematit samt avfall från gruv- och stålindustrin med hjälp av relativt småskaliga ugnar som opereras på endast omkring 500 grader. Företaget vill etablera sig i Bergslagen och ser stora värden i både gruvavfall och restprodukter från stålindustrin. Tekniken har en potential att bearbeta enorma mängder avfall som finns i vid nedlagda gruvor.

ArcMetal

ArcMetal utvinner, med hjälp av plastmateknik, metaller ur många olika typer av restprodukter till olika kunder. Man är lokaliserade i Hofors vid Ovako där man idag främst utvinner ädla metaller såsom platina, palladium och rodium ur katalysatorer. Man kan även utvinna ädelmetaller ur slagg eller andra restprodukter. Restprodukten de får har så låg nivå som <2 ppm, vilket är unikt i världen. Det innebär att man kan utvinna även ur material som har låga halter.

Scanarc

ArcMetal använder sig av en teknik från Scanarc, vilka är leverantörer av plasmateknik för utvinning inom en rad olika områden. De är också lokaliserade till Hofors. Tekniken kan tillämpas för restprodukter inom stålindustrin, till exempel zink, bly, silver, koppar, germanium och indium. Restprodukterna kan gå till betongindustrin. Tekniken kan även användas för utvinning av ämnen ur flygaska såsom arsenik, kadmium, kvicksilver, svavel, klor och bromin. Andra applikationer är för pappersindustrin, kalkindustrin och för utvinning av kväve vid jordbruk. Deras teknik används av Befesa Scandust i Landskrona som återvinner ur filterstoff och metallskrot.

Utvinning av metaller ur lakvatten från gruvor

Faluprojektet har med medel från Naturvårdsverket under många års tid arbetat med att utveckla metoder för att samla upp lakvatten och rena gruvvatten från Falu gruva. Från 2011 har utvecklingsarbete pågått i Stora Ensos reningsanläggning, Vattenfabriken, vid gruvan för att omhänderta och utvinna metaller ur inkommande vatten. Reduktionen av zink, kadmium och koppar har beräknats till 80–90 procent. Om tekniken visar sig framgångsrik borde den kunna få en vidare spridning i många andra områden med metallhaltigt lakvatten.

Chromafora är ett annat företag som utvinner metaller ur vattenflöden och vattenmagasin. Med den patenterade tekniken Selmext kan man separera metaller med kemikalier för att sedan åter separera

kemikalierna för att separera de utvunna metallerna. Tekniken är selektiv, vilket betyder att utvinningen kan riktas på specifika metaller. Lönsamhet i utvinningen nås lättast om det ändå finns behov av att minska miljöföroreningar i vattenflöden, men utvinning även ur andra vatten kan vara av ekonomiskt intresse om det handlar om höga halter av värdemetaller, t ex guld eller scandium.

Urban Mining

Urban Mining handlar om att utvinna metaller ur till exempel byggnader och infrastruktur. Det kan avse återvinning av nedlagda ledningar och rör som innehåller koppar, stål och aluminium. Det är stora värden som bedöms ligga i marken, bara kopparvärdet i kablar beräknas till flera miljarder kronor.

Flera forskningsprojekt pågår, exempelvis via Linköpings universitet. Projektet är uppdelat på flera områden, dels kartlägga förekomsten av urkopplade ledningar och rör, dels utforska potentialen att kunna utvinna främst koppar men även stål och aluminium ur dem.

Koppartråd i nedgrävda telecomkablar

Andra exempel inom Urban Mining är projekt där ny teknik ska testas för att försöka dra ut och återvinna koppartrådar i nedgrävda telekomkablar som inte längre är i drift. Kabelskalet som lämnas kvar i marken kan sedan användas för att dra fiberoptik.

Batterier och elektronik

Värdekedja för batterier

SGU, Energimyndigheten och Naturvårdsverket har i uppdrag av regeringen att utveckla en hållbar europeisk värdekedja för batterier. Slutrapport ska lämnas i oktober 2022.

Northvolt och litiumjonbatterier

Den nya fabriken i Borlänge kommer att producera katodmaterial till litiumjonbattericeller för leverans till flera Northvoltsfabriker för att möta den stora globala efterfrågan på batterier.

Det finns ett stort behov av att återvinna litiumjonbatterier på ett effektivt och säkert sätt. Inte minst för fordonstillverkare. Litium finns i låga halter runt om i världen, men bryts främst i Sydamerika och Australien. Små mängder, höga kostnader och ett lågt världsmarknadpris bidrar till en låg lönsamhet för återvinning av litium, men den begränsade tillgången gör att återvinningen måste öka på sikt.

Med anledning av detta bedriver bland annat Luleå Universitet, Boliden och Stena Aluminium forskningsprojekt för återvinning av litiumjonbatterier. Syftet med projektet är att se över hela kedjan – från det att litiumjonbatterierna demonteras ur bilar till dess att battericellerna är återvunna.

Altris

Sätter upp anläggning i Sandviken för tillverkning av katoder för batterier av järn- och natriumbaserat material i stället för kisel. Det kan produceras i en kostnadseffektiv och lågenergiprocess, vilket gör metoden lämplig för natriumjonbatterier som används för stationär energilagring.

Elektronik

El-kretsen är den mest centrala aktören när det gäller insamling och återvinning av elektronikavfall som ingår i insamlingsansvaret, tillsammans med de större återvinningsföretagen.

El-Kretsen är ett icke-vinstdrivande företag som ägs av 19 branschföreningar. El-kretsens uppgift är att hjälpa producenterna att uppfylla sitt producentansvar genom att erbjuda ett rikstäckande insamlingssystem. Sedan starten 2001 har El-kretsen utvecklat ett nära samarbete med Sveriges samtliga 290 kommuner. El-kretsens rikstäckande insamlings- och återvinningssystem är uppdelat i två kategorier: hushåll och verksamheter. Hushållsinsamlingen kallas för elretur och organiseras i samarbete med kommunerna. Insamlingen från verksamheter organiseras via samarbeten med både kommunerna och kontrakterade transportörer.

Naturvårdsverket har regeringens uppdrag att lämna förslag på mål och åtgärder för att öka insamling, återanvändning och återvinning av elutrustning samt förbättra statistiken. Uppdraget ska redovisas i oktober 2023.

Möjligheter i Dalarna

Här listas möjliga åtgärder på lokal och regional nivå. Det är en bruttolista på önskade åtgärder utan hänsyn till tillgängliga resurser och vem som skulle kunna ansvara för respektive insats. Prioriterade åtgärder med förslag på ansvariga redovisas samlat i kapitel 5.

System för cirkularitet (kretsloppsindustrin och myndigheter)

- Bygga vidare på de väl fungerande återvinningscentralerna i Dalarnas kommuner som samlar in elprodukter samt metallskrot från hushåll.
- Utveckla robotsortering av restavfall och blandfraktioner med metall (kärl/grovavfall).
- Skapa platser och system för återbruk.
- Samarbeta med återvinningsföretagen om att utforma krav/incitament som kan ställas vid upphandling.
- Tillämpa lagstiftningen för avfall (avfallsförordningen) så att restprodukter i möjligaste mån klassas som produkter och inte avfall i de fall då biproduktsvillkoren uppfylls.
- Utveckla teknik för analys av materialinnehåll så att större andel kan återvinnas.
- Utveckla återvinningstekniken för att hitta mer kostnadseffektiva sätt att återvinna metaller ur elektronik.
- Stödja utveckling och etablering av en ny näring för utvinning av metaller och mineral från gruvavfall.
- Utveckla metoderna för att omhänderta restprodukter från stålindustri i syfte att tillverka nya produkter.

Konsumtion, upphandling och användning (privata och offentliga)

- Minska inköp av metaller (elprodukter, byggmaterial et cetera) genom längre livstider på befintligt material, alternativa material, ökat delande av material och ökade inköp av begagnat material.
- Sortera bättre och att lämna mer metall till materialåtervinning.
- Samla in elektronik som förvaras i hemmen och i offentlig verksamhet (används ej) till materialåtervinning

Produktion nya affärsmodeller (tillverkare och leverantörer)

- Förbättra informationen om innehåll i produkter.
- Designa och producera produkter med lång hållbarhet, som gör dem möjliga att reparera, återanvända och återvinna.

- I tillverkande företag minska inköp av metaller (elprodukter, byggmaterial et cetera) genom längre livstider på befintligt material, alternativa material, ökat delande och ökade inköp av begagnat material.
- Utveckla värdekedjan kring batteritillverkning med anledning av Northvolts etablering, både sällsynta metaller och återvinning av batterier.