RE: SOURCE

Återvinnings industrierna

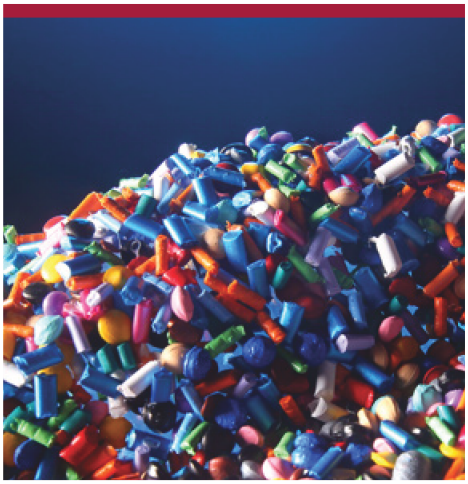
MATERIAL ECONOMICS

ETT VÄRDEBESTÄNDIGT SVENSKT MATERIALSYSTEM

En rapport om materialanvändning ur ett värdeperspektiv



MATERIALVÄRDE SOM EKONOMISK MÖJLIGHET



PLAST FRÅN BRÄNSLE TILL MATERIAL



STÅL PÅ VÄG MOT EN MARKNAD DOMINERAD AV ÅTERVUNNET STÅL



ALUMINIUM VÄRDET AV MINSKAD NEDGRADERING

INNEHÅLL

Förord	**3**
Sammanfattning	**4**
1. Materialvärde som ekonomisk möjlighet	**10**
2. Plast – från bränsle till material	**28**
3. Stål – på väg mot en marknad dominerad av återvunnet stål	**48**
4. Aluminium – värdet av minskad nedgradering	**64**
5. Andra material – nyckelfrågor för värde	**74**
6. Produkter för värdebeständiga material	**82**

MATERIAL ECONOMICS

I samarbete med

RE:SOURCE

Återvinningsindustrierna

Med stöd från

VINNOVA

Energimyndigheten

FORMAS

STRATEGISKA INNOVATIONS-PROGRAM

FÖRORD

Materialflöden och materialåtervinning har diskuterats intensivt i Sverige i decennier. Och av goda skäl, det finns många viktiga frågor relaterade till vår materialanvändning. Vilka material bör prioriteras för återvinning, och vad är alternativen? Hur stora är egentligen miljövinsterna av bättre materialhantering? Vilka styrmedel är rimliga, och vad bör Sverige göra relativt vad EU och andra länder gör? Debatten har intensifierats i takt med att klimatfrågan fått alltmer uppmärksamhet och i och med att ”cirkulär ekonomi” dykt upp som ett stort förändringstema.

Hittills har debatten främst förts i termer av ton, kubikmeter, och miljöpåverkan. Offentlig statistik och de flesta rapporter kring materialfrågor diskuterar främst i volymtermer. Ekonomisk analys har främst riktat fokus mot kostnadseffektiviteten och miljönyttan av olika styrmedel. Allt detta är högst relevant, men lämnar viktiga frågor obesvarade. Framför allt innebär ett fokus på volymer att de stora ekonomiska och industriella innovationsmöjligheterna i bättre materialanvändning kommer i skymundan. Detta har troligen gjort området mindre intressant för näringslivet än det behövt vara. Fokus på volym har också fått Sverige att tro att vi är mer framgångsrika i att hantera material än vi i själva verket är. Den stora kvalitetsminskning som dagens materialanvändning resulterar i syns inte i volymstatistiken.

Denna rapport tar ett första steg mot att råda bot på ovanstående situation. Rapporten tar ett värdeperspektiv och analyserar Sveriges materialsystem i termer av kronor istället för ton och kubikmeter. De frågor rapporten ställer är: *Om 100 kr råmaterial går in i den svenska ekonomin, hur många kronor återstår efter en användningscykel? Vilka är de stora ”värdeläckagen” och vad beror de på? Vilka åtgärder skulle kunna minska värdeläckagen, och hur mycket värde kan då återtas? Vilka industriella möjligheter uppstår på vägen? Vad är en attraktiv målbild på längre sikt för materialanvändningen?*

Dessa är ambitiösa forskningsfrågor, och såvitt vi känner till är detta den första rapport som anlägger ett brett värdeperspektiv, såväl för Sverige som internationellt. Rapporten bör därför läsas som en första undersökning, som måste följas av mycket ytterligare analysarbete. Men vi tror oss ha visat att värdeperspektivet är högst relevant för att förstå och prioritera rätt åtgärder, och för att visa vilka stora ekonomiska och industriella värden som står på spel - i tillägg till miljövinsterna. Ett långt bättre materialsystem bör vara en attraktiv industrivision för Sverige.

Projektet har utförts av Material Economics och Återvinningsindustrierna inom Innovationsprogrammet RE:Source, i samarbete med Electrolux, McDonalds, NCC, Ragn-Sells, SSAB, Stena Recycling, och Suez. Forskningsvägledning har getts av Professor Göran Finnveden, Professor Mats Eklund, Professor Staffan Laestadius, Professor Anne-Marie Tillman och Professor Karin Markides. En stor mängd aktörer inom svenskt näringsliv och forskning har därutöver gett värdefulla bidrag i form av kunskap, perspektiv och data.

SAMMANFATTNING

Varje år faller stora mängder material ur den svenska ekonomin, till ett värde av uppskattningsvis 55 miljarder kronor per år. Det rör sig om stål i byggnader som rivs, plast från kastade förpackningar eller färdiganvända produkter, aluminium i fordon som skrotas, papper som förbrukas, och mycket mer. Värdet på detta material motsvarar 1,2 % av Sveriges BNP eller 12 000 kr per svenskt hushåll.

Idag bevaras endast en fjärdedel av detta materials värde efter en användning. Merparten av det material som faller ur användning kan återvinnas och bli till nytt material. Dagens materialhantering leder dock till att hela tre fjärdedelar av ursprungsvärdet förloras efter en användning. Vi beräknar att endast 13 miljarder (24 % av ursprungsvärdet) bevaras. Värdeförlusten är således hela 42 miljarder kr per år. Det visar på en stor potential för förbättring. Även om vissa kostnader som logistik och vissa processkostnader även i framtiden är oundvikliga, så finns stort utrymme för åtgärder som återtar de materialvärden som idag förloras. Dessa kan bli till affärsmöjligheter som är till gagn för både ekonomi och miljö.

Dagens värdeförluster uppstår både genom att material förloras och genom en avsevärd nedgradering av kvalitén. För att identifiera rätt åtgärder behöver vi först förstå vad dagens värdeförluster beror på. Vi finner att den största orsaken är att mycket av materialet inte används mer än en gång: material med ett ursprungsvärde på 21 miljarder kr förstörs, förloras, deponeras, eller bränns årligen. Ytterligare 9 miljarder kr förloras genom att material nedgraderas – blandas, kontamineras, eller på annat sätt förlorar viktiga egenskaper. Enbart 13 miljarder kr av värdeförlusten förklaras av processkostnader för att tillverka sekundärt material som är svåra att undvika, framförallt kostnaden för att smälta om stål.

VÄRDEFÖRLUSTER FÖR OLIKA MATERIAL

PLAST

Varje år faller plast till ett ursprungsvärde av 10 miljarder kr ur användning i Sverige. Hela 84 % av denna plast bränns eller deponeras efter användning. Av de 16 % som blir till ny plast bevaras dessutom endast drygt hälften av ursprungsvärdet, eftersom kvalitén försämras. Materialåtervinning av plast bevarar därför endast 8 % av det ursprungliga totalvärdet. Till detta skall dock läggas värdet av den energi som tillvaratas vid förbränning av plast. Detta uppgår dock bara till 5 % av det urpsrungliga materialvärdet. Därutöver leder förbränning till stora utsläpp av koldioxid. I sammanfattning bevaras därmed endast 1,3 miljarder av de ursprungliga 10 miljarderna. Dessa 13 % är ett långt lägre tal än de 53 % som offentlig statistik rapporterar som materialåtervinning av plast i Sverige.

STÅL

Ursprungsvärdet på stål som faller ur användning är 29 miljarder kr varje år, det i särklass största materialflödet. Det bevarade värdet på stålskrot är 9 miljarder kronor. Skillnaden förklaras till stor del av att omarbetning till nytt stål kostar nära 9 miljarder kr, en post som är nära oundviklig. Hela 12 miljarder av värdeminskningen beror dock på olika former av förluster och nedgradering. Ca 7 miljarder beror på att stål förloras. Av detta sker drygt hälften när stål faller ur användning, genom att stål inte samlas in, blir oanvänt, eller förloras vid omsmältning. Resten beror på förluster vid tillverkning, bearbetning och produktion. Nedgradering av kvalitén leder till ytterligare 5 miljarder i förluster: 1,5 miljarder kr genom att värdefulla legeringar elimineras eller inte tillvaratas när stålet återvinns; 1,5 miljarder kr genom att tidigare högvärdigt stål nedgraderas till mindre värdefullt konstruktionsstål; och ytterligare 2 miljarder genom andra förfaranden som gör skrot mer kostsamt som insats till ny stålproduktion.

ALUMINIUM

Aluminium till ett ursprungsvärde av 3,1 miljarder kr faller ur användning i Sverige varje år, varav ett värde på 1,2 miljarder kr bevaras. Värdeförlusten är således över 60 %. Ca 0,9 miljarder beror på att 30 % av aluminium förloras, genom bristande insamling, processförluster vid återvinning, och förbränning med annat avfall. Ytterligare 1,2 miljarder kr går förlorade genom nedgradering, främst när olika kvalitéer av sekundäraluminium sammanblandas, och därmed tappar 30–40 % av värdet relativt rent aluminium. Sammantaget är detta flöde långt ifrån den bild som man som lekman får, där aluminium framställs som ett material som visserligen är energi-intensivt att producera, men som sedan kan snurra hundratals gånger i ekonomin.

ANDRA MATERIAL

Omfattande värdeförluster uppstår även inom ett flertal andra materialtyper. Vi beräknar t.ex. en värdeförlust för papper på 5,9 miljarder kr per år. Orsakerna är främst volymförluster, förlorad kvalité på fibrer, och kontaminering. I byggsektorn återvinns mycket lite material vid rivning utöver metaller. Enbart spill vid byggnation kan uppgå till 15–20 % av använt material. Globala tal för textilier tyder på att 13 % av all textil återvinns, men till lågvärdiga applikationer snarare än ny textil, och med stora värdeförluster som resultat. Det finns många fler exempel från andra materialområden. Bilden av stora värdeförluster är regel snarare än undantag.

Sammantaget är den svenska ekonomin fortfarande tydligt ”linjär” – väsentligt mer än vad offentlig statistik kan ge intryck av. I Sverige sätts mål främst för insamling av material, definierat som viktprocent. Vi kan således erfara att 53 % av plastavfallet materialåtervinns, att 48 % av materialet från rivningar materialåtervinns, eller att 70 % av förpackningar tillvaratas som material. Dessa höga tal kan lätt ge intrycket att Sverige kommit långt på vägen mot cirkulär materialanvändning. I många fall säger de dock rätt litet om hur långt vi kommit mot att verkligen minska användningen av primärmaterial: 1) De mäter vad som samlas in som material snarare än vad som i slutändan blir till sekundärmaterial (53 % jämfört med 16 % för plast, enligt ovan); 2) De räknar som ”materialåtervinning” även mycket lågvärdig användning (till exempel, när rivningsmassor från byggnader används som fyllnadsmassa i en väg); och 3) De tar inte hänsyn till den stora kvalitéminskning som ofta sker (som att de 16 % av volymen plastavfall som återvinns bevarar 8 % av plastens ursprungsvärde). Nedgraderingen i kvalité är särskilt viktig, eftersom lågt värde på sekundärmaterial gör att det inte är lönsamt att samla in större volymer. De värdebaserade mått vi utvecklar i den här rapporten kompletterar dagens indikatorer och mätetal. Framför allt kan de ge bättre vägledning om hur långt vi kommit mot sekundärmaterial som faktiskt ersätter primärmaterial, med de betydande ekonomiska och miljömässiga vinster som det skulle bidra till.

Det finns också viktiga skäl till varför dagens värdeförluster kan öka på sikt. Särskilt för metaller finns i dag omfattande återvinning, men på sikt finns risk för stora utmaningar. För stål skapas ett stort framtida problem genom inblandning av koppar när produkter med elektriska komponenter återvinns. Koppar påverkar stålets hållfasthetsegenskaper. Redan vid dagens genomsnittliga kopparinblandning på ca 0,22 % blir stålet mycket svårt att använda för ett antal viktiga användningsområden. Idag hanteras detta främst genom nedgradering till konstruktionsstål (som tål högre kopparhalter) och utspädning med nytt malmstål, ofta på exportmarknader. Nedgradering och utspädning är dock inte långsiktiga lösningar när andelen återvunnet stål globalt ökar i framtiden. Koppar som en gång blandats in kan inte avlägsnas. Dagens förfarande riskerar därför att på sikt kraftigt begränsa möjligheten att öka mängden återvunnet stål. För aluminium finns liknande risker. Idag begränsas värdeförluster av att höglegerat och sammanblandat aluminium kan avsättas i gjutna produkter inom fordonssektorn. Gjutaluminium är där ett högvärdigt material, om än mindre värdefullt än primäraluminium. Denna efterfrågan har dock ett frågetecken över sig i ett scenario med en ökande andel elbilar, som saknar många av de gjutna aluminiumkomponenter som finns i dagens bilar. Detta riskerar att skapa en långt större värdeförlust på återvunnet aluminium på sikt. I värsta fall behövs stora mängder primäraluminium för att späda ut sekundäraluminium – till förlust för såväl ekonomin som miljön.

Orsakerna till att systemet ser ut som det gör är i många fall marknadsmisslyckanden och ett ”linjärt” synsätt på produkter. Tillverkande företag har trots sitt formella producentansvar minimala incitament att utforma produkter så att de möjliggör återvinning med höga bibehållna materialvärden. Negativa externa effekter, som växthusgasutsläpp och bristande framtida materialkvalité är inte fullt prissatta. De material som i realiteten är deponi i vägar och deponitäckning klassificeras som materialåtervinning och uppmuntras därför av vissa regleringar. Dessa är bara några av bristerna i incitamentstrukturen: orsaker till värdeförluster finns i hela värdekedjan för olika produkter, samt i hur dagens lagstiftning utformats.

Men roten till dagens värdeförluster finns också i ett djupt liggande synsätt. Produktdesigners och företagsledningar har vuxit upp och utbildats i en linjär ekonomi, och är inte vana att tänka i cirkulära termer. Det betyder också att företag genom ofta rätt små förändringar i verksamheten kan göra stora bidrag till att bevara mer av materialvärdet. Tillverkande bolag är därigenom en helt central del i utvecklandet av ett mer värdebeständigt materialsystem. Många företag utvärderar redan idag systematiskt hur den egna verksamheten och produktionen påverkar samhälle och miljö. Ett nästa steg blir att även beakta vad som sker med materialen efter det att produkterna fyllt sin funktion. Frågan är relevant för en rad viktiga värdekedjor, bland andra:

- **Förpackningar:** omhändertagande leder idag till stora volymförluster av plast och aluminium, och även små förändringar kunde leda till långt större bibehållet materialvärde.

- **Elektronik:** trots större återvinningsgrad i Sverige än globalt finns en stor teknikutvecklingsagenda, både för produktutformning och återvinningsprocesser. Nyckelfrågor är att tillvarata en större

andel komponenter för återanvändning, och att möjliggöra att långt fler ämnen (inte minst knappa metaller) som ingår i produkterna kan återvinnas.

- **Byggnader:** idag återvinns i stort sett bara metaller. Andra i princip återvinningsbara material som plast, gips, och mineral/glasull blir antingen till fyllnadsmassa eller bränns, medan strukturer demoleras snarare än återanvänds. Ett nytt angreppssätt för rivningsprocessen behövs för att ta tillvara och göra byggnader till en framtida ”materialbank”, snarare än en källa till fyllnadsmassor.

- **Fordon:** vid demontering av fordon sker idag avsevärd nedgradering och förlust av stål, aluminium, plast, och ett antal knappa ämnen. En ny process för att designa och sedan demontera fordon, understödd av ny produktdesign och automatisering, kunde därför också återta stora värden som idag går förlorade.

Styrmedel har en central roll för att uppnå bättre materialhantering. Styrmedel är nödvändiga av en rad skäl. Tillverkande bolag saknar i dag incitament att beakta de negativa effekter som materialval eller produktdesign har på materialvärdet vid återvinning. Styrmedel behövs också eftersom produktionen av primärmaterial sällan bär sina negativa miljökostnader, bland annat växthusgasutsläpp. För att återta de materialvärden som förloras behöver vi som första steg formulera om de styrmedel vi har i dag. Mål som styr mot faktisk materialåtervinning och bibehållen materialkvalitet skulle ge långt bättre träffsäkerhet än mål enbart för insamling (dvs. att en viss procentandel av ett materialslag skall samlas in). Det skulle bl.a. förutsätta incitament för att produkter som sätts på marknaden utformas så att materialen enkelt kan återvinnas. Producentansvaret vi har i dag når inte dit, men kunde åstadkomma mer om det gav individuella snarare än kollektiva incitament (något som ny teknik på sikt gör lättare att genomföra). Utan införandet av denna typ av styrmedel kommer återvunna material alltid att arbeta i uppförsbacke. Vi är långt ifrån en jämn spelplan i dag. Därför kan även andra typer av åtgärder krävas, såsom krav på en viss andel återvunnet material i nya produkter. Internationellt samarbete är helt avgörande. Det stora flertalet produkter och material är internationella handelsvaror, och det är nödvändigt att samordna politiken, först och främst på EU-nivå (EU-kommissionen har tagit ett viktigt första steg i och med förslaget om the Circular Economy Package. Men för att det initiativet ska få något märkbart genomslag, krävs tryck från medlemsstaternas regeringars sida).

Sverige kan de kommande två decennierna ta stora steg mot materialhantering som bevarar en långt större del av värdet. Att väsentligt ändra dagens materialsystem kommer även i ett optimistiskt scenario att ta lång tid. Målet med den här studien är inte att sätta en detaljerad vision och färdplan. En djupdykning av detta slag visar dock omedelbart på en mängd åtgärder som skulle kunna minska de värdeförluster som sker idag. För att föra diskussionen vidare skissar vi därför ett långsiktigt scenario för hur en förbättrad materialhantering skulle kunna se ut för tre av materialen: stål, plast och aluminium. I ett 2040-perspektiv – och med nuvarande system för materialhantering – uppskattas värdeförlusterna av att material förloras och nedgraderas bli 20 miljarder kronor per år för dessa tre material. Vi visar på hur 11 miljarder kr skulle kunna återtas – och på längre sikt kan en ännu större del av värdeläckaget åtgärdas. En central insikt är att det krävs stora förändringar i hela värdekedjan. Även om det förstås är osäkert precis vad utfallet blir uppskattar vi att 3–4 miljarder kronor kan komma från förändringar i utformningen av produkter och materialval, där renare materialflöden från produkter som utformats för materialåtervinning förbättrar ekonomin väsentligt. Ytterligare 3–4 miljarder kronor kan återtas genom teknikutveckling och skalfördelar i återvinningssystemen. Att föra återvinningsindustrin från dagens fragmenterade och ofta småskaliga metoder till väsentligt större skala kommer att sänka kostnaderna och öka möjligheterna till specialisering. Det är en förutsättning för att kunna konkurrera med primärmaterialproduktion där enskilda anläggningar ofta producerar miljontals ton per år. De sista 2–3 miljarderna sitter i förbättring av en rad förutsättningar: minskad osäkerhet, en bättre fungerande marknad, ökad efterfrågan, ett bättre investeringsklimat, m.m. Sammantaget utgör möjligheterna att återta värden i denna storleksklass en mängd affärsmöjligheter för olika aktörer inom återvinningsbranschen i samarbete med tillverkande företag. Intäkterna kan i sin tur betala för de insatser och resurser som krävs för att framställa sekundärmaterial. Möjligheterna varierar mellan olika material.

MÖJLIGHETER FÖR OLIKA MATERIAL

PLAST: FOKUS PÅ ATT ETABLERA SJÄLVBÄRANDE CIRKULÄRA FLÖDEN FÖR FEM NYCKELPLASTER.

De fem volymmässigt största plasterna som tillsammans står för 70 % av den svenska plastanvändningen är högst återvinningsbara. Vi visar på vad som på sikt skulle krävas för att totalt 55 % av dessa plastsorter materialåtervinns eller återanvänds (jämfört med 16 % idag). Därmed skulle 40 % av värdet kunna bevaras – dvs. ytterligare 4 miljarder kronor per år. Vår analys visar hur återvinning av dessa fem nyckelplaster kan bli ekonomiskt attraktivt på sikt, genom att förändringar i produktdesign och materialhantering höjer kvalitén, skalfördelar och teknikutveckling sänker kostnaderna och minskar förlusterna, och styrmedel sänker prisskillnaden mellan nyproducerad och återvunnen plast. Vi tror att ett fokus på dessa fem plaster kan hjälpa till att skära igenom den komplexitet som ofta håller tillbaka diskussionen om plast.

STÅL: SVENSK INDUSTRI SOM LEDANDE I EN FRAMTIDA, HÖGKVALITATIV MARKNAD FÖR SEKUNDÄRSTÅL.

Den största möjligheten för svensk industri är en fortsatt vidareutveckling av en marknad som i än högre grad matchar stål som faller ur användning som skrot, med högvärdig stålproduktion, i Sverige och globalt. Ny teknik förbättrar snabbt förutsättningarna för detta. Samtidigt rör sig globala stålmarknader snabbt mot en allt högre andel sekundärstål. Svensk stålindustri och skrothantering är redan i världsklass, och har en möjlighet att befästa en ställning som leverantör av högkvalitativa sekundärmaterial när den marknaden växer. En mer sofistikerad skrothantering kommer att krävas även för att hantera problemet med kopparinblandning.

ALUMINIUM: FOKUS PÅ ATT ÅTERFÖRA ÅTERVUNNET ALUMINIUM TILL URSPRUNGLIGA ANVÄNDNINGSOMRÅDEN.

För att bevara större värden i framtiden behöver fler kategorier av produkter nå dit aluminiumburkarna är idag, där metall kan användas till samma produkt upprepade gånger. Det kräver en bred agenda med minskade volymförluster, separat insamling, bättre sortering av olika aluminiumkvalitéer, och nya metoder för att skilja aluminium från andra metaller. Det blir än viktigare att undvika nedgradering i ett scenario där efterfrågan på gjutaluminium avtar i fordonssektorn.

ANDRA MATERIAL OCH PRODUKTGRUPPER: SVENSKA BOLAG SOM LEDANDE I ATT MÖTA FRAMTIDA FÖRVÄNTNINGAR.

Sverige har förutom en stark materialindustri ett antal ledande tillverkare inom vitt skilda områden – fordon, textil/mode, möbler, verkstadsprodukter, m.m. – och även en bas i biobaserad råvara. Det finns därför stora möjligheter att inom ett antal ytterligare material- och produktgrupper skapa den samverkan som krävs för att identifiera dagens värdeförluster och skapa ett försprång i affärsmöjligheter baserade på att minska dem.

Det finns starka kopplingar mellan att bevara materialvärde och att bidra till miljömål. Fokus i den här studien ligger på de ekonomiska aspekterna av materialhanteringen i samhället. Samtidigt är miljöeffekterna av materialframställning och -användning centrala utgångspunkter för hur samhället och politiken tar sig an frågorna om återvinning och återanvändning. Vi illustrerar hur en mer värdebeständig materialhantering relaterar till miljöfrågor genom kopplingen till svenska och internationella klimatmål. Utsläppen till följd av svensk användning av stål, aluminium, plast och cement uppskattas till hela 13 miljoner ton (”Mt”) koldioxid (CO_2) per år 2040, om dagens produktionsprocesser och former för återvinning tillåts fortsätta. I vårt cirkulära scenario (beskrivet ovan) minskar detta med 4 Mt CO_2 per år. Förbättras återvinning flyttar dessutom utsläpp från mycket svåråtgärdade källor i global materialproduktion (tex gruvdrift, masugnar m.m.), till utsläppskällor som är lättare att påverka genom utnyttjande av förnyelsebar energi. Det ger därför ett positivt bidrag till en ”netto-noll vision” för svensk klimatpåverkan, som komplement till de åtgärder inom produktionsprocesserna som också kommer att krävas. Av de material vi fokuserar på är plast särskilt viktigt. Mycket av CO_2-avtrycket från svensk materialanvändning sker i andra länder,

men vår plastanvändning har även stor inverkan på utsläpp inom Sveriges gränser. Vi är på kurs mot 2 Mt CO_2 per år 2040 endast från förbränning av plast, men detta kan halveras genom ökad återvinning.

Att väsentligt höja den andel av materialvärdet som bevaras är en realistisk och spännande industriell innovationsagenda för Sverige. Kanske kan den förändring av energisystemet som nu pågår i snabb takt ge inspiration: det som för bara 10–15 år sedan av många ansågs omöjligt (på egna ben konkurrenskraftig vindkraft, solkraft, batteriteknik och elbilar) håller nu i snabb takt på att realiseras genom en kombination av teknikutveckling, lagstiftning och offensiva företagsstrategier. Ett så gott som CO_2-fritt elsystem – där ökande delar av transporterna bedrivs med eldrift - är tydligt inom räckhåll i Sverige, med långt lägre kostnader än vad många befarat, och med stora nya värden och medföljande industriell innovationspotential. Att på allvar påbörja motsvarande resa mot ett värdebeständigt och på riktigt cirkulärt materialsystem är en lika relevant vision idag, som visionen om ett CO_2-fritt elsystem var för 10–15 år sedan. Det är också en agenda där Sverige har goda förutsättningar att bli ledande, samtidigt som behovet av lösningar på detta område snabbt växer globalt. Utvecklingen mot att återta materialvärden som idag bokstavligt talat slängs i sjön relaterar till områden där svensk företagsamhet har stora styrkor: en kunnig råvaruindustri, en stark position inom materialvetenskap, ledande tillverkare inom viktiga produktgrupper, välfungerande innovationssystem, styrkor inom digitalisering, ledande hållbarhetsarbete, och en internationellt orienterad ekonomi. Det är svårt att tänka sig en bättre utgångspunkt. Det finns därför starka skäl för svensk industri att ta en ledande roll i utvecklingen av en mer värdebeständig materialhantering.

Vi hoppas den här studien kan bidra till att öka förståelsen av materialanvändningens stora betydelse i ekonomin. Resultaten visar att det finns stora värden att hämta genom en långt effektivare materialhantering, både ekonomiskt och ur miljösynpunkt. Områden att särskilt prioritera identifieras. Vi hoppas att studien kan bidra till inspiration för nya affärsmodeller, och till rader av initiativ som syftar till att återta en större del av de materialvärden som idag går förlorade.

55 MDR SEK

Varje år ersätter vi material med ett ursprungsvärde av 55 miljarder kronor i Sverige. Detta motsvarar 1,2 % av Sveriges BNP eller 12 000 kr per svenskt hushåll.

24 %

Endast 24 % av detta materials värde bevaras idag efter en användningscykel; värdeförlusten uppgår till 42 miljarder kr varje år, av vilket 30 miljarder återstår efter svårundvikliga upparbetningskostnader.

LINJÄR EKONOMI

Den svenska ekonomin är fortfarande väsentligt mer linjär än offentlig statistik kan ge intryck av. Officiellt materialåtervinns t.ex. 75-95 % av stål, ca 50 % av plast, ca 50 % av rivningsavfall och över 70 % av aluminium, trots att bibehållet värde endast uppgår till 24 %.

11 MDR SEK

I ett 2040-perspektiv kan vi redan nu se att 11 miljarder kr per år av det förlorade materialvärde kan återtas. Att väsentligt höja den andel av materialvärdet som bevaras är en realistisk och spännande industriell innovationsagenda för Sverige.

87 %

FÖRLORAT PLASTVÄRDE

Idag bibehåller vi endast 13 % av ursprungsvärdet. Detta beror framförallt på att majoriteten av plasten bränns i energiåtervinning, och den plast som återvinns är av signifikant lägre kvalitet och värde än nyproducerad plast.

58 %

FÖRLORAT STÅLVÄRDE

Idag bibehålls endast 42 % av värdet på stål, på grund av volymförluster vid insamling och produktion, samt nedgradering av stålkvalitén.

62 %

FÖRLORAT ALUMINIUMVÄRDE

Aluminium förlorar över 60 % av sitt värde under en användningscykel, framförallt p.g.a. den stora nedgradering som sker, men även att aluminium inte samlas in.

Ett mer cirkulärt materialsystem är också centralt för att uppnå klimatmål. Utan förändring riskerar användning av stål, aluminium och plast ge upphov till 13 Mt CO_2 per år 2040, vilket är mer än 20 % av Sverige totala utsläpp 2015. I vårt cirkulära scenario minskar detta till 9 Mt.

13 MT CO_2

1. MATERIALVÄRDE SOM EKONOMISK MÖJLIGHET

Bättre användning av material diskuteras sedan länge, och skär tvärs en bred ekonomisk och miljöpolitisk agenda. En aspekt är försörjningstrygghet av kritiska material i ofta koncentrerade internationella värdekedjor, eller konsekvenserna för framtida generationer av att vi idag använder tillgångar som kan visa sig begränsade. Återvinning av material är också sedan länge grundval för viktig ekonomisk verksamhet, t.ex. baseras en stor del av förädlingsvärdet i svensk stålindustri på skrotbaserad produktion, och i pappersindustrin utgör återvunna fibrer en integrerad del av produktportföljen. Materialhantering väcker också ofta viktiga miljöfrågor. T.ex. står material för mer än en fjärdedel av utsläppen av CO_2 från industri och energiproduktion globalt. Materialflöden kan också bli till direkta föroreningar, något som uppmärksammats mycket i takt med att de negativa effekterna av plast i haven och läckage av mikroplaster till naturen blivit tydliga.

På senare tid har materialfrågor fått ny energi. Frågan om hur en mer cirkulär ekonomi kan uppnås diskuteras intensivare, inte minst i näringslivet. Flera stora bolag har satt långtgående mål om att kraftigt minska användningen av nyproducerade material i sina produkter, eller att återföra produkter till ny användning. Ett antal politiska initiativ ger också agendan ny kraft. Utifrån EU:s handlingsplan för övergången till en cirkulär ekonomi diskuteras nu initiativ för nya regelverk för t.ex. ekodesign och avfallshantering, och en strategi för plast i den cirkulära ekonomin som kommer att publiceras i slutet av 2017. Dessa har sin motsvarighet i Sverige, med ett antal samverkansprogram på området.





VARFÖR ETT VÄRDEPERSPEKTIV PÅ MATERIALANVÄNDNING?

SEKUNDÄRA MATERIAL SOM EN INDUSTRIELL OCH EKONOMISK MÖJLIGHET

Den här studien vill bidra med ett nytt perspektiv till diskussioner om material, där *materialvärdet* står i centrum som en ekonomisk möjlighet. De frågor vi tar ett första steg för att besvara i denna rapport är:

När 100 kr råmaterial går in i den svenska ekonomin, hur många kronor återstår efter en användningscykel? Vilka är de stora ”värdeläckagen” och vad beror de på? Vilka åtgärder kunde minska värdeläckagen, och hur mycket värde kan då återtas? Vilka industriella möjligheter uppstår på vägen? Vad är en attraktiv målbild för mer värdebeständig materialhantering på längre sikt?

Resultaten visar att bättre materialhantering förtjänar uppmärksamhet som en viktig ekonomisk fråga. Som vi beskriver i kommande stycken betalar vi varje år mer än 55 miljarder kronor för att ersätta material som faller ur användning. Men endast 13 miljarder, mindre än en fjärdedel av det ursprungliga värdet, fångas upp i hur materialen används därefter. Möjligheten att återta en del av de 42 miljarder som årligen förloras är därför en viktig industriell agenda.

EN POLITISK MÅLBILD – VÄRDEPERSPEKTIVET SOM UNDERLAG FÖR STYRMEDEL OCH PRIORITERINGAR

För det politiska samtalet ser vi stor nytta av att ta ett mer värdefokuserat angreppssätt till materialfrågor. Dagens styrmedel och mål definieras främst i termer av insamling och volymer. Vi kan således erfara att 53 % av plastavfallet materialåtervinns, att 48 % av materialet från rivning materialåtervinns, eller att 70 % av förpackningar tillvaratas som material genom officiell statistik. Dessa höga mätetal kan lätt ge intrycket att Sverige kommit långt på vägen mot att genom återvinning minska användningen av primärmaterial. Återvinning och ”cirkularitet” är dock inga självändamål. De motiveras av värdena på de sekundärmaterial som kan produceras, och av negativa miljö- eller resurseffekter som kan undvikas. Dagens mått missar viktiga aspekter av hur bra vi lyckas med detta:

- **De mäter ofta** vad som samlas in, snarare än vad som i slutändan blir till nytt material. För plast är till exempel rapporterad materialåtervinning dubbelt så stor som mängden sekundärplast som faktiskt produceras.

- **De betecknar som** ”materialåtervinning” flera aktiviteter som varken bibehåller ekonomiska värden eller undviker nyproduktion av primärmaterial – till exempel deponitäckning, eller användning som fyllnadsmassor i konstruktion. Det är enbart i den bemärkelsen Sverige kan säga sig ha uppnått ett mål om 50 % materialåtervinning från rivning inom byggsektorn.

- **De tar inte hänsyn** till den stora kvalitéminskning som sker i många fall. Som vi visar i följande kapitel uppvisar alla material någon form av nedgradering (downcycling), så att återvinning leder till material med lägre värde än ursprungsmaterialet, och med begränsad förmåga att ersätta primärmaterial i likvärdiga funktioner.

Vilseledande mätetal ger stor risk för felprioriteringar. Vi riskerar i värsta fall att gå miste om viktiga värden och industriella möjligheter, eller att inte uppnå de eftersträvade miljövinsterna. Om insamlade flöden inte blir till material, eller om kvalitén är så låg att sekundärmaterialet faktiskt inte förmår ersätta primärmaterial, så uteblir också miljönyttan. Än värre: om sekundärmaterialet är av för låg kvalité finns det i värsta fall risk för en ”rekyleffekt”, där billiga sekundärmaterial ökar den totala materialanvändningen. Ett högt värde på sekundära material är å andra sidan ett tydligt tecken på att sekundära material är ett realistiskt alternativ till primärmaterial, och därför ofta tätt förknippat med uppfyllelse av såväl ekonomiska mål som miljömål.

EN INDUSTRIVISION – NY SAMVERKAN FÖR VÄRDEBESTÄNDIGA MATERIAL

För industrin ligger relevansen av värdeperspektivet i nya affärsmöjligheter som bidrar till en mer cirkulär ekonomi. Genom att återta det materialvärde som idag förloras kan också intäkter skapas. Detta kräver en förmåga att producera högvärdiga sekundärmaterial som förmår konkurrera i internationella råvarukedjor. Att hitta långsiktiga källor till

värde är särskilt attraktivt i en situation där såväl råvaruindustrier som återvinningsverksamhet lider av dålig lönsamhet och många marknader efter råvaruboomens slut hamnat i obalans. Utöver detta är frågan vad som händer med material som används vid produktion en viktig aspekt av tillverkande bolags hållbarhetsarbete, och något som med tiden kommer att tillta i betydelse.

Den här studien tar fram en vision för hur svenska bolag till 2040 kan genomföra åtgärder som återtar 11 miljarder kronor per år av förlorat materialvärde. En viktig lärdom av analysen är att en sådan omställning kräver engagemang och initiativ utmed hela värdekedjan för materialflöden, och i flera stora produktkategorier: från förändringar i produktdesign och materialval, till hur vi hanterar slutanvända material och återvinner dem, till användning av sekundära material vid ny tillverkning. Det krävs också en aktiv innovationsagenda, där bland annat ny materialteknik och digitalisering av produkt- och materialhantering blir viktiga delar av att återta materialvärden som idag förloras.

Vi ser detta som en attraktiv industrivision för Sverige. Den relaterar till områden där svenska bolag har styrkor: en kunnig råvaruindustri, en stark position inom materialvetenskap, ledande tillverkare inom viktiga produktgrupper, välfungerande innovationssystem, styrkor inom digitalisering, ledande hållbarhetsarbete, och en internationellt orienterad ekonomi.

DAGENS MATERIALHANTERING LEDER TILL VÄRDEFÖRLUSTER PÅ 42 MILJARDER KR PER ÅR

Vad vi känner till är den här studien den första ansatsen som tar ett värdeperspektiv på materialhantering. Vi identifierar först vilka materialflöden som är störst, fokuserar på stål, plast, aluminium, cement och papper, och finner att utflödet ur ekonomin av dessa material tillsammans är värt 55 miljarder kronor per år, samtidigt som endast 13 miljarder av dessa bevaras i nästa användning av materialen. En beskrivning av de 42 miljarder som därmed förloras blir också nyckeln till att identifiera hur en högre andel värde kan bevaras, och vilka affärsmöjligheter detta kan erbjuda. Det här inledande kapitlet ger en översikt och beskrivning av metoden, och vi djupdyker sedan i de enskilda materialkategorierna i efterföljande kapitel.

VÄRDEPERSPEKTIVET SOM VERKTYG FÖR ATT FÖRSTÅ EKONOMISKA VÄRDEN I MATERIALFLÖDEN

Den metod vi tagit fram kan sammanfattas enligt följande fem steg:

1. Fokus på fem stora materialkategorier: Stål, plast, aluminium, papper och cement. Dessa täcker in den stora majoriteten av såväl volymer som det totala materialvärdet, och även de produktionskedjor som är mest relevanta för svenska miljömål. Det finns dock fler material som kunde vara relevanta för uppföljningsstudier, såsom gips och isoleringsmaterial i byggindustrin, textilier, ytterligare metaller som koppar eller zink, och ett antal organiska material och ämnen. Fokuset på material betyder också att vi inte analyserar rena produktvärden (t.ex. värdet på en bil, snarare än på materialen som används för att tillverka en bil). Produkternas värde är i de allra flesta fall långt större än materialvärdet, och såväl värdet som värdeförluster väsensskilda.

2. Analysera material som *faller ur användning*. Det materialflöde vi värderar är material som *faller ur användning* i Sverige: det material som sitter i produkter, byggnader, m.m. som når slutet på sin användning. Exempelvis kan det vara det aluminium som sitter i bilar som skrotas, plasten i förpackningar som kastas, eller stålet i byggnader som rivs. Material som faller ur användning är det som (i princip) blir tillgängligt för ny, sekundär materialproduktion eller annan återvinning. Ett viktigt bidrag från den här studien är att sätta fokus på just detta materialflöde, som skiljer sig från hur vi oftast diskuterar material. Till exempel är det helt annorlunda än produktionen av material i Sverige, vilken till allra största delen exporteras snarare än används i landet. Material som faller ur användning skiljer sig också från användningen av material vid tillverkning och nettotillförseln av material: medan *nettotillförseln* är ”inflödet” i ekonomin, är material som faller ur användning ”utflödet”.

3. Uppskatta materialets *ursprungsvärde*. Vi ställer sedan frågan vad *ursprungsvärdet* på detta utflöde av material är, eller mer exakt: vad det kostar att ersätta motsvarande volym och kvalitet av material med dagens materialpriser. Till exempel faller ca 3,3 miljoner ton stål ur användning i Sverige årligen, och vi värderar detta med priser för olika stålkategorier som är relevanta idag. I de flesta fall har vi använt 2014 som basår för såväl volymer som priser, då detta är det år för vilket mest komplett data finns.

4. Beräkna *bevarat värde*. Nästa steg är att undersöka hur materialet hanteras när det blir tillgängligt. Detta kan variera från användning som råvara i ny materialproduktion, till t.ex. förbränning, användning som fyllnadsmassor, eller deponi. Olika behandling leder i sin tur till stora variationer i *bevarat värde*, definierat som det marknadsvärde som materialet har vid nästa användning. Det finns två huvudkategorier av bevarat värde:

a. Bevarat materialvärde. Detta är värdet på sekundärmaterial. Till exempel är det bevarade värdet på sekundärplast det marknadspris som sekundärplast har efter att plast som faller ur användning samlas in, sorteras, behandlas, och upparbetas till ny plastråvara, medan det för stål och aluminium är skrotvärdet.

b. Bevarat energivärde. Vi beräknar även värdet av annan användning av materialet. I de flesta fallen är detta mycket litet – det kan rentav vara negativt vid deponi, och nära noll även för användning som fyllnadsmassa, m.m. En del energi tas tillvara när material bränns, och vi tar med värdet av denna i beräkningen.

5. Analysera *värdeförluster*. Skillnaden mellan ursprungsvärdet och bevarat värde är den *värdeförlust* eller det *värdeläckage* som vi sedan analyserar för att belysa orsakerna och föreslå åtgärder. Värdeförlusten kan i sin tur delas upp i tre delar:

a. Volymförluster. Dessa uppstår när materialet inte blir till nytt material, utan går till annan, oftast långt lågvärdigare användning. Det tydligaste exemplet är att den allra största delen plast går till förbränning snarare än till produktion av nytt material. Andra exempel är stål som blir kvarstående eller förloras, eller aluminium och papper som inte sorteras ut från annat avfall före förbränning, m.m.

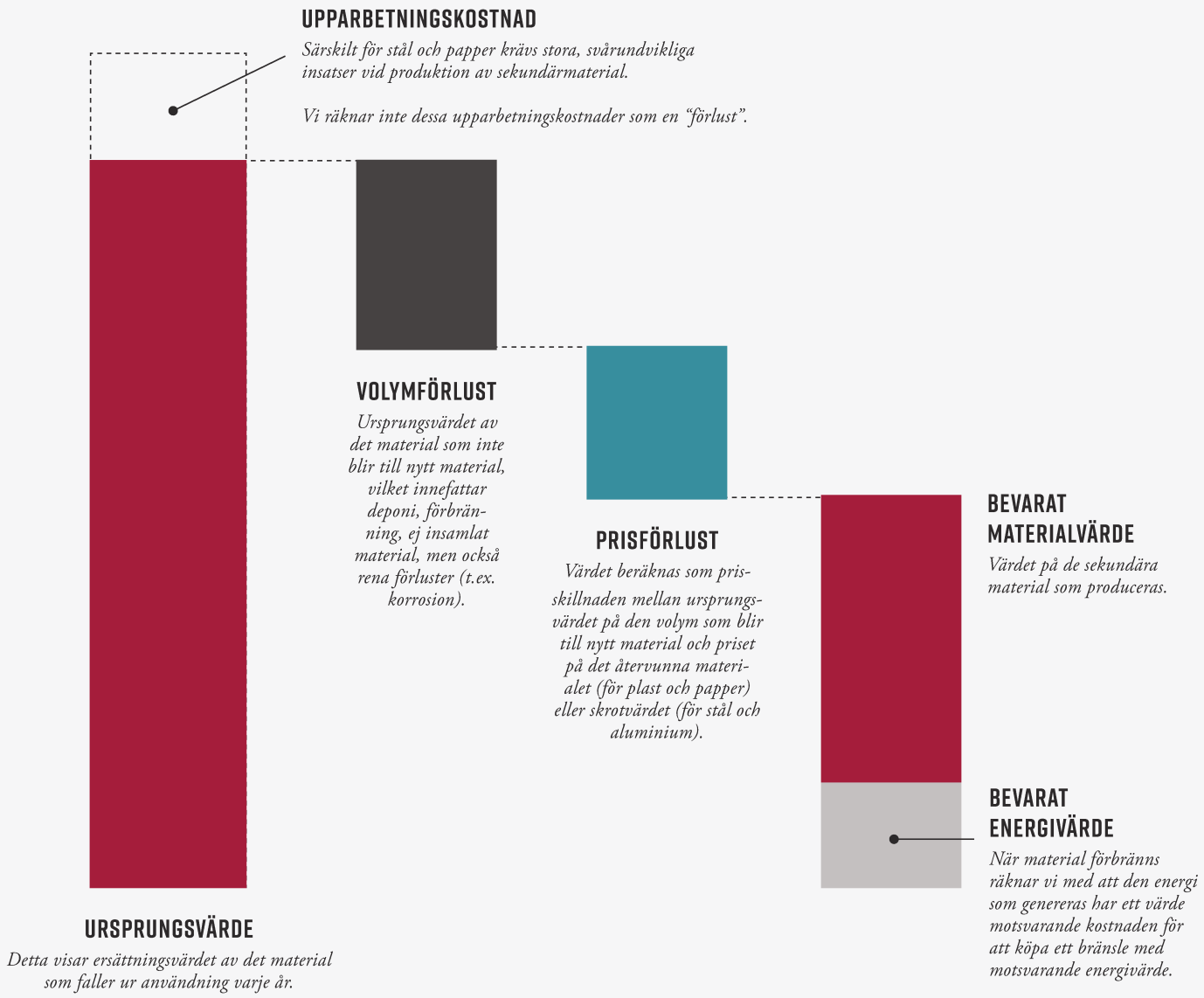
b. Prisförluster. Dessa uppstår när sekundärt material nedgraderas så att det blir mindre värdefullt än nyproducerat sekundärmaterial. Denna jämförelse av priser på sekundär- och primärmaterial är något som saknas i många befintliga analyser av materialåtervinning, men den är mycket viktig för förståelsen av om sekundära material faktiskt förmår ersätta primärmaterial; ett lägre pris är ofta ett tecken på att det finns begränsningar.

c. Upparbetningskostnader. För vissa material uppstår avsevärda kostnader för omarbetning till nytt material. För stål uppstår kostnader för omsmältning i ljusbågeugn, och för papper upparbetningskostnader från returfiber till nytt papper. Vi redovisar dessa kostnader separat från ursprungsvärdet, då de är nära oundvikliga och inte ens teoretiskt kunde undvikas eller åtgärdas. De sätter därför också en gräns för hur värdefullt material som faller ur användning kan bli.

FIGUR I

METODIK FÖR ETT ”VÄRDEVATTENFALL” FÖR MATERIAL SOM FALLER UR ANVÄNDNING

Figur 1 sammanfattar hur vi redovisar analysen i ett ”vattenfall”, och metodiken beskrivs också i mer detalj i Appendix till rapporten.[1]



[1] Metodik och källor beskrivs i ett Appendix till rapporten tillgängligt via: materialeconomics.com/publications/materialrapport2018

VARJE ÅR FALLER MATERIAL MED ETT URSPRUNGSVÄRDE PÅ 55 MILJARDER KRONOR UR ANVÄNDNING I SVERIGE

Vi beräknar ursprungsvärdet av material som faller ur användning till 55 miljarder kronor (Figur 2), tvärs stål, papper, plast, aluminium och cement. Stål är i särklass störst, med ett ursprungsvärde på 30 miljarder per år.

Som referenspunkt motsvarar 55 miljarder 1,2 % av Sveriges BNP, eller 12 000 kr per svenskt hushåll. Materialen används tvärs hela ekonomin, men i värdetermer står tre värdekedjor för hela tre fjärdedelar av material som faller ur användning: konsumentprodukter (inklusive förpackningar och elektronik), byggnader, och fordon. Dessa är de kategorier som i värdetermer är viktigast, och det är framförallt inom dessa som åtgärder behöver genomföras för att minska värdeförlusten inom materialen.

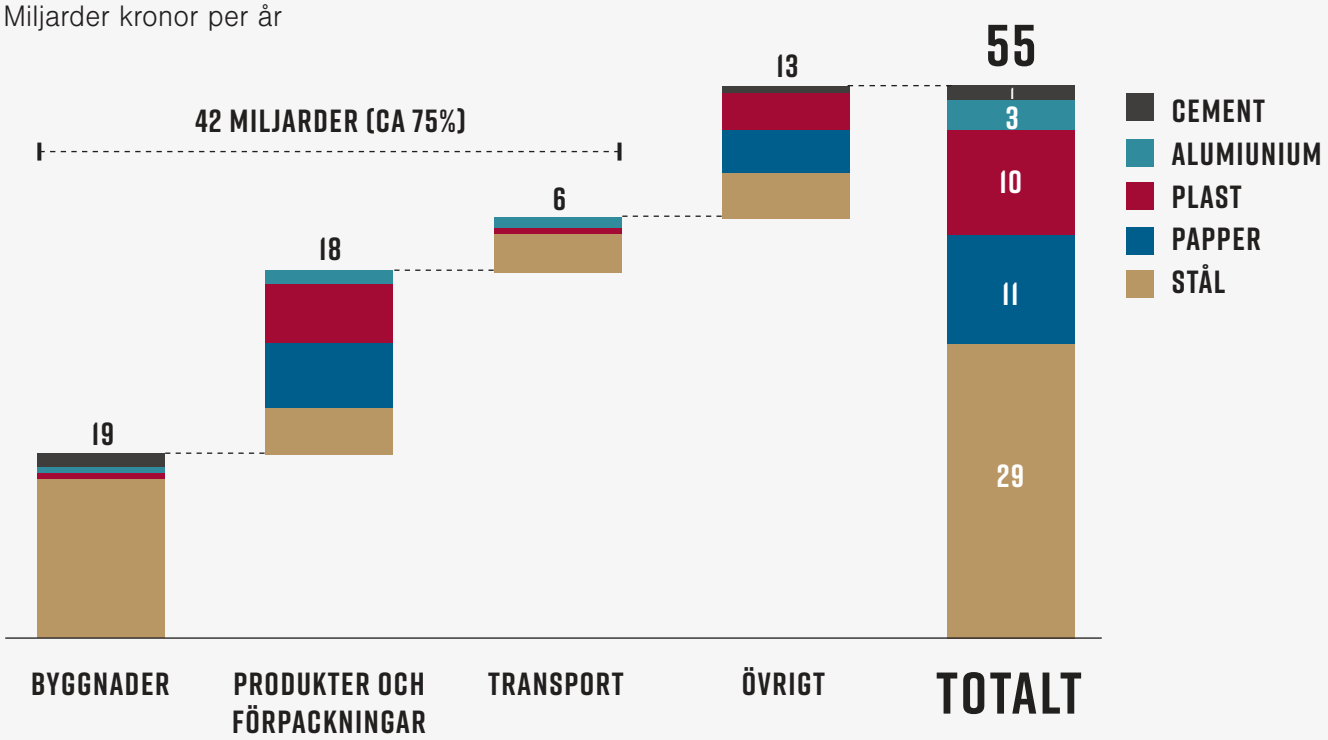
55

MILJARDER KRONOR PER ÅR

Ursprungsvärdet på material

FIGUR 2 VARJE ÅR FALLER I SVERIGE MATERIAL MED ETT URSPRUNGSVÄRDE PÅ 55 MILJARDER KRONOR UR ANVÄNDNING

Ursprungsvärde på material som faller ur användning, uppdelat per produktkategori och material
Miljarder kronor per år



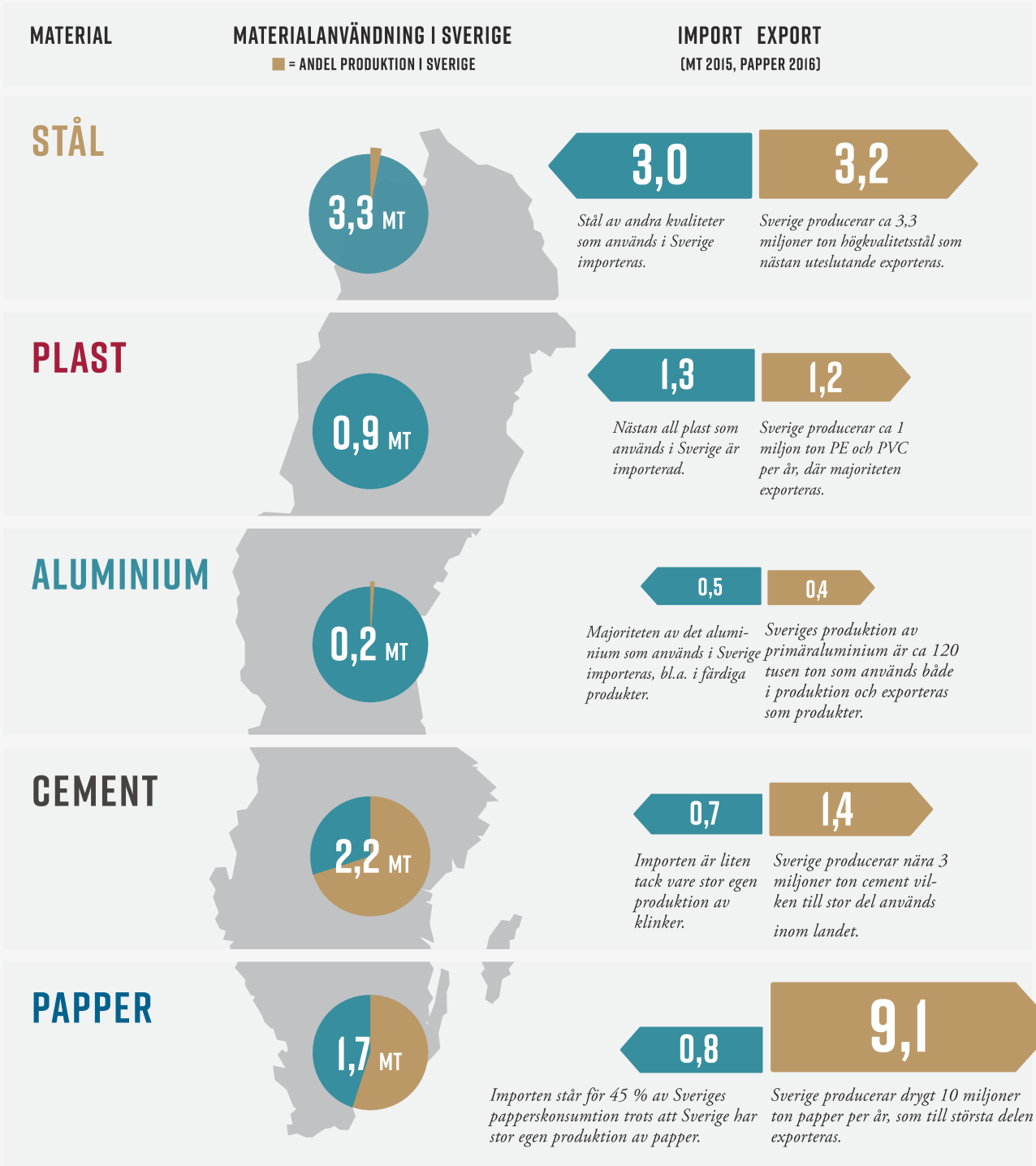
KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS; SE RAPPORTTEXT OCH APPENDIX FÖR METODIK OCH DATAKÄLLOR
NOTERIING: (SKILLNAD MELLAN SUMMERINGAR OCH TAL BEROR PÅ AVRUNDNING)

FIGUR 3

MATERIALANVÄNDNING ÄR STORSKALIG OCH INTERNATIONELL

SVENSK PRIMÄRPRODUKTION, ANVÄNDNING, OCH SEKUNDÄRPRODUKTION ÄR ALLA DEL AV STORA INTERNATIONELLA VÄRDEKEDJOR

Svensk materialanvändning, import och export
Miljoner ton material (Mt)



KÄLLA: SCB; SKOGSINDUSTRIERNA; ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS

ENDAST 24 % AV MATERIALVÄRDET BEVARAS, MEDAN 42 MILJARDER KR FÖRLORAS VARJE ÅR

Det bevarade värdet efter en användning är avsevärt lägre än ursprungsvärdet. Runt 13 miljarder, eller 24 % av det ursprungliga värdet, återstår medan värdeförlusten uppgår till 42 mdr kr per år (Figur 4). I stort sett hela det bevarade värdet, 13 mdr kr, är materialvärde, dvs. värdet av de sekundärmaterial som fångas när material som faller ur användning används som insats till ny materialproduktion. Andra sätt att använda material bevarar mycket litet av värdet. Till exempel leder förbränning av plast till att endast 10 % av ursprungsvärdet bevaras (se kapitel 2). Större delen av det bevarade värdet är stål, vilket speglar både de stora ursprungliga värdena och lägre värdeförluster än för andra material.

Av 42 miljarder kr per år är upparbetningskostnaderna 13 mdr kronor per år. Det rör sig framförallt om kostnader för omsmältning och förädling av stål i ljusbågsugnar och tillverkning av papper från returfibrer. Återstående 30 miljarder är dock förluster som uppstår antingen genom att materialet inte blir till nytt material utan används till mindre värdefulla funktioner (volymförluster), eller att priset på sekundärmaterial är avsevärt lägre än för motsvarande nyproducerat material (prisförluster). En djupdykning i varje materialkategori visar att olika faktorer är viktiga i olika fall, något vi beskriver i detalj i följande kapitel. En viktig insikt från en jämförande analys är dock att stora värdeförluster uppstår i alla viktiga materialkategorier – även de material (framförallt metaller) som allmänt anses som välskötta.

Volymförlusterna uppstår när materialet inte används som material mer än en gång: material till ett värde av 21 miljarder förstörs, deponeras, går till förbränning, eller förloras på annat sätt varje år. Att dessa förluster är så stora står i kontrast mot officiell statistik om materialåtervinning, och visar vikten av att se materialets slutpunkt – vad som faktiskt blir till nytt material – snarare än vad som samlas in.

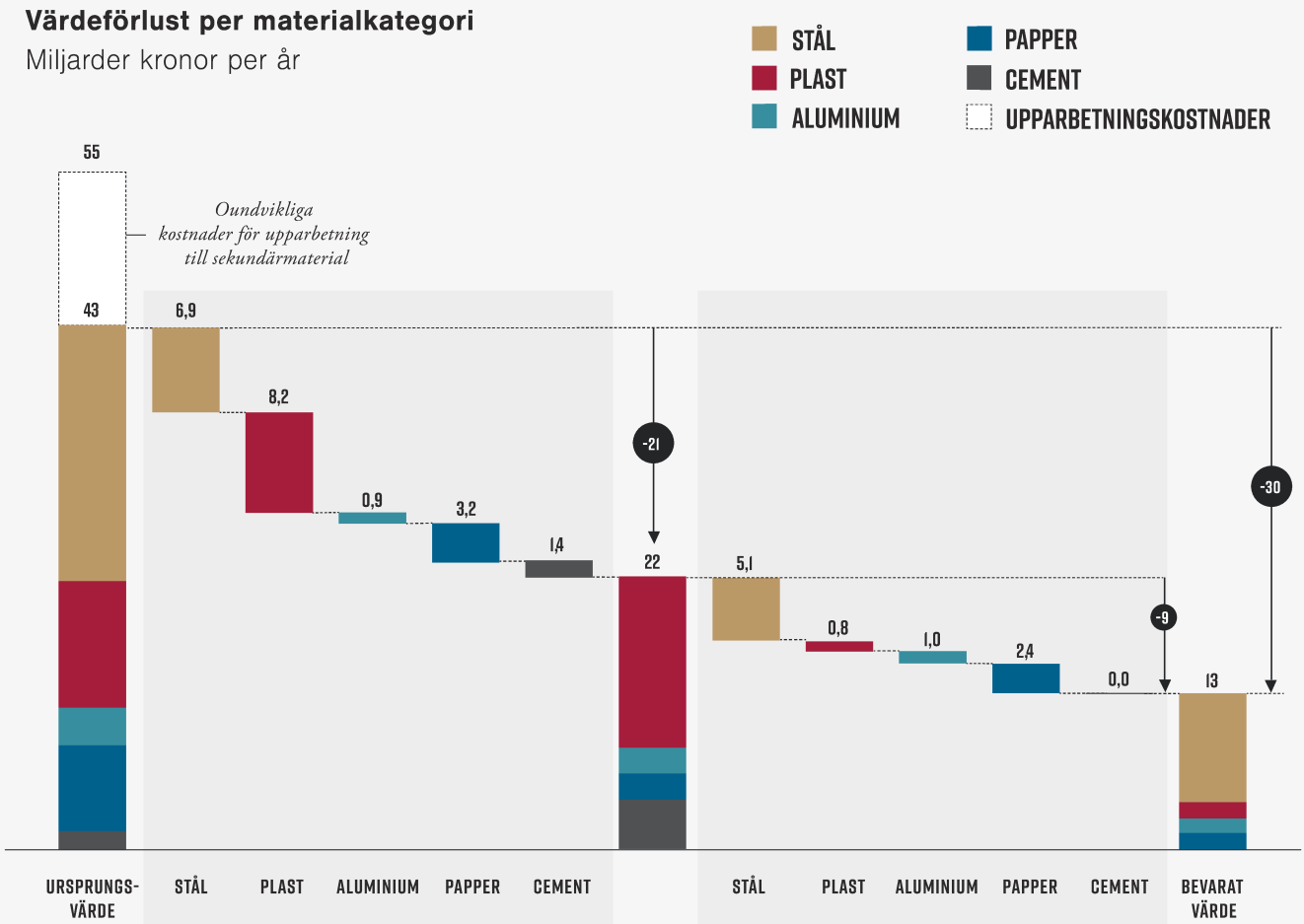
Prisförlusterna beror oftast på att material degraderas: blandas, kontamineras, eller på annat sätt förlorar viktiga egenskaper. De material som faktiskt cirkuleras är därför genomgående av lägre värde när de säljs: sekundär plast är ofta värd drygt hälften av primärplast, stålskrot ca 30 % av nyproducerad metall, och aluminiumskrot 60 % av ny metall.[2] Totalt uppgår prisförlusterna till 9 miljarder kronor per år. En viktig lärdom av analysen är att prisförlusterna inte enbart beror på tekniska kvalitéer på materialet. Tillförlitlig tillförsel, jämn kvalité, stor skala, spårbarhet, produktstandarder, och säljarens kreditvärdighet och förmåga att ingå rätt sorts kontrakt är också viktiga. Även regleringar och marknader som saknar konkurrens eller likviditet påverkar prisbildningen.

Prisförlusterna är i själva verket ofta viktigare än dagens siffror ger sken av. I flera fall är det just eftersom sekundärmaterial får låg kvalité och lågt värde som insamling och materialåtervinning inte lönar sig. Lågt pris är därför rotorsaken även till stora volymförluster, och särskilt till att material som faller ur användning inte går till materialåtervinning. Likaledes betyder höga prisförluster att även om volymförlusterna åtgärdades, så skulle stora värdeförluster återstå genom pristappet.

[2] Slutpunkten definieras olika för de olika materialen, vilket diskuteras mer i de individuella kapitlen, och framför allt i Appendix. Stål är det material som kräver den kostsammaste uppgraderingen, och värdeförlusterna definieras bäst efter att den oundvikliga upparbetningskostnaden till nytt stål först dragits av – se kapitel 3.

FIGUR 4
VÄRDEFÖRLUSTER I MATERIAL UPPGÅR TILL 30 MILJARDER KRONOR PER ÅR EXKL. UPPARBETNINGSKOSTNADER
FÖRDELAT PÅ VOLYM- OCH PRISFÖRLUSTER

Värdeförlust per materialkategori
Miljarder kronor per år



VOLYMFÖRLUSTER

- *Material som inte går till materialåtervinning utan deponeras, bränns som avfall eller på annat sätt förloras.*
- *Processförluster under återvinning – utsortering, oxidering, m.m.*

PRISFÖRLUSTER

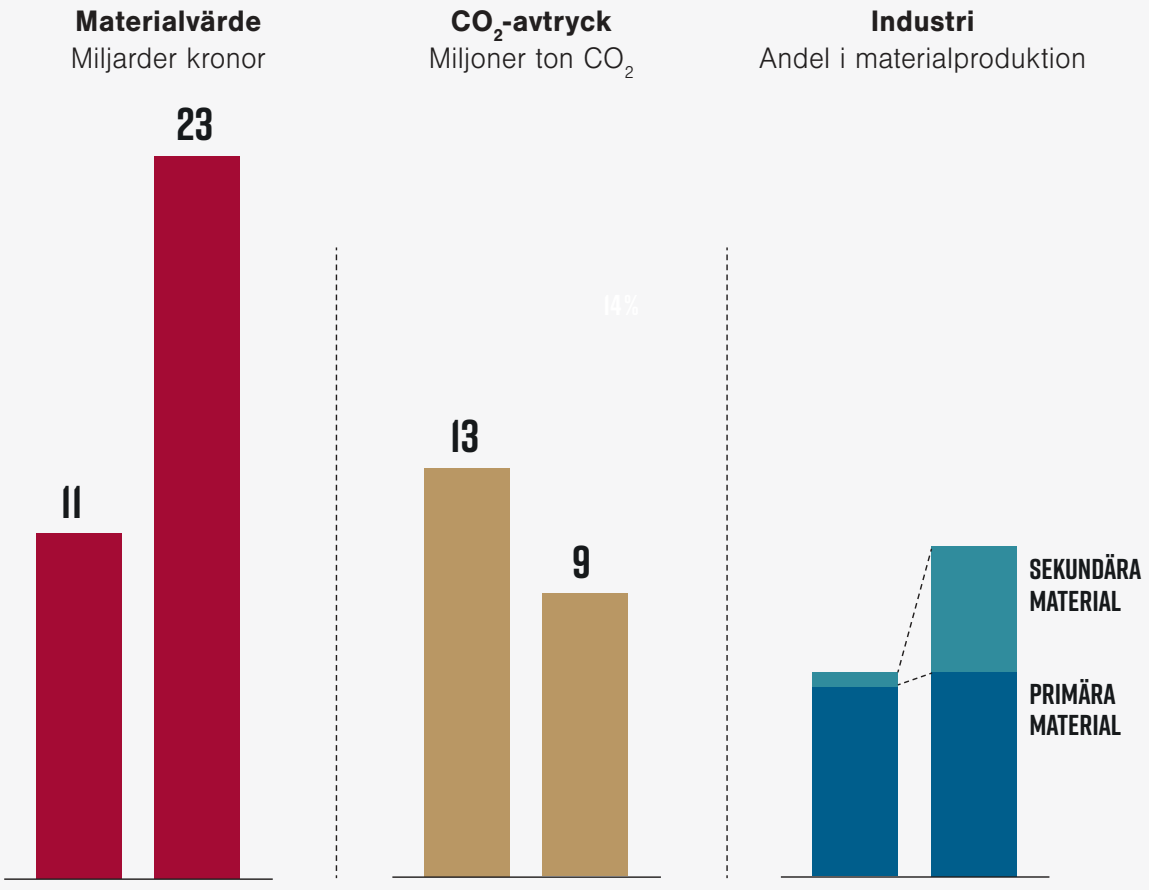
- *Lägre pris på sekundärmaterial jämfört med motsvarande jungfruliga material – t.ex. på grund av sammanblandning, kontaminering, nedgradering, osäker kvalité, eller skala och tillförlitlighet.*

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS

VÄRDEBESTÄNDIGA MATERIAL SOM EN ATTRAKTIV VISION FÖR SVERIGE OCH SVENSK INDUSTRI TILL 2040

Givet de stora förlusterna är den uppenbara frågan: vad kan göras för att minska dem? Ett mer värdebeständigt materialsystem kan bidra till ett antal viktiga agendor för både ekonomi och samhälle. Ekonomiskt finns potentialen att återta värdeförluster på tiotals miljarder kronor. Detta skapar en industrimöjlighet, där sekundära råvarukedjor kompletterar den redan framgångsrika primära råvaruindustri som länge varit en svensk styrka. I miljötermer framstår en bättre hantering av material som en på sikt oundgänglig del av att nå Sveriges och globala klimatåtaganden. Vi presenterar här en första bild av hur vi på ett par decenniers sikt kan vända värdeförluster till vinster för ekonomi, miljö, och industri. Sammantaget ser vi en attraktiv agenda för Sverige (Figur 5).

FIGUR 5 EN CIRKULÄR VISION ÄR ATTRAKTIV FÖR EKONOMI, MILJÖ OCH INDUSTRI



+11 miljarder kr i bibehållet materialvärde[1]
- *Materialvärdet drivkraft för sekundära material.*
- *Integrering av cirkulära principer tvärs värdekedjan.*
- *Sekundära material ersätter primära 1:1.*

Materialhantering förenlig med klimatmål
- *Plastförbränning fasas ut, främst genom återvinning.*
- *Mindre downcycling av metaller för att möjliggöra långt högre andel sekundärproduktion.*

Stor sekundär materialindustri
- *Högvärdig sekundär stålproduktion.*
- *Ledande nationell bioekonomi.*
- *Tekniledare i ny sekundärproduktion.*

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS
NOTERING: SKILLNAD PÅ SIFFROR I GRAF OCH TEXT BERORPÅ AVRUNDNING.

I VÄRDETERMER SER VI MÖJLIGHETER ATT ÅTERTA 11 MILJARDER KRONOR PER ÅR TILL 2040

Dagens värdeförluster beror på en rad faktorer i hela värdekedjan – från produktdesign och materialval, till återvinning och infrastruktur och marknad och regleringar. Det betyder också att ett mer värdebeständigt system kräver förändring tvärs alla dessa områden:

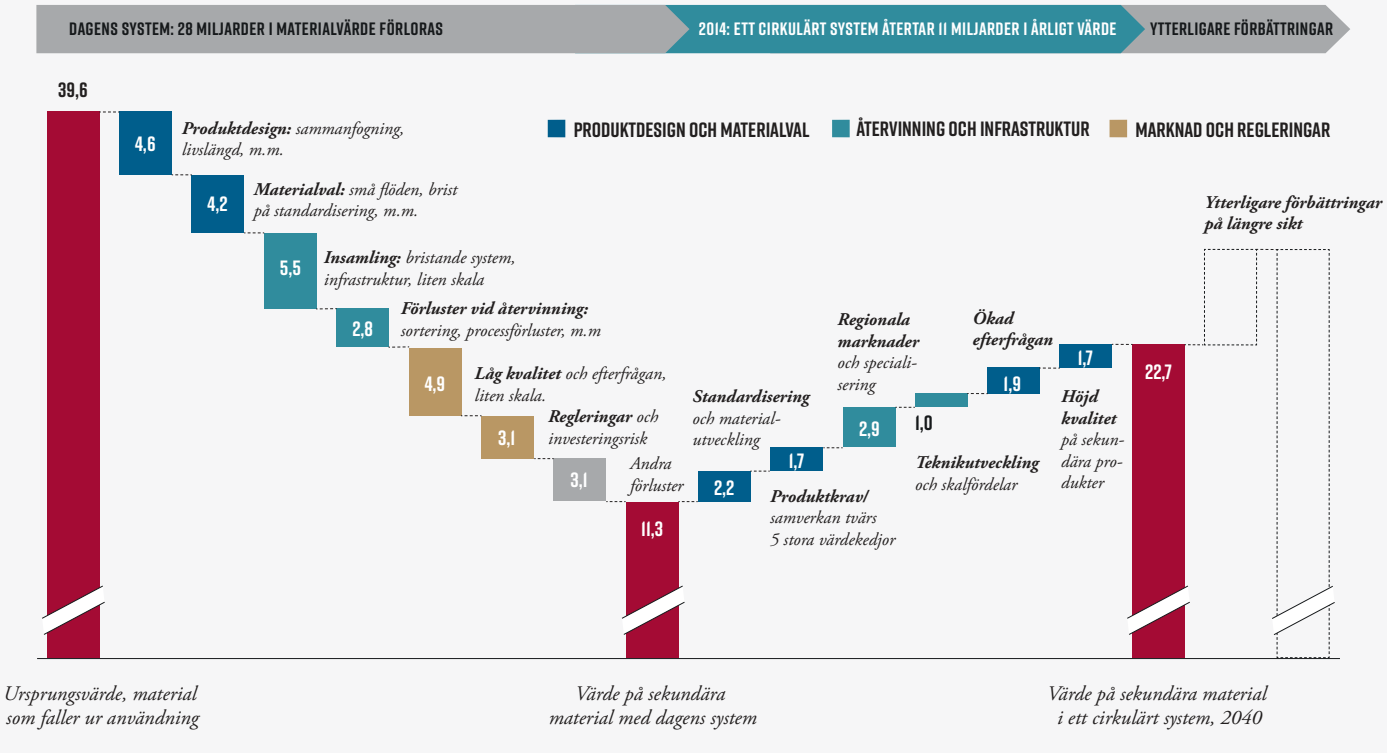
- **Tillverkande bolag** gör förändringar i produkt design och materialval – inte för att åsidosätta fokus på låg tillverkningskostnad och funktion, utan för att även väga in effekten på materialåtervinning när en produkt är färdiganvänd.
- **En expanderad återvinningsindustri,** med mer avancerad teknik, större skala, och utökad infrastruktur förmår bättre omhänderta redan mer gynnsamma flöden av material som faller ur användning.
- **En stabil marknad för sekundära** material, med stadig efterfrågan och understödd av regleringar som reflekterar brister i marknaden och avhjälper negativ miljöpåverkan.

En systematisk genomgång av potentialen för förbättringar inom hanteringen av stål, plast och aluminium summerar till hela 11 miljarder kronor per år i ett scenario till 2040 (Figur 6).

Detta är ett ambitiöst scenario, men på sätt och vis är det inte förvånande att det finns stora möjligheter: frågan har hittills sällan varit i fokus, och även små förändringar som idag förbises i produktledet har stor potential att snabbt öka värdet på sekundära material och minska kostnaderna för deras produktion. Inget av stegen på vägen är beroende av helt obeprövade eller orealistiska åtgärder, och en redan gynnsam teknikutveckling ger ytterligare tillförsikt att detta är ett mål värt att sträva mot. Inte desto mindre är det utmanande att uppnå samtidiga förändring i alla olika led av värdekedjan, och det krävs en aktiv agenda för både näringsliv och politik för att uppnå detta mål.

FIGUR 6 ETT CIRKULÄRT SYSTEM ÅTERTAR 11 MILJARDER KR I VÄRDE ÅRLIGEN INOM STÅL, PLAST, OCH ALUMINIUM

Årligt värde som faller ur användning i Sverige, 2040.
Miljarder kronor per år



Vi noterar också att svensk industri har flera styrkor som ger ett mycket gynnsamt utgångsläge för denna omställning:

- **Svensk råvaruindustri** har beprövad förmåga att framställa konkurrenskraftiga produkter.
- **Inom stålindustrin** finns världsledande förmåga att framställa högkvalitativa stål från skrotbaserad produktion, något som måste öka stort om löftet om långt större andelar sekundärstål ska kunna infrias.
- **Tekniskt kunnande** inom metallurgi och andra materialvetenskaper är i flera fall i världsklass.
- **Flera högst relevanta** produktkategorier – lastbilar, bilar, möbler, kläder/textil, vitvaror, m.m. – räknar svenska bolag bland de ledande producenterna.
- **Sverige ligger också** i framkant i flera aspekter av digitalisering – från informations- till robotteknik– som behövs för att möjliggöra högdifferentierad och effektiv produktion av sekundärmaterial, samt märkning och spårning av material.
- **I en relativt liten ekonomi** är det möjligt att samla i stort sett alla de ledande aktörerna inom respektive materialkategori och/eller produktgrupp för att åstadkomma den koordinering som behövs.

Det är svårt att tänka sig en bättre startpunkt för precis den sorts samverkan, industrikluster, inkubation och teknikutveckling som behövs för förbättrade materialflöden. Globalt är teknologi och affärsmodeller som bidrar till ökad resurseffektivitet och minskad miljöpåverkan redan tillväxtområden, och takten ökar. Sverige har chansen att börja nu för att etablera en ledande position inom sekundära material.

MER VÄRDEBESTÄNDIG MATERIALHANTERING LEDER OCKSÅ TILL 30 % LÄGRE CO_2-PÅVERKAN

Fokus i den här rapporten är främst på ekonomiska värden, men ett mer värdebeständigt materialsystem kan även ge viktiga bidrag till miljömål. Vi ger en illustration av det här genom att visa hur ett mer värdebeständigt materialsystem relaterar till mål om minskade växthusgasutsläpp.

Klimatdiskussionen har ofta både missat hur viktig bättre hantering av material är för mål om netto-noll-utsläpp, och hur sambandet mellan återvinning och dessa utsläpp ser ut. Materialanvändning är en källa till stora utsläpp av växthusgaser. [3] Globalt resulterar 28 % av CO_2-utsläppen från industri och energi vid produktionen av material. De material vi analyserar med störst djup här (stål, plast och aluminium samt cement och papper) står för merparten av denna påverkan. Andelen utsläpp från material kommer dessutom att öka kraftigt med tiden. I scenarier från International Energy Agency växer utsläpp från materialproduktion till nära 50 % år 2040, och i Naturvårdsverkets illustrativa utsläppsbanor för svenska klimatmål sker en motsvarande ökning. Skälet är framförallt att utsläpp från nästan alla andra aktiviteter är mycket lättare att åtgärda. Då det kommer att ta lång tid att åstadkomma ett mer värdebeständigt system där sekundära material kan ersätta primärproduktion, krävs redan nu att vi sätter en vision och definierar åtgärder för att minska utsläppen från bearbetning och produktion av material.

Växthusgasutsläppen från produktionen av material som faller ur användning i Sverige sker till stor del utanför landets gränser. [4] Dessa så kallade ”indirekta” utsläpp omfattas inte av svenska internationella åtaganden (eller av målet om netto-noll-utsläpp till 2045). Icke desto mindre är de utsläpp som Sverige i hög grad kan påverka, inte minst genom återvinning. Sverige har dessutom målsättningen att verka för att indirekta utsläpp minskar. Plast- och cementanvändning leder även till stora utsläpp inom Sverige: från cement från inhemsk produktion, och från plast genom att förbränning av plast frigör stora mängder CO_2, som vi uppskattar kan växa till 2 Mt CO_2 per år till 2040 på nuvarande kurs.

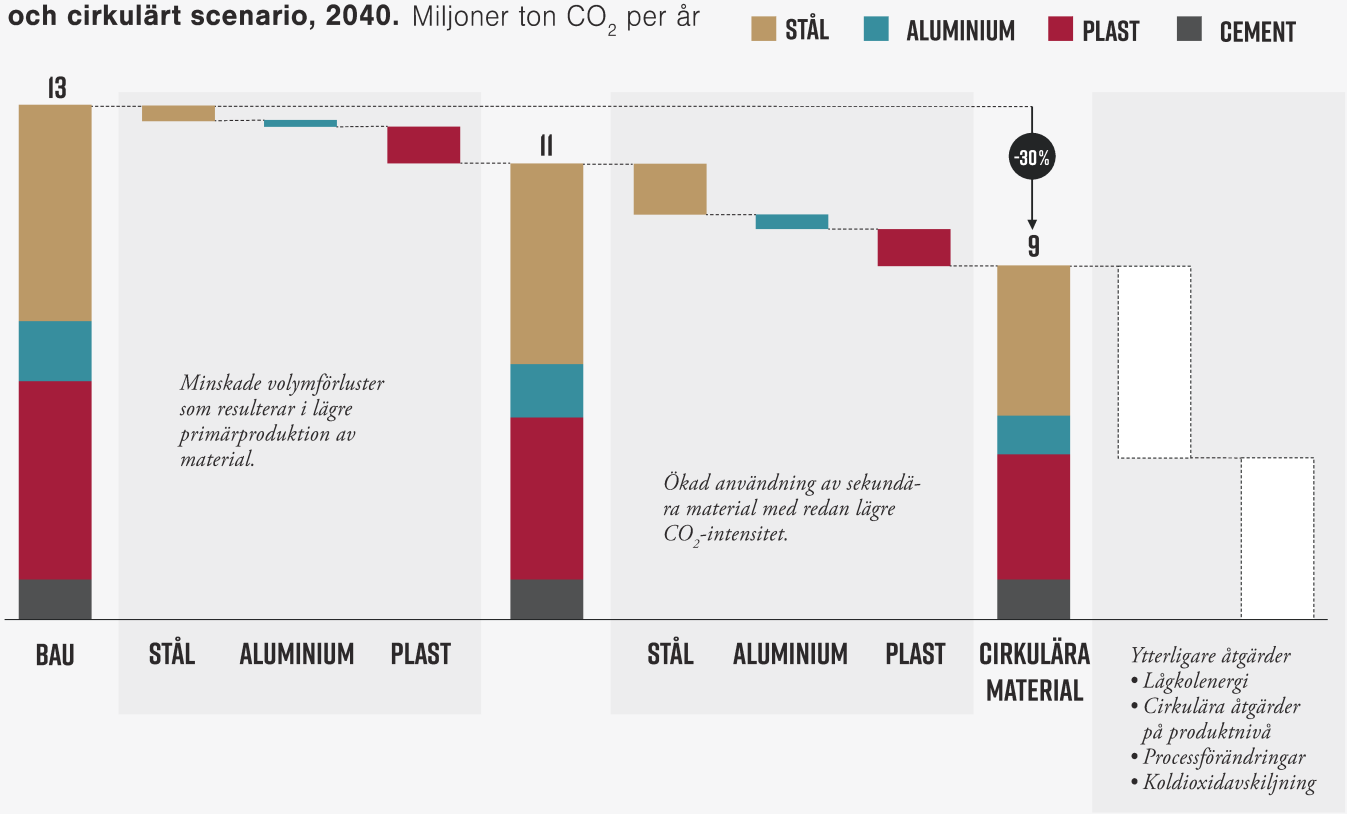
[3] Materialanvändning har även en mängd andra miljöeffekter som ofta varit viktiga bevekelsegrunder för styrmedel för återvinning – såsom nedskräpning, mikroplaster, utsläpp av olika ämnen till luft och vatten, läckagerisk från deponier, m.m. Vi har inte beräknat värdet på dessa, vilket vore ett viktig möjligt tillägg till det värdeperspektiv vi presenterar här.
[4] Sverige producerar plast, stål, och cement. Både plast och stål går dock till överväldigande delen på export, medan de material som används inom landet importeras. Cement är undantaget, där svensk konsumtion nästan helt är kopplad till produktionen och därför till utsläppen inom landet.

Återvinning har redan idag stor potential att minska nettoutsläppen. Mängden utsläpp för återvinning jämfört med nyproduktion per kilo material är runt en femtedel för stål; en fjärdedel för aluminium; och för plast mindre än en tiondel. Fördelen med återvinning ökar ytterligare med helt CO_2-fri el och lägre CO_2-utsläpp från transporter. Sålänge rekyleffekter (ökad materialanvändning till följd av återvinning) kan hanteras är nettovinsterna av att möjliggöra ökad användning av sekundärmaterial därför stora. Återvinning minskar dessutom utsläpp som annars är särskilt svåråtgärdade. Insatserna för återvinning är framförallt elektricitet (i ljusbågsugnar för stål, för värme med relativt låg temperatur, för mekanisk kraft, och i informationsteknik) och transporter (som även de kan använda el i stor utsträckning, och annars biobränslen). Till skillnad från detta är utsläppen från dagens produktionsprocesser inom stål, cement, och fossilbaserad plast nära oundvikliga även om fossilfri energi används.

Konkret uppskattar vi CO_2-avtrycket från svensk materialanvändning[5] till 13 Mt CO_2 per år 2040 med nuvarande produktionsprocesser och hantering av material. De åtgärder som återtar materialvärdet ovan minskar dessa utsläpp med 30 % (Figur 7). Minskningarna sker både genom minskade materialförluster, genom att ersätta primära material med sekundära med lägre utsläppsintensitet, samt genom att eliminera utsläpp som uppstår vid förbränning. Det finns ett stort osäkerhetsspann på hur mycket koldioxidutsläppen kan minska, och mer arbete krävs för att ge bättre precision. Men redan en första undersökning visar att potentialen för bättre materialhantering att bidra till klimatmålen är avsevärd på sikt – och särskilt i resan mot att åtgärda de sista tonnen ned mot ett mål om netto-noll-utsläpp. Det är också ett konkret sätt som Sverige kan påverka utsläpp som uppstår i andra (materialproducerande) länder till följd av svensk konsumtion och svenska investeringar.[6]

FIGUR 7 ETT CIRKULÄRT SYSTEM MINSKAR CO_2-AVTRYCKET AV SVENSK MATERIALPRODUKTION MED 30 % TILL 2040

CO_2-utsläpp under "business as usual" (BAU) och ett mer värdebeständigt och cirkulärt scenario, 2040. Miljoner ton CO_2 per år



[5] Från stål, aluminium, cement och plast

[6] Att nå netto-noll-utsläpp från material kräver en bred palett av åtgärder: fossilfri termisk energi i plast- och cementframställning; bioråvara i stål- och plastproduktion; koldioxidavskiljning från stora punktkällor; processinnovation som vätebaserad reduktion för stål, eller nya substitut för klinker i betong; och koldioxidsänkor som kompenserar för återstående utsläpp. Det står dock klart att mer cirkulära system är en stor möjlighet att bidra till klimatmålen. Det finns också stora möjligheter i hur produkter framställs och används: både genom ökad materialintensitet (minskat produktionsspill, lättviktstekniker, 3D-printing och andra metoder som minskar mängden material som krävs för en given produkt), ökad användningsgrad av produkter (genom delningsekonomi) och förlängd livstid (genom teknikskiften, återanvändning, m.m.).

BÖRJAN TILL EN OMSTÄLLNING

HUR KAN VI TA DE FÖRSTA STEGEN?

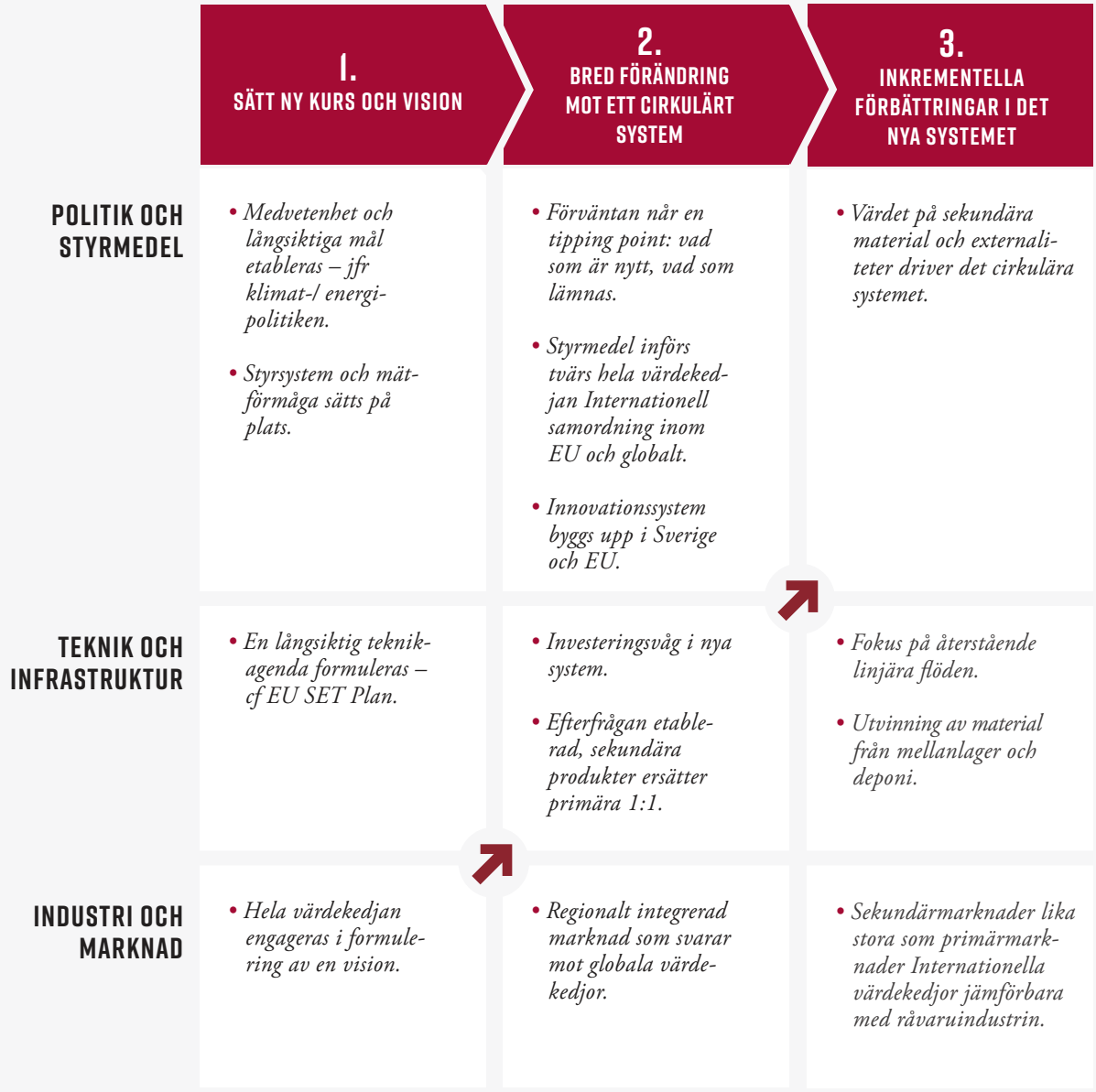
Vad krävs för att nå till detta mer värdebeständiga system? Vi diskuterar möjliga åtgärder och styrmedel mer i följande kapitel, men en detaljerad färdplan vore att ta diskussionen för långt – den här rapporten har tagit det första steget och målar upp områden att prioritera, men det krävs ytterligare analys både för att djupdyka i fler material och produktgrupper, och för att förstå de olika möjligheterna till återtaget värde på djupet. Vi sammanfattar dock i Figur 8 ett antal aspekter av de förändringar som sannolikt måste till. Olika material befinner sig på olika stadier relativt den målbilden. Till exempel har stål i många fall uppnått punkt 1–3, och är därför mycket mindre beroende av styrmedel, medan plast har en god bit kvar i alla dimensioner.

FIGUR 8 VISIONEN ÄR ATT GÅ FRÅN ETT KOSTSAMT SYSTEM DRIVET AV RENHÅLLNING TILL EN STARK INDUSTRIELL VISION MED KONKURRENSKRAFTIGA SEKUNDÄRMATERIAL

	FRÅN		TILL
1.	**System drivet av lagkrav** med ursprung i renhållning och avfallshantering	→	**System buret av värdet** på sekundärmaterial, med regleringar inriktade mot externaliteter
2.	**Ofta småskalig** och lokalt varierande återvinning med otillräcklig täckning	→	**Internationellt integrerad** sekundär materialindustri som möjliggör stor skala och specialisering
3.	**Styrmedel och mål** fokuserar på minskad deponi och insamlade volymer	→	**Produktion av sekundärmaterial** med förmåga att ersätta primärmaterial
4.	**Primärmaterial bär inte fulla kostnaden** av negativ miljöpåverkan	→	**Priser på primärmaterial reflekterar negativa effekter** av framställning
5.	**Design- och materialval** i produkter orsakar stor negativ externalitet för sekundära material	→	**Material- och designval** beaktar återvinningsbarhet, återvunnet innehåll och demontering
6.	**Återvinning omhändertar** flöden som inte optimerats för sekundär materialproduktion	→	**Koordinerad transformation** tvärs hela värdekedjan ger sekundära material av högre kvalitet till lägre kostnad
7.	**Incitament** fokuserade till början av värdekedjan och inflödet till återvinning	→	**Styrmedel stimulerar** även efterfrågan, skapar en starkare marknad och möjliggör investeringar

Att väsentligt ändra dagens materialsystem kommer även i ett optimistiskt scenario att ta lång tid. Förändringar behövs i politik och styrmedel, ny teknik och investering i ny infrastruktur, och framväxt av en ny industri och marknad. Figur 9 ger en illustration av hur en sådan resa skulle kunna se ut.

FIGUR 9
EN OMSTÄLLNING MOT 2040 – TRE FASER AV FÖRÄNDRING INOM POLITIK, TEKNIK, OCH INDUSTRI



För att påbörja en förändring vore ett första viktigt steg att ytterligare etablera vilken potential som finns och artikulera en målbild att enas kring. Sverige har många pågående processer för att främja återvinning och en begynnande diskussion om cirkulär ekonomi, men det finns inget som liknar de långsiktiga målsättningar och överenskommelser som till exempel präglar energi- och klimatområdet. Ett stort värde är att det skapats en grundmurad gemensam förväntan om riktningen, vilket i sin tur sätter fokus för innovation, investeringar, och affärsutveckling. Materialområdet skulle gynnas av en liknande kombination av långsiktiga mål och delmål, koordination med andra länder för att driva teknikutveckling, en gemensam bild av potentialen för olika lösningar, och enighet om vinsterna som finns i ett förändrat system.

Flera aspekter av gradvis förändring kan sedan inledas. Politiken behöver införa de styrmedel som idag saknas, och även iscensätta den internationella koordinering som inte kan åstadkommas av marknadsaktörer på egen hand. Det behövs också ett starkare innovationssystem som förmår ta vara på både starka trender inom teknikutveckling och digitalisering, och vidareutveckla nya affärsmodeller. Sannolikt krävs också en investeringsvåg i ny infrastruktur för sekundär materialproduktion och

FIGUR 10

NÄSTA STEG – FRÅGOR FÖR POLITIK, NÄRINGSLIV...

REGELVERK & STYRMEDEL

1. **Vilka hinder** existerar i nuvarande lagstiftning för att möjliggöra högre bibehållet värde i materialflöden?

2. **Vilka incitament** krävs för att göra sekundärmaterial till ett konkurrenskraftigt råvarualternativ?

3. **Hur kan nästa** generations styrmedel utformas (t.ex. ett differentierat producentansvar)?

FÖRETAG & INDUSTRI

1. **Vilka affärsmöjligheter** öppnar värdeperspektivet upp för ditt företag, t.ex. genom att utvärdera möjligheter att återta produkter?

2. **Vilken roll spelar** ditt företag/dina produkter för att möjliggöra ett mer värdebeständigt system?

3. **Vilka industrisamarbeten** behöver komma på plats för att möjliggöra kunskapsutbyte och transparens i hela värdekedjan?

-hantering. Tillsammans kan detta skapa grunden för att sekundär materialproduktion växer i både skala och internationell integrering, och i allt högre grad konkurrerar på samma marknad som dagens primärmaterial.

Målet är ett nytt system, till hög grad drivet av värdet på material, med styrmedel främst för att korrigera för externaliteter, och med en etablerad och storskalig sekundär råvaruindustri.

Såvitt vi vet är den här studien den första som ger en sammanhållen bild av materialvärden och möjligheter att återta värdeförluster, i Sverige och internationellt. Den bör läsas som en första ansats på området, som behöver följas upp med mycket mer analys och diskussion. Vi ger förslag på uppföljning inom olika områden i Figur 10.

Resultaten visar dock redan att det finns stora värden att hämta i bättre materialhantering, både ekonomiskt och ur miljösynpunkt, och visar på områden att prioritera. Vi hoppas att den kan bidra till att gemensamt ta initiativ och staka ut en riktning mot ett mer värdebeständigt materialsystem på sikt.

FIGUR 10

...OCH FORSKNING

FORSKNING & ANALYS

1. **Värdeperspektivet på** ytterligare materialslag, t.ex. textil, glas, konstruktionsmaterial (t.ex. gips)

2. **Detaljerade studier** av värdeperspektivet på produkter, t.ex. ”Hur stor är värdeförlusten för materialen i en bil över bilens livscykel?”

3. **Pilotstudier på** nya produkter och ny teknik, t.ex. kemisk återvinning av plast, ”design for disassembly”, återvinningsbar produktdesign etc.

4. **Kartläggning av** materialflöden och uppföljning av rapportering och data.

2. PLAST

FRÅN BRÄNSLE TILL MATERIAL

Plast har seglat upp som ett stort tema i den politiska diskussionen det senaste året, framdrivet av frågor som plastavfall i haven, effekterna av mikroplaster, och utsläpp av koldioxid från produktion och förbränning. Samtidigt ökar plastanvändningen, driven av de många fördelar som plast har ur materialsynpunkt. Desto viktigare därför att vi formulerar en långsiktig vision för hur plast bör hanteras.

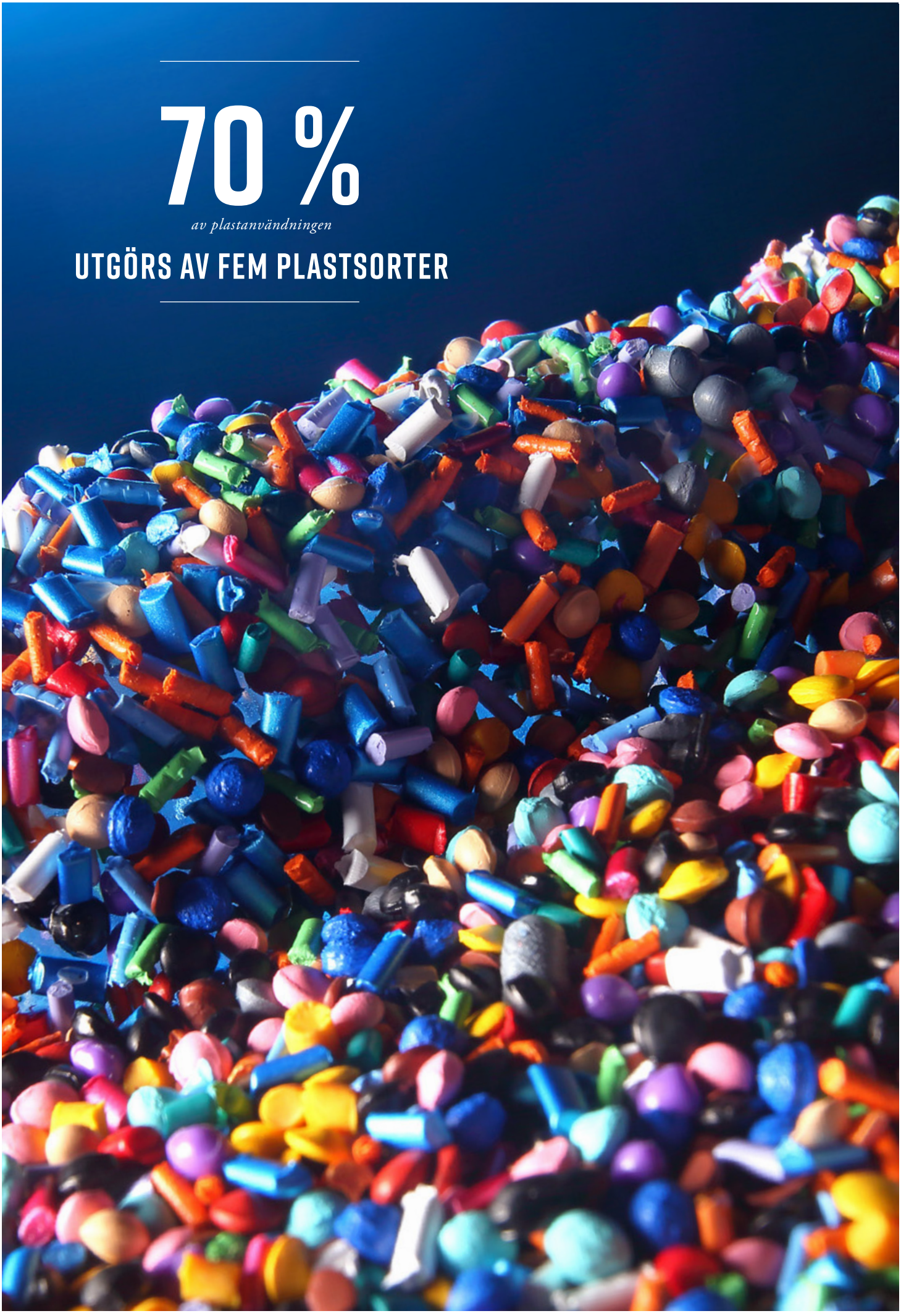
Idag bränner vi det mesta av plasten som faller ur användning, för att producera energi. Det är på kollisionskurs med målen om att minska växthusgasutsläppen, och som vi visar här leder det också till stora värdeförluster; då plast används som bränsle har den bara en tiondel av värdet som den har som material.

Vi diskuterar vad som skulle krävas för att öka materialåtervinningen av plast, och drar slutsatsen att ett mer cirkulärt system för plast är genomförbart och kan bli ekonomiskt attraktivt. Att uppnå detta kräver dock stora förändringar från dagens sätt att närma sig frågan både bland företag och i regleringar.

70 %

av plastanvändningen

UTGÖRS AV FEM PLASTSORTER



FEM ÅTERVINNINGSBARA PLASTER KAN UTGÖRA KÄRNAN I ETT FRAMTIDA VÄRDEBESTÄNDIGT ANVÄNDANDE AV PLAST

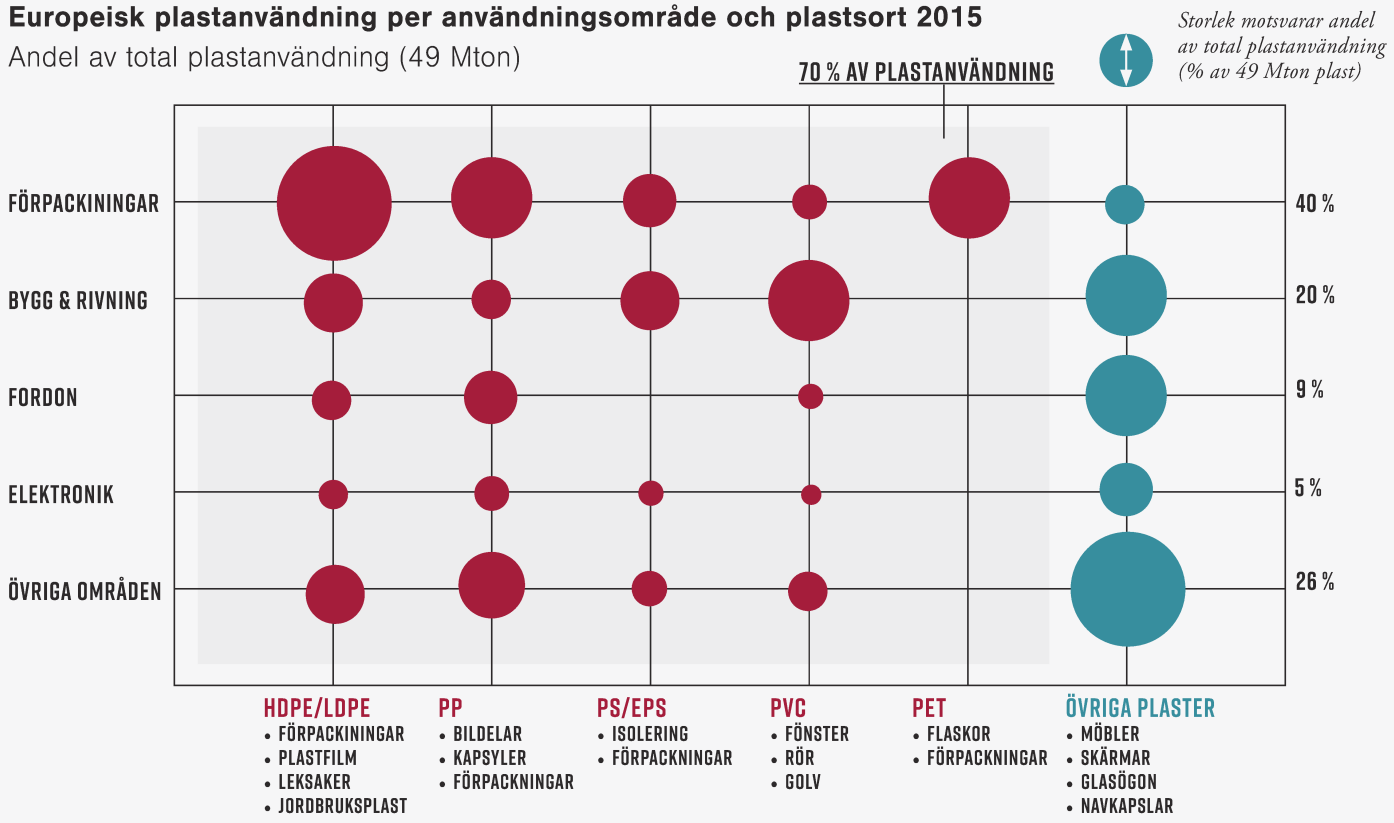
Sverige använder ca 900 tusen ton plast per år, eller 90 kg per person och år. I stort sett all plast som används importeras, medan de ca 1 miljon ton plast som produceras inom landet till stor del exporteras. Den totala plastanvändningen växer nu relativt långsamt, men andelen plast ökar i viktiga produktkategorier, och många marknadsaktörer förväntar sig en ökning i framtiden. Ett viktigt skäl är att plast fortsätter att utvecklas i snabb takt, med nya, innovativa materialslag, och att det finns en trend mot ökad användning av plast för att minska vikten på fordon och en del andra produkter. Plast är ett mångsidigt och användbart material, enkelt att forma och färga, med en mängd olika värdefulla egenskaper, och får därför snabbt nya användningsområden.

Detta gör också plast till en komplex materialkategori. Mer än 30 plastsorter används, var och en med skilda egenskaper. Vissa används i volymer på flera hundratusentals ton per år, medan många specialplaster används i små kvantiteter. De flesta plaster är *termoplaster*[7] , som kan smältas ned och återvinnas upprepade gånger, medan 5–10 % är härdplaster som inte kan materialåtervinnas på detta sätt. Både egenskaper och lämpligheten för återvinning påverkas också av tillsatser såsom mjukgörare, flamskyddsmedel, färgämnen, armering, m.m. Till exempel kan flamskyddsmedel i elektronik eller äldre mjukgörare i byggplast göra att dessa flöden klassas som farligt avfall. Även ofarliga ämnen kan försvåra återvinning; svartfärgad plast är svår att sortera och skickas därför till förbränning.

FIGUR II FEM ÅTERVINNINGSBARA PLASTER UTGÖR 70 % AV PLASTANVÄNDNINGEN

Europeisk plastanvändning per användningsområde och plastsort 2015

Andel av total plastanvändning (49 Mton)



HDPE: polyeten - hög densitet, **LDPE:** polyeten - låg densitet, **PP:** polypropen, **PS:** polystyren, **EPS:** expanderad polystyren, **PVC:** polyvinylklorid, **PET:** polyetentereftalat

KÄLLA: PLASTICS EUROPE (2016), PLASTICS THE FACTS 2016

[7] Termoplaster mjuknar vid upphettning utan att den kemiska strukturen bryts ned och är därför lämpade för mekanisk återvinning. De kan smältas och omformas. Härdplaster kan inte smältas, vilket gör materialåtervinning svårare. Härdplaster kan i princip förgasas. Alla plaster kan brännas för energiåtervinning, vilket resulterar i fossil koldioxid.

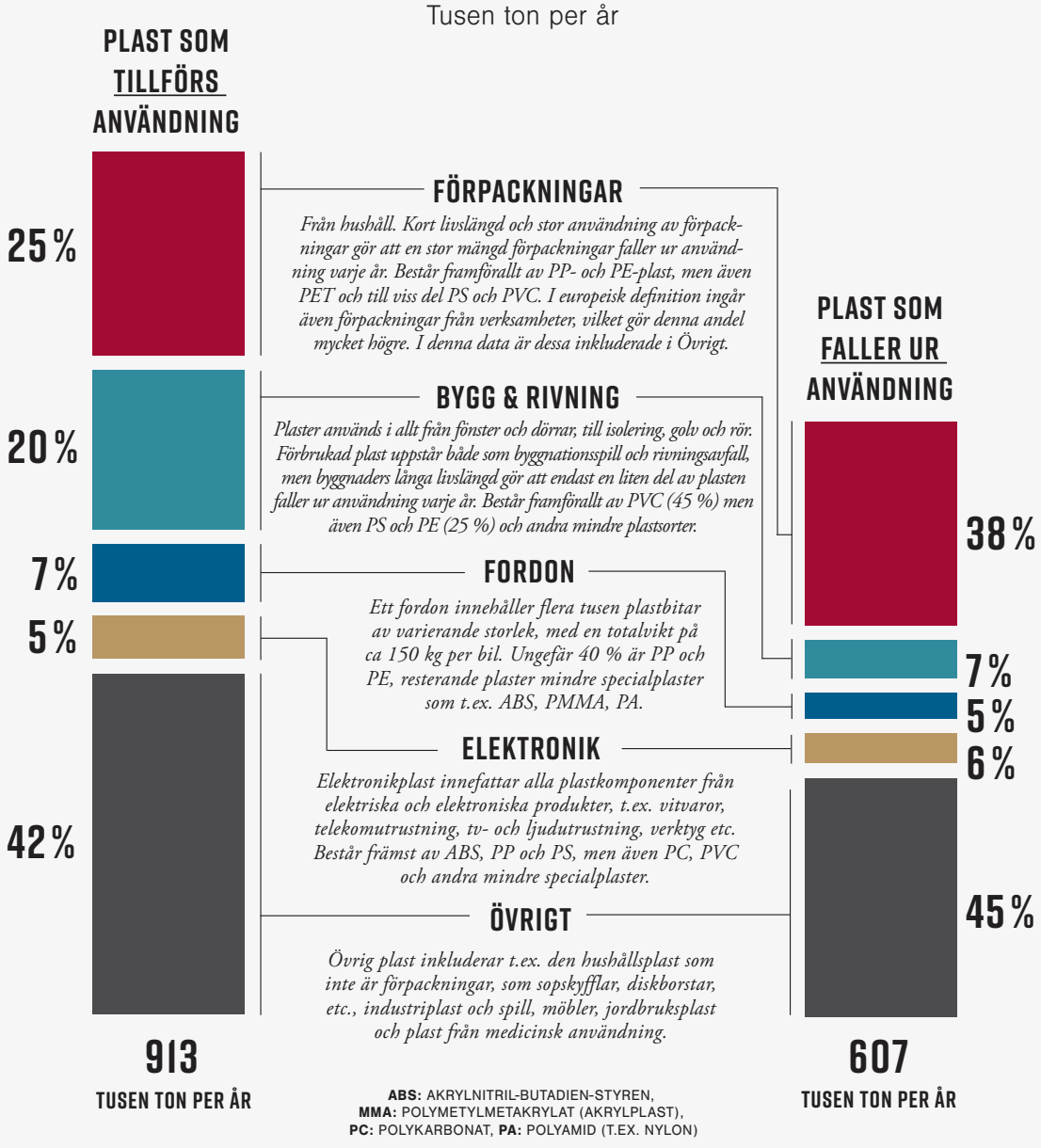
Även värdet på plast varierar kraftigt. Genomsnittspriset tvärs plastsorter är ca 17–19 kr per kg, men med stora variationer över tid. Priset varierar dock mellan 40 kr per kg för de dyraste specialplasterna (motsvarande priset på koppar), till ca 9 kr per kg (ungefär motsvarande priset på verktygsstål) för de billigaste.

Trots denna komplexitet går det att förenkla bilden: en handfull högst återvinningsbara termoplaster utgör 70 % av all plastanvändning (Figur 11). 60 % av dessa är dessutom koncentrerade i fyra produktgrupper: förpackningar, byggnation, fordon och elektronik (Figur 12). Mycket är därför vunnet om värdebeständig återvinning kan uppnås i dessa användningsområden.

FIGUR 12 60% AV PLASTANVÄNDNINGEN KONCENTRERAD I FYRA ANVÄNDNINGSOMRÅDEN

Svensk plastanvändning och förbrukad plast

Tusen ton per år



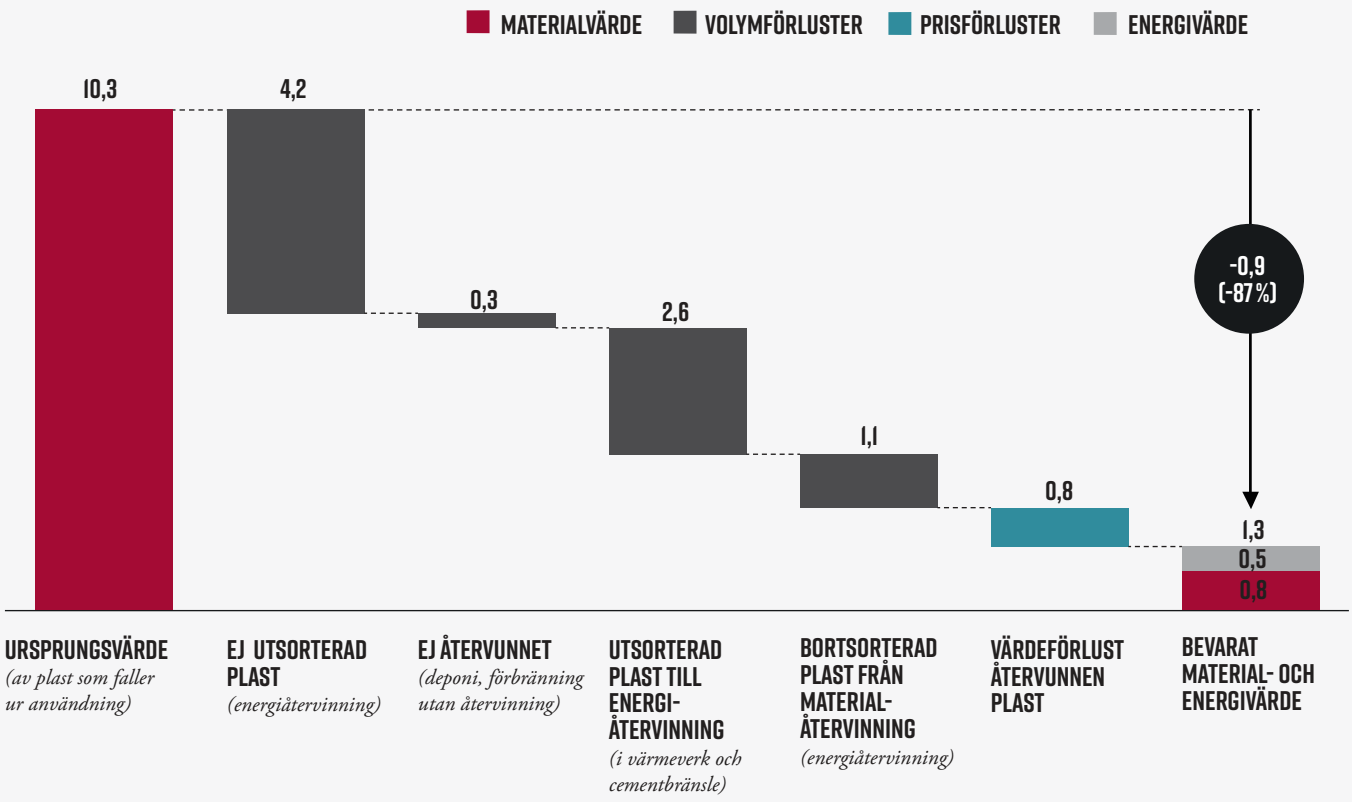
KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS BASERAD PÅ DATA FRÅN BLAND ANNAT PLASTICS EUROPE (2016), *PLASTICS THE FACTS 2016* OCH SMED (2012), *KARTLÄGGNING AV PLASTAVFALLSSTRÖMMAR I SVERIGE*

IDAG BEVARAS ENDAST 13 % AV PLASTENS MATERIALVÄRDE EFTER EN ANVÄNDNING

Figur 13 visar ett ”värdevattenfall” för plasten: hur stor del av ursprungsvärdet på plasten som faller ur användning som bevaras efter slutbehandling, antingen som energivärde eller materialvärde i återvunnet material. Varje år faller 600 tusen ton plast med ett ursprungsvärde av drygt 10 miljarder kronor ur användning i Sverige.[8] Det bevarade värdet är 1,3 miljarder kronor, eller 13 % av det ursprungliga materialvärdet. Ca 9 miljarder kronor i värde förloras därför.

FIGUR 13 PLAST FÖRLORAR ÅRLIGEN 9 MILJARDER KRONOR AV DET URSPRUNGLIGA MATERIALVÄRDET, FRÄMST GENOM EN STOR VÄRDEFÖRLUST VID FÖRBRÄNNING

Värde och värdeförlust jämfört med ursprungsvärde av plast som faller ur användning.
Miljarder kronor per år



KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS, SE APPENDIX FÖR DETALJERAD METODIK OCH KÄLLOR

[8] En viss mängd av de 900 tusen ton plast som tillförs användning byggs in i stocken i produkter med långa livslängder (t.ex. byggnader), medan en del plast exporteras i produkter, och ytterligare en del plast som faller ur användning förblir oidentifierad, vilket tillsammans utgör de 300 tusen ton som är skillnaden mellan den plast som tillförs användning och faller ur användning varje år.

13 %

BIBEHÅLLET VÄRDE

efter en användningscykel, vilket motsvarar 1,3 miljarder av det ursprungliga värdet på 10 miljarder kronor.



VOLYMFÖRLUSTER: ENDAST 16 % AV PLASTMATERIAL ÅTERVINNS
LÅNGT LÄGRE ÄN DAGENS DISKUSSION ANTYDER

Endast 16 % av plasten som faller ur användning blir nytt material, vilket motsvarar endast 11 % av den totala plastanvändningen. Volymförlusterna inom plastflödet har tre huvudsakliga anledningar: plast som inte sorteras ut, utan hanteras som brännbart avfall; plast som hanteras separat men används till energiproduktion; och plast som sorteras bort i återvinningsprocessen. Tillsammans utgör dessa 82 % av förbrukad plast, och så gott som all denna går till förbränning (Sverige har i princip avskaffat deponi av plast, genom förbud att deponera utsorterat brännbart avfall och genom deponiskatt).

Förbränningen av plast leder till en stor värdeförlust, eftersom energin som kan tillgodogöras är värd mindre än 10 % av plastens ursprungsvärde som material.[9] Att plast förbränns snarare än materialåtervinns är därför det enskilt största skälet till värdeförluster. De nästan 500 tusen ton plast som bränns varje år hade ett ursprungsvärde på nästan 8 miljarder per år, men genererar ett energivärde motsvarande endast en halv miljard kronor per år.

I diskussionen om plast framförs ofta att Sverige materialåtervinner 45 % av all plast, och att vi därför överskrider det uppsatta målet på 30 %. Detta leder dock diskussionen vilse. Talen hänvisar endast till förpackningsplast och målen som är uppsatta för förpackningar genom producentansvar, och betyder att 45 % av förpackningsplasten samlas in för att materialåtervinnas. Motsvarande tal för andra kategorier är betydligt lägre (Figur 14). Av den plast som samlas in går sedan upp till 40–60 % till förbränning. Detta sker av ett antal anledningar. För många plastsorter finns ingen sekundärmarknad vilket innebär att fraktioner som inte går att sälja sorteras ut. Andra kategorier som sorteras bort är laminat, svartfärgad plast, sammanfogad plast, plast med problematiska tillsatser, plast blandad med andra material (t.ex. metall eller papper) eller på annat sätt kontaminerat material. Mängden plast som sorteras bort beror på renheten och utformningen av den plast som samlas in, vilket medför att bortsorteringen varierar mellan olika plastfraktioner, men också att data på storleken av denna volym ofta saknas.

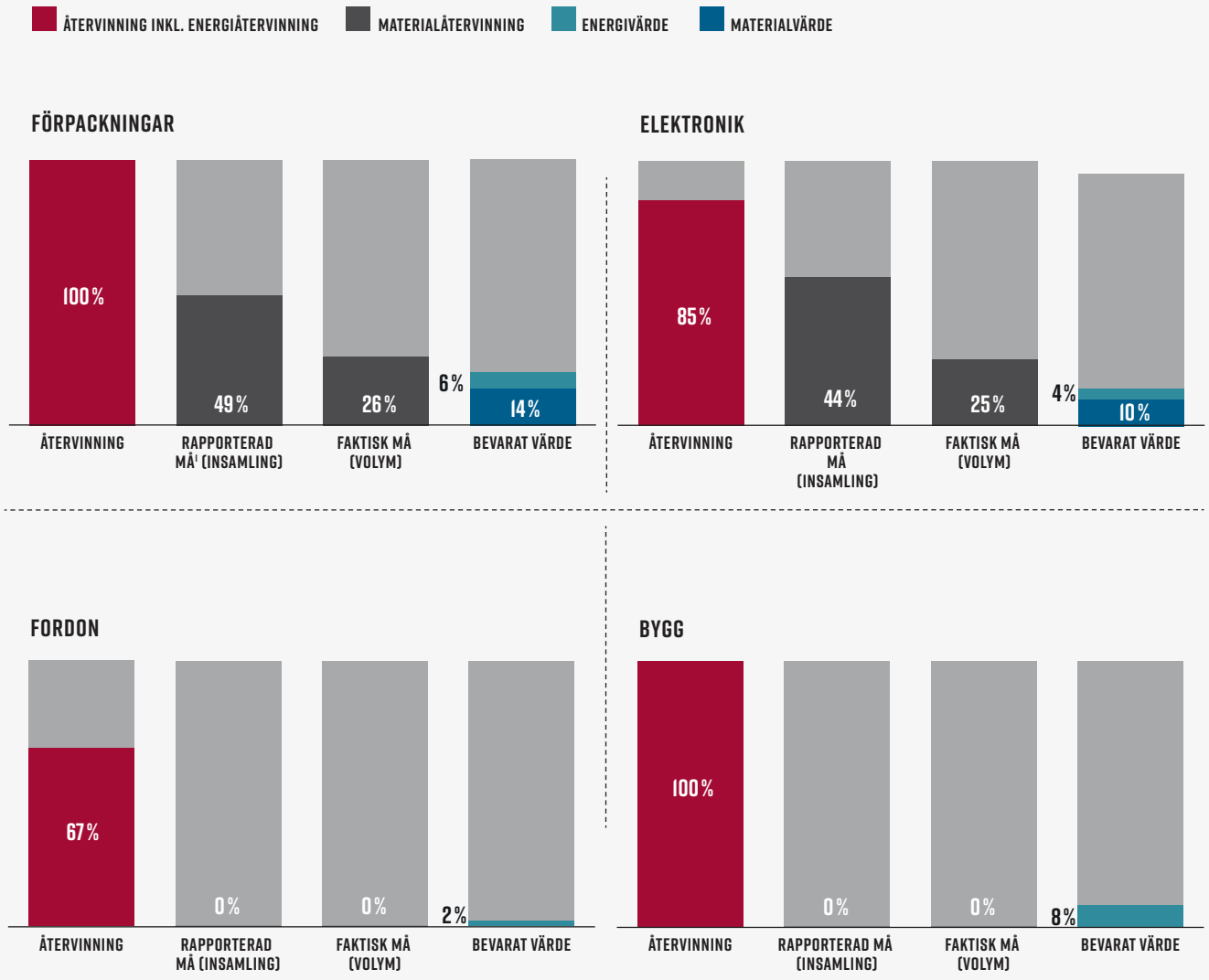
16 %
AV PLASTEN I SVERIGE MATERIALÅTERVINNS

Våra mål mäter således inte det relevanta utfallet, vare sig ur ett ekonomiskt eller miljöperspektiv. Som vi diskuterar i kommande stycken är det heller inte troligt att vi kan återta mycket av värdet enbart genom ett fortsatt fokus på insamling.

[9] Vid förbränning tar vi i beaktande värdet av energiåtervinning, som vi beräknar som värdet på det bränsle som annars skulle behöva användas. Detta är förmodligen en överskattning (och därmed en underskattning av förlusterna), då förbränning av material – särskilt i kombination med avfall – ofta har sidoeffekter som gör det mindre gynnsamt än förbränning av faktiska bränslen. (För den som hanterar en avfallsström är värdet ofta negativt, antingen genom en kostnad för energiåtervinning, eller för att deponering är beskattat med 500 kr/ton.)

FIGUR 14
RAPPORTERAD "ÅTERVINNING" ÄR OFTA HÖG, MEN DET ÅTERSTÅENDE MATERIALVÄRDET ÄR ENDAST 2–14 %

Återvinningsgrad med olika återvinningsdefinitioner, exempel per användningsområde. %



MÅ = materialåtervinning

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS, SE APPENDIX FÖR DETALJERAD METODIK OCH KÄLLOR

PRISFÖRLUSTER: LÅGT VÄRDE PÅ ÅTERVUNNEN PLAST

Ytterligare värdeförluster uppstår på de 16 % av plast som blir till nytt material. Återvunnen plast är i genomsnitt värd 50–60 % av motsvarande ny plast – om än med stor variation både i olika led i värdekedjan, och i olika slutanvändning (Figur 15). Denna prisförlust beror både på bristande kvalité och på en svag marknad för återvunna material. Den totala värdeförlusten blir ännu större då de plaster som återvinns framförallt är standardplaster med stor skala men lägre pris, medan dyrare specialplaster faller ut i små volymer i komplexa produktgrupper, och därför ofta går till förbränning.

50–60%

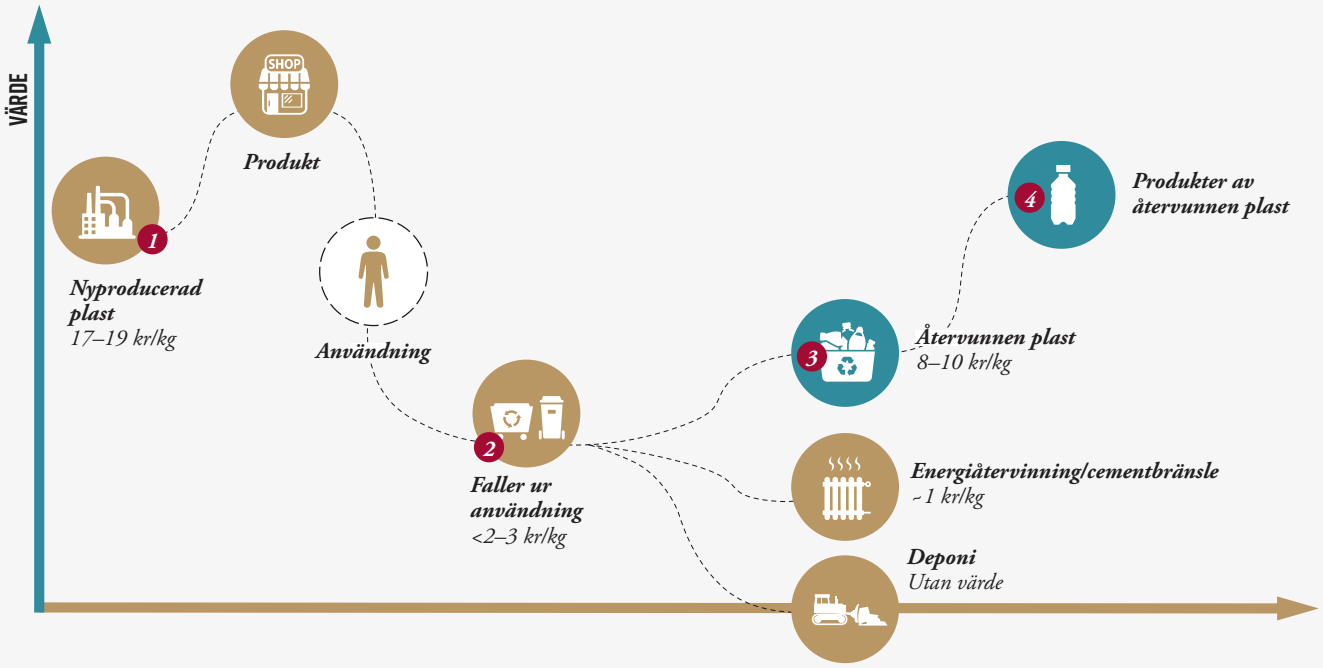
VÄRDET PÅ ÅTERVUNNEN PLAST

jämfört med nyproducerad plast

Dessa värdeförluster har sitt ursprung i hur plast först används i produkter, och sedan omhändertas. Rent tekniskt finns stor möjlighet att använda många plaster flera gånger till samma typ av produkt i ett slutet kretslopp (”closed loop”), där plast från en produkt används för att göra motsvarande produkt igen, eller genom att generisk sekundärplast ersätter nyproducerad plast. I praktiken sker detta sällan. PET-flaskor är ett exempel där sluten återvinning sker genom ett pantsystem (men även här sker dock nedgradering, genom att PET-plast även blir till textilier eller andra plastprodukter av lägre kvalité och värde). För mer komplexa strömmar, eller i de fall där plastsorter inte hålls rena och separerade, hamnar återvunnen plast vanligtvis i lågvärdesprodukter (säckar, mattor, backar, m.m.), och förmår sällan ersätta nyproducerad plast i sitt ursprungliga användningsområde. Det är framförallt för dessa återvunna plaster som prisförluster uppstår.

Den totala värdeförlusten från låga priser är endast 0,8 miljarder kronor i absoluta tal, men det ger inte en rättvisande bild av hur viktig prisförlusten är. Det låga värdet på återvunnen plast är ofta den underliggande orsaken även till stora volymförluster. Det är inte lönsamt att bedriva insamling, hålla plastströmmar separerade, eller investera i högteknologisk förädling så länge priset för sekundärmaterial är lågt. Insamlingskrav kan tvinga fram en del aktivitet, men mandat att samla in materialströmmar som inte har en lönsam avsättning är ett högst begränsat verktyg på sikt. För plast, mer än något annat material, är ett värdeperspektiv därför centralt för att hitta lönsamma vägar till ett mer cirkulärt system.

FIGUR 15
FÖRBRUKAD PLAST KAN HA DRAMATISKT OLIKA SLUTVÄRDE - FRÅN NEGATIVT TILL MÅNGA TUSEN KRONOR PER TON



1 NYPRODUCERAD PLAST

- *Värde 17–19 kr/kg.*
- *Stor variation mellan plastsorterna, med specialplaster värda upp till 40 kr/kg.*

2 PLAST SOM FALLER UR ANVÄNDNING

- *Rena plastfraktioner kan ha ett värde på 2–3 kr/kg.*
- *Färgade och blandade fraktioner <1 kr/kg.*
- *Plast som inte kan återvinnas saknar värde eller bär en kostnad för att hanteras.*

3 ÅTERVUNNEN PLAST

- *Materialåtervinning: Lägre kvalitet än nyproducerad plast med 50–60 % av värdet, ~8–10 kr/kg.*
- *Energiåtervinning: Värde motsvarande kostnad för ersättningsbränsle ~1 kr/kg.*
- *Deponi: Utan värde, i Sverige med negativt värde i form av deponiskatt.*

4 PRODUKTER AV ÅTERVUNNEN PLAST

- *Återvunnen plast används endast i undantagsfall i samma produkter (closed loop).*
- *Vanligtvis sker en downgrading där återvunnen plast främst används i påsar, blomkrukor etc., produkter med lägre värde.*

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS, SE APPENDIX FÖR DETALJERAD METODIK OCH KÄLLOR.

ROTORSAKER TILL LÅGT BEVARAT VÄRDE FINNS I HELA VÄRDEKEDJAN

FRÅN PRODUKTDESIGN TILL ANVÄNDNING AV SEKUNDÄRMATERIAL

Skälen till värdeförluster på återvunnen plast återfinns i hela värdekedjan, och därmed även möjligheterna att återta värde. Ökad insamling är ingen långsiktig lösning. I dagens system sorteras hälften av den insamlade plasten bort och den plast som faktiskt återvinns återfår endast halva värdet av nyproducerad plast. Utan stora förändringar kommer vi därför inte kunna bevara mer än 25 % av värdet, oavsett hur hög insamling vi uppnår. Nyckeln till att bevara högre värde finns därför i att förändra förfarandet i hela värdekedjan.

1. PRODUKTDESIGN OCH MATERIALVAL ÄR EN STOR EXTERNALITET FÖR ÅTERVINNING

Även små förändringar i produktledet kan avsevärt öka förutsättningarna för högvärdig återvinning. Förändringar i materialval, produktdesign, val av tillsatser m.m., som skulle innebära låga eller rentav inga merkostnader i produktledet, kan leda till stora värden vid produktion av sekundärmaterial (vi ger några illustrativa exempel i Figur 16).

Detta är en klassisk externalitet, där en aktör saknar incitament att införa förändringar eftersom den negativa påverkan bärs av andra aktörer. Resultatet är stora mängder plast som är mycket svåråtervunnen, och för vilken även kostsamma återvinningsinsatser inte förmår återskapa material med hög kvalité.

FIGUR 16 PRODUKTDESIGN SKAPAR EXTERNALITETER FÖR PRODUKTION AV SEKUNDÄRMATERIAL

– VAL MED LITEN KONSEKVENS I PRODUKTLEDET HAR STORA NEGATIVA KONSEKVENSER FÖR VÄRDET PÅ SEKUNDÄRMATERIAL

MATERIALVAL

- **Sammanfogning och samman blandning av olika plastsorter:** *Kapsyler, etiketter, val av lim etc. har stor påverkan på huruvida en förpackning är återvinningsbar. Dessutom kan en liten mängd PVC som kommer in i flöden för PET förstöra stora mängder material och göra kvalitetsgarantier nära omöjliga att uppnå.*
- **Laminat:** *Laminat består ofta av 2 olika plastsorter som sammanfogats i lager vilket gör att de i dagsläget inte är återvinningsbara.*
- **Sammanblandning av olika materialslag (papper, metall):** *Metalldetektorer riskerar att sortera bort hela produkten om metalldelar inte helt separeras.*

TILLSATSER

- **Färgämnen:** *Om svarta förpackningar används går de ofta förlorade, då färgen omöjliggör användning av IR-teknik. Färgad plast kontaminerar övriga ofärgade plastflöden.*
- **Kemikalier:** *Flamskyddsmedel, mjukgörare etc. kan förhindra återvinning, då företag ofta kräver helt rena plaster i nya produkter.*
- **Förstärkning:** *Glasfiberförstärkning försvårar återvinning genom att sätta igen filter då den smälta plasten filtreras.*

HANTERING

- **Komprimering efter insamling:** *Komprimering av plast, framförallt innehållande t.ex. mat, kan leda till förruttnelse, lukt och förstörd plast.*
- **Sammanblandning av plastströmmar:** *Kostnaden för sortering hålls nere av så rena plastströmmar som möjligt.*

2. INSAMLINGS- OCH ÅTERVINNINGSSYSTEM SAKNAS OCH FÖRMÅR INTE BIBEHÅLLA VÄRDEN

Bristande insamlingssystem och handhavande av produkter är ytterligare en delförklaring till de låga återvinningstalen.

- **Saknade återvinningssystem:** Sverige återvinner förutom PET-flaskor främst PE- och PP-plaster, med fokus på förpackningar, elektronik och industriplast. Däremot saknas till exempel de återvinningssystem för PVC som ger hög andel återvinning av bygg- och rivningsplast i andra EU-länder som Tyskland och Danmark. Även PS-plast från svensk byggindustri kunde återvinnas om ett system infördes.

- **Sammanblandning av flöden:** Insamlingssyste men multiplicerar även kvalitetsproblemet, genom att plast som i princip skulle kunna behålla högt värde sammanblandas med plast som är svåråtervunnen. Även när sorteringsteknik finns, är den ofta för kostsam för att understödjas av de låga priser som går att få när kvalitén överlag på marknaden är låg och oförutsägbar.

- **Småskaliga flöden:** Små flöden – ofta en storleksordning mindre än de som kännetecknar primärproduktion av plast – gör att skalfördelar som kunde minska kostnaderna inte realiseras.

- **Demontering:** Standardförfarandet för demonte ring inom stora produktgrupper utesluter också mycket materialåtervinning. Det återvinns i stort sett ingen plast från byggnation (vare sig byggspill eller rivningsavfall), och fragmentering av fordon medger inte materialåtervinning av mer än ett fåtal plastkomponenter.

3. ÅTERVINNARE UPPLEVER EFTERFRÅGAN SOM OTILLRÄCKLIG – SAMTIDIGT SOM DEN EFTERFRÅGAN SOM FINNS INTE TILLGODOSES AV DAGENS ÅTERVUNNA MATERIAL

Samtidigt finns idag låg efterfrågan på återvunnen plast. Diskussioner om marknaden för återvunnen plast beskriver en catch-22: tillverkande bolag säger att de inte kan få tag på återvunnen plast som är kommersiellt gångbar, och utan kompromiss på kvalité, spårbarhet och transparens; medan producenter av sekundärplast beskriver hur det saknas efterfrågan på stora delar av plasten som produceras, eller betalningsvilja för den uppgradering som kunde höja kvalitén. Det finns således en latent efterfrågan som idag inte tillgodoses, samtidigt som den låga lönsamheten i återvunnen plast och den svaga marknaden, i kombination med brist på långsiktighet i hur sekundära materialmarknader ska hanteras, gör att marknaden blir opålitlig för investeringar i återvinningsanläggningar och ny teknik.

Den fysiska kvalitén på plasten är viktig, men är bara en del av orsaken till den svaga marknaden för återvunnen plast. Även den kommersiella kvalitén begränsar företag som behöver tillräcklig skala, tillförlitlig tillgång, standardiserade produkter, ursprungsgarantier, innehållsförteckningar, begränsad motpartsrisk, m.m. De som har lyckats använda återvunnen plast har ofta investerat avsevärd egen tid. Andra har övervägt att vertikalt integrera genom att köpa andelar i anläggningar som producerar sekundärplast, men avskräckts av en sektor med dålig lönsamhet.

4. OSÄKERHET OCH NUVARANDE REGLERINGAR FÖRSVÅRAR YTTERLIGARE

Regleringar har också under lång tid styrt mot förbränning. Energiåtervinning har varit ett effektivt sätt att hantera plast, både ur ett renhållningsperspektiv, men även som en betydande inkomstkälla för fjärrvärmeproduktion. Investeringar har gjorts i omfattande infrastruktur för avfallsförbränning och fjärrvärmenät, och Sverige är en importör av avfall från grannländer. I en framtid med energieffektiva fastigheter och fossilfria energialternativ blir dock den negativa klimateffekten från förbränning av plast betydande.

Samtidigt upplever många marknadsaktörer att regelverken inte har anpassats för användning av sekundärplast. Exempel är bl.a. begränsningar på handel med plast (t. ex. när det klassas som farligt avfall), långtgående krav på spårbarhet som omöjliggör användning inom vissa områden, och brist på standardisering av produkter som passar in i kommersiella inköpssystem. Dessa regler har ofta tillkommit för hantering av avfall, men blir till hinder när målet är produktion av nytt material.

EN VISION TILL 2040: ETT CIRKULÄRT SYSTEM FÖR FEM PLASTER OCH FEM VÄRDEKEDJOR

Dagens system för plastanvändning och -återvinning har uppnått viktiga resultat, men i förlängningen riskerar det bli en återvändsgränd. Ansatsen har varit att fokusera på insamling. Detta har övervältrat ansvaret för materialen så gott som helt på återvinningsledet, som utför insamling och sortering utan förändring i hur material används, produkter utformas, eller efterfrågan för sekundärmaterial iscensätts. Det är inte ekonomiskt effektivt – eftersom dyra åtgärder i återvinningsledet genomförs medan billigare åtgärder i andra delar av värdekedjan förbises. Det har också stora begränsningar, och resultatet är: sekundära material som ofta inte kan ersätta nyproduktion av material; efterfrågan som saknas eller annars inte tillgodoses; stora förluster i återvinningsprocessen; och en optimering av återvinning för att särskilja ett fåtal flöden som har faktiskt värde – medan stora andelar av det material som behandlas saknar marknadsvärde och därför helst skickas till förbränning. Som en biprodukt har förbränning blivit standardlösningen, vilket har renhållningsnyttor men även skapar nästan oundvikliga koldioxidutsläpp som med tiden står i strid mot uppsatta klimatmål. Det finns således stora skäl att leta efter en annan lösning.

Givet begränsningarna i dagens system är det värt att fråga vad som skulle krävas av ett system som drivs av bevarat materialvärde, snarare än insamlingsmandat. Vi visar här hur ett sådant system till 2040 kan bevara åtminstone 40 % av värdet istället för dagens 13 %. Detta motsvarar ytterligare 4 miljarder kronor per år i bibehållet värde, och börjar nå nivåer som kan leda till ett självbärande sekundärt materialsystem för plast genom ökade intäkter, minskade förluster och lägre kostnader. Grunden i denna vision är ett omfattande program för att göra materialåtervinning av de fem största plasterna långt mer attraktivt. Denna grundplåt av materialåtervinning kompletteras med ytterligare lösningar och framförallt innovation för att hantera de resterande 45 % av plast som även i denna vision hamnar utanför mekanisk materialåtervinning (Figur 17).

FIGUR 17
ÅTERVINNING AV FEM STORA PLASTER UTGÖR GRUNDEN I ETT VÄRDEBESTÄNDIGT PLASTSYSTEM TILL 2040

1 ÖKAD ANDEL BIOBASERAD PLAST

Innovation för biobaserad råvara som alternativ för samtliga plastapplikationer.

Frikoppla plast från fossil råvara.

Säkerställ återvinning av biobaserad plast tillsammans med fossil plast.

2 ÅTERVINNING AV STORA FLÖDEN

Materialval, produktdesign, demontering tvärs fem stora värdekedjor

Återanvänd *5-10% av komponenter.*

Maximera och separera ***högvärdesflöden.***

Hög kvalitet och efterfrågan *som finansiell grund.*

Samarbete *på global och EU-nivå för produkter och återvinningsmarknaden.*

Innovation *av återvinningsteknik för ökad kvalitet och minskade kostnader.*

	FÖRPACKNING	BYGG	FORDON	ELEKTRONIK	INDUSTRI
PE	✓	✓		✓	✓
PP	✓	✓	✓	✓	✓
PET	✓			✓	✓
PS	✓	✓	✓	✓	✓
PVC	✓	✓	✓	✓	✓

3 MINSKNING/UTFASNING OCH INNOVATION AV SVÅRÅTERVUNNA FLÖDEN

3A Ökad återvinning över tid

Innovation *för återvinning (t.ex. härdplaster).*

Materialval *för standardisering och prioritering.*

Regional integrering *för skalfördelar, specialisering.*

Minskning och utfasning av **kontaminering och skadliga tillsatser**

3B Ersättning med andra material/andra plaster

Plasterna

Små plastbitar
Kontaminerade, åldrade, m.m. flöden
Härdplaster
Specialmaterial, t.ex. laminat
Specialplaster med liten volym men högt värde

4 KOMPLETTERANDE STRATEGIER FÖR ÅTERSTÅENDE LINJÄRA FLÖDEN

4A Kemisk återvinning där infrastruktur finns och förluster / CO_2-utsläpp är låga

4B Förbränning främst för farligt avfall.

4C Lagring för att möjliggöra framtida återvinning (ny teknik, tillräcklig volym).

4D Kompostering av plaster från nedbrytbara flöden eller vid stor läckagerisk.

Incitament och infrastruktur som bevarar värde och minimerar risken att undergräva cirkulära system.

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS, SE APPENDIX FÖR DETALJERAD METODIK OCH KÄLLOR.

VÄRDEBESTÄNDIG ÅTERANVÄNDNING OCH ÅTERVINNING AV FEM STORA PLASTFLÖDEN ÄR GRUNDPLÅTEN I ETT VÄRDEBESTÄNDIGT SYSTEM

Återvinning av de fem största plastsorterna (PE, PP, PET, PS, PVC) kan bli ekonomiskt attraktivt på sikt genom att förändringar i produktdesign och materialhantering höjer kvalitén, medan skalfördelar och teknikutveckling sänker kostnaderna. Följande beskriver ett möjligt framtida system:

- **Lägre volymförluster.** Plast från byggnation, fordon och industri går i långt högre grad till materialåtervinning. Återanvändning ökar kraftigt för flera produktkategorier. Separat insamling införs i högre grad, men framförallt leder förändringar i materialval och produktdesign till långt ökad förmåga att omhänderta insamlad plast hela vägen till nytt återvunnet material (minskade processförluster). Produkter som försvårar återvinning betalar merkostnaden för detta. Målet är 55 % återvunnet eller återanvänt material. De återstående 45 % hanteras genom kemisk återvinning, kompostering, mellanlagring, eller förbränning.

- **Högre intäkter per ton sekundärplast.** Nyckeln till detta är att a) öka andelen av behandlad plast som kan nå marknaden, och b) att hålla isär de material som har potential att bli högvärdiga. I vårt scenario minskar processförlusterna (den plast som sorteras bort efter insamling) från mer än hälften till en tredjedel. All plast kan inte bli högvärdig, men i scenariot når 50 % av den återvunna plasten dit – medan återstående fraktioner fortsätter att ha lägre värde i nivå med dagens pris.

- **Återvunnen plast ersätter nyproducerad plast.** De högre intäkterna grundas i förmågan att uppnå högre kvalitet. Återvunnen plast begränsas inte längre till lågvärdesapplikationer, utan förmår ersätta nyproducerad plast i allt fler användningsområden. Systemet som helhet har målet att tillgodose materialbehov. Teknikutveckling grundad i digitalisering utgör ett stort bidrag, med alltmer sofistikerad märkning, sensorteknik, automatisering av sortering, och spårbarhet.

- **Lägre kostnader per ton behandlad plast.** Mer sofistikerad teknik gör återvinning mer kapitalintensivt, och investeringskostnaden ökar. Andra poster minskar dock marginellt genom teknikförbättringar, större skala i verksamheten, och framförallt lägre processkostnader när en stor mängd problem förebyggs genom förändringar i hur plast används i ursprungsprodukterna.

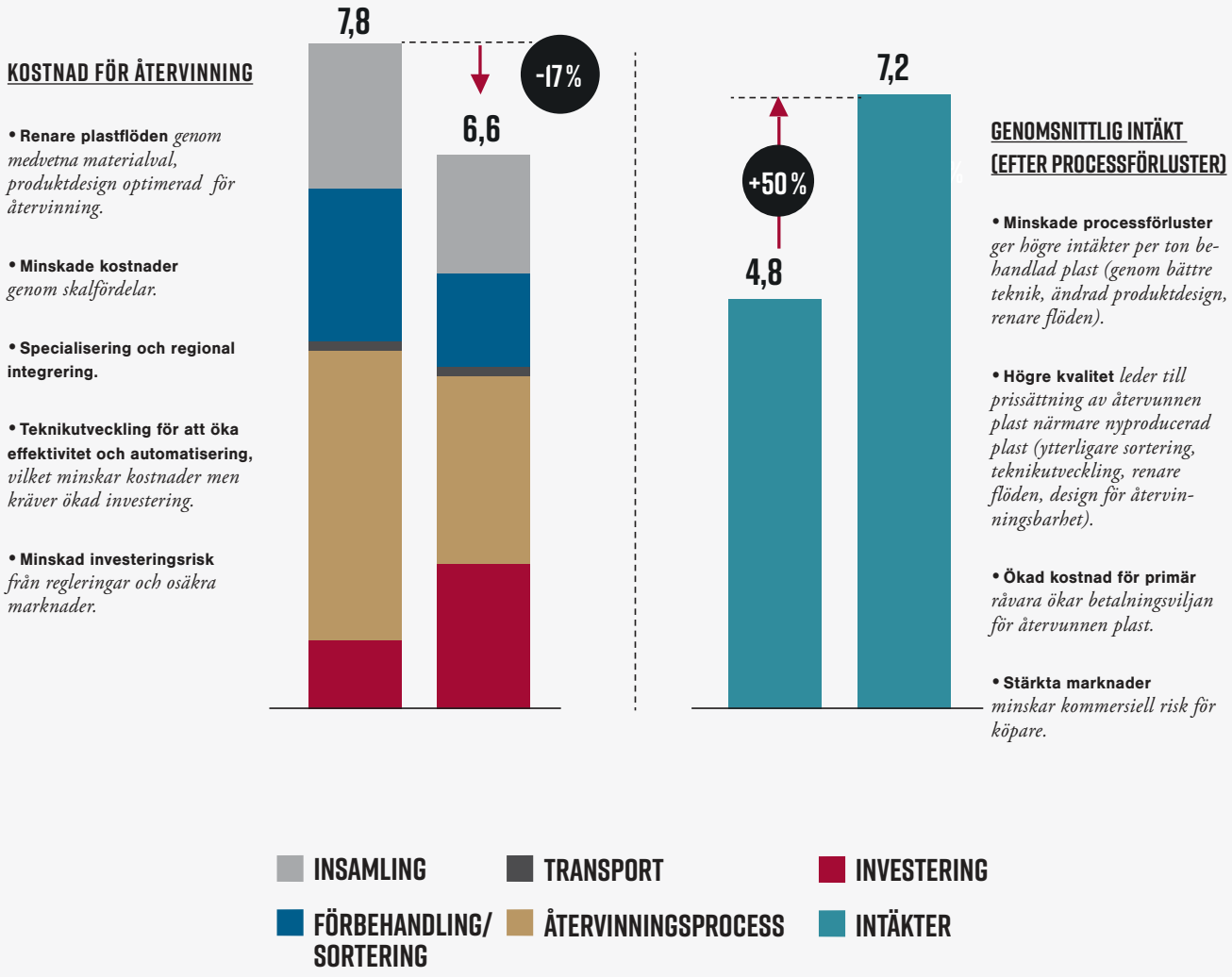
Med dessa förändringar kan gapet mellan intäkter och kostnader stängas. Precis hur detta ser ut varierar mellan användningsområden. Figur 18 visar ett illustrativt modellerat exempel för förpackningar. Från en nettokostnad på upp till 3000 kr per ton behandlad plast, blir intäkterna 600 kr högre per ton. Ökat materialvärde är således drivkraften bakom ökad återvinning.

FIGUR 18

EN SYSTEMFÖRÄNDRING KRÄVS FÖR ATT MÖJLIGGÖRA LÄGRE KOSTNADER OCH HÖGRE GENOMSNITTLIG INTÄKT FRÅN SEKUNDÄRMATERIAL

Återvinningskostnad och intäkt per ton behandlad plast, 2017 och 2040 (exempel förpackningar).

Tusen kronor per ton behandlad plast



KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS BASERAD PÅ DATA FRÅN PLASTICS RECYCLERS EUROPE (2015), INCREASED EU PLASTICS RECYCLING TARGETS: ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL IMPACT ASSESSMENT



EN BRED PALETT AV STRATEGIER KOMPLETTERAR MATERIALÅTERVINNING FÖR ATT MINSKA RESTERANDE VÄRDEFÖRLUSTER OCH MILJÖPÅVERKAN

Även med ovanstående ambitiösa system återstår 45 % av plast som är svår att återvinna utan ytterligare anpassning och innovation: härdplaster, specialplaster i små volymer, mycket små plastbitar, flöden som är grovt nedsmutsade, plast med svårhanterade tillsatser, åldrade plaster, m.m.

Som helhet måste hanteringen av plast också hantera negativa miljöeffekter som läckage till land och hav, både i form av använd plast som inte hanteras på ett korrekt sätt som hamnar i haven och ansamlas, samt mikroplaster. Genom att bevara värde skapas starka incitament för att återföra plast och förändra även nedskräpning, men materialåtervinning måste samtidigt samspela med fortsatt starka incitament för att hantera avfallsproblem.

Det behövs därför ett antal sätt att hantera plast, utöver materialåtervinning. Idag är det enda alternativet förbränning. Även i ett värdebeständigt system har förbränning sannolikt en roll, men i långt mindre omfattning – främst för farligt avfall, och där risken annars är stor för läckage till miljön. Det är därför viktigt att utveckla kompletterande strategier för att hantera svåråtervunnen plast. Den här studien har fokuserat på vad som krävs för att göra mekanisk återvinning attraktiv, men samtidigt beror återvinning på hur incitamenten för annan hantering ser

Följande är en kort diskussion av några frågeställningar, som behöver utredas vidare – inte minst hur de påverkar förutsättningarna för ökad materialåtervinning:

- **Komposterbar plast där risk för läckage till omgivningen är hög och återvinning är utmanande.** Bionedbrytbara plaster utvecklas idag som ett alternativ framförallt till engångsförpackningar till mat. I dagsläget saknas tydliga definitioner och standarder för bionedbrytbara plaster och de används ännu i väldigt liten skala. Från ett värdeperspektiv utgör komposterbara plaster ett mycket lågt bibehållet värde (lägre än energiåtervinning) och de bidrar på så sätt inte till värdebeständighet i systemet. I de fall där återvinning är mycket svårt och där plasten annars riskerar att läcka ut i natur och hav kan komposterbar plast vara ett miljömässigt attraktivt alternativ. Det har dock sannolikt mycket liten roll i Sverige, där kompostering av avfall är mycket ovanlig. Samtidigt är det viktigt att den komposterbara plasten inte försvårar för materialåtervinning. Det finns risk att bionedbrytbara plaster kontaminerar annars fullt återvinningsbara plastflöden, eller än värre leder till ökat läckage av plast till naturen genom missförstånd om förhållandena som krävs för nedbrytning.

- **Kemisk återvinning för kontaminerade och svåråtervunna plaster.** Plast kan genom förgasning brytas ner i beståndsdelar och användas till nytt råmaterial, till exempelvis drivmedel eller nya polymerer. Detta har stora fördelar just för annars svårhanterade plaster: förgasning avlägsnar tillsatser, kan användas även för äldre och kontaminerade plaster, och metoden kräver inte att olika plastsorter separeras. Anläggningar för förgasning byggs nu i bland annat Kanada och Nederländerna. Det finns dock flera frågor som behöver utredas vidare. Förgasning kräver stor skala för att bli kostnadseffektivt, och kan sannolikt understödjas av de 45 % av plast som återstår efter att materialåtervinningen ökat, men behöver omhänderta plastflöden från flera länder. Processen är även mycket energikrävande, och riskerar att resultera i höga utsläpp av koldioxid. I de förslag som tagits fram idag förloras så mycket som 60 % av plasten i varje omvandling. Utveckling för att förbättra utbytet behövs därför, och regleringar behöver säkerställa att förgasning inte undergräver direkt materialåtervinning.

- **Biobaserade plaster.** Plaster producerade av biobaserad råvara kan ha betydligt lägre koldioxidutsläpp än plast producerad av fossil råvara. De kan göras helt likvärdiga med fossilbaserad plast, och även materialåtervinnas. (Idag är dock bio-baserade plaster ofta även bio-nedbrytbara, men detta är ingen nödvändighet.) Det finns därför i princip ingen motsättning mellan att använda biobaserad råvara, och att göra materialåtervinning till central princip för hur materialet sedan hanteras – de två kan vara kompletterande strategier.

- **Materialersättning.** Plast kan antingen ute lämnas eller ersättas med andra material i särskilt svåråtervunna kategorier. I dagsläget utgör plast ett materialalternativ med låg vikt, vilket gör att det ur ett livscykel-perspektiv ofta har lägre miljöpåverkan än alternativ som glas, metall och papper. I en framtid med förnyelsebar energi och elektrifierade transporter förändras dock förutsättningarna.

- **Innovation** för t.ex. återvinning av härdplaster, termoplaster med problematiska tillsatser, och blandade plastfraktioner. Det krävs dessutom innovation för utveckling av nya material, t.ex. enmaterialslaminat som kan ge samma funktion som traditionella laminat men möjliggör mekanisk återvinning.

- **Mellanlagring och regional integrering.** En rad specialplaster används i relativt liten skala som gör det svårt att skapa flöden som är tillräckligt stora för att göra materialåtervinning ekonomiskt gångbar – kostnaden för separation och insamling beror ofta på skala. I vissa fall kan lagring av plast (aggregering över tid) möjliggöra framtida materialåtervinning, när ny teknik blir tillgänglig eller tillräcklig skala nås, i andra fall kan regional integrering (aggregering mellan olika geografier) möjliggöra återvinning.

ETT NYTT GREPP KRÄVS FÖR VÄRDEBESTÄNDIG PLASTANVÄNDNING

MED ÅTGÄRDER LÄNGS HELA VÄRDEKEDJAN FÖR MATERIALHANTERING

Den vision som visas ovan är attraktiv både ekonomiskt och av klimat- och andra miljöskäl. På lång sikt kan materialåtervinning bäras av intäkterna från återvunnen plast. Marknadsaktörer kan genom samarbeten och egna initiativ ta stora steg i den riktningen redan idag, och kommer alltid att behöva stå för mycket av den innovation i teknik och affärsmodeller som krävs. Samtidigt krävs också styrmedel för att nå dit. Externaliteter (från primärproduktion, produktdesign och förbränning) gör att en oreglerad marknad inte klarar problemet på egen hand. Det stora avståndet mellan aktörer ger också stora transaktions- och koordinationskostnader som behöver överbryggas, och där kan styrmedel och regleringar spela en roll.

Ständigt höjda insamlingskvoter blir dock ingen långsiktig lösning, utan de behöver kompletteras med förändringar i samtliga övriga led av värdekedjan för hantering av material:

- **Primärproduktion – sträva efter priser som avspeglar externaliteter.** Priset på nyproducerad plast innefattar idag inte de externaliteter som produktionen ger upphov till. Detta gör det svårt för återvunna material att konkurrera. Det finns redan en del styrmedel för detta (t.ex. EU:s utsläppshandelssystem för koldioxid), men de täcker inte alla externaliteter, och internationellt handlade produkter begränsar i vilken grad EU-baserade producenter kan övervältra miljökostnader på priser.
- **Produktdesign – sätt en ny agenda för att möjliggöra återvinning.** Både politik och företag behöver åtgärda den avsevärda negativa effekt som materialval och produktdesign har för produktion av sekundära material. Idag försöker tillverkande bolag ofta öka mängden återvunnet material, men har mycket mindre fokus på att se till att deras egen materialanvändning möjliggör högkvalitativa sekundärmaterial när produkten använts färdigt. En förändring i hållbarhetstänkandet behöver därför ske, och nya plattformar för samarbeten sättas upp längs värdekedjan. Även politiken behöver hjälpa till för att korrigera en avsevärd externalitet. Möjliga styrmedel kunde innefatta ett differentierat producentansvar, där producenter betalar mer om de sätter produkter på marknaden som försvårar för materialåtervinning. Andra verktyg kan vara produktkrav, standarder, m.m.
- **Återvinning – utvidga och förbättra nuvaran de återvinningssystem.** Dagens insamlingssystem är fragmenterade (t.ex. genom skillnader på kommunnivå), leder till småskaliga flöden, och saknas för viktiga flöden (t.ex. PVC i byggnader). Det behövs också nya förfaranden för hur slutanvända produkter ska hanteras. Två stora områden som på sikt behöver stora förändringar är rivning i byggsektorn, samt demontering av fordon (se kapitel 6).



- **Efterfrågan – undvik ensidigt fokus på utbud, efterfrågan är avgörande.** Redan i dagsläget finns en efterfrågan hos företag som börjat efterfråga återvunna material. Problemet är till stor del en fråga om koordinering: pionjärer som vill använda återvunnen plast hindras av avsaknad på material, medan investeringar för att möjliggöra dessa material inte lönar sig i en situation av svag efterfrågan. Efterfrågan kan bland annat gradvis stärkas, t.ex. genom minimikrav på återvunnet innehåll i vissa produktkategorier, finansiella incitament för användning av återvunnet material, och inkludering i offentlig upphandling.

- **Avfallshantering – fasa ut återstående hinder i nuvarande regelverk.** För att nå storskalig materialåtervinning krävs att återvunna material kan konkurrera på de internationella marknaderna för primärmaterial. Lagstiftare behöver undvika regelverk som begränsar sekundära materialmarknader, t.ex. genom att begränsa internationell handel, oklarhet kring ägarskap av material, och tvära kast som skapar osäkerhet kring investeringar och långsiktighet.

- **Sätt en ny innovationsagenda med digitalisering och materialutveckling i fokus.** Slutligen behövs ett fokus på teknik på ett par decenniers sikt. Återvinning genomgår redan en tyst teknikrevolution, där man idag kan återvinna material och uppnå högre kvalité än man kunde för bara 10 år sedan. Digitalisering skapar stora ytterligare möjligheter, med potential till spårning, märkning, sensorer, realtidsuppdateringar, datainsamling och automatisering. Utveckling av nya material är också en förutsättning på lång sikt, för att hitta lösningar för återvinning av plaster som idag är för problematiska (t.ex. småskaliga specialplaster, härdplaster, kontaminerade plaster). Offentligt stöd behövs för att påskynda innovation inom dessa områden. En inspiration kunde vara den utveckling av sol- och vindkraft som stimulerats genom långsiktig och koordinerad politik.



3. STÅL

PÅ VÄG MOT EN MARKNAD DOMINERAD AV ÅTERVUNNET STÅL

Stål är det i särklass mest värdefulla enskilda materialflödet i denna studie. Det är ett i mångt och mycket cirkulärt system, där materialvärdet redan idag driver produktionen av återvunnet stål, som är en omistlig del av såväl svensk som global stålproduktion. Betydelsen av återvunnet stål växer också: det står för en tredjedel av stålproduktionen globalt idag, men till 2050 kan det utgöra den största andelen av en avsevärt större totalmängd producerat stål. Välskött, skrotbaserad stålproduktion är därför en stor tillväxtmarknad och en framtida industrimöjlighet.

Det blir också allt viktigare att förebygga värdeförluster i stålkretsloppet. Varje användningscykel medför volymförluster, varav flera kunde förebyggas eller minskas. I många fall tas legeringsämnen inte tillvara, och i de internationella marknader vi handlar med innebär återvinning ofta en viss downcycling till mindre värdefullt stål. Slutligen pågår en i längden ohållbar inblandning av koppar i stålbasen – en irreversibel process som riskerar att kraftigt undergräva återvinning.

Mer allmänt blandas olika stålsorter samman i skrotflöden, vilket medför ökade kostnader i tillverkning, större omsmältningsförluster, och mindre tillförlitliga råvaruflöden. Svensk stål- och återvinningsindustri är internationellt väl positionerade för att tillvarata de affärsmöjligheter som finns i att förhindra dessa värdeförluster.



29

MILJARDER KRONOR

Värdet på stål som faller ur användning per år

STÅL ÄR DET I SÄRKLASS MEST VÄRDEFULLA MATERIALFLÖDET

VARJE ÅR FALLER STÅL TILL ETT VÄRDE AV 29 MILJARDER UR ANVÄNDNING

Sverige har en nära konstant stålbas på ca 100 miljoner ton, 10 ton per person, som används i infrastruktur, byggnader, transport, industriutrustning, och konsumentprodukter. Även om totalmängden stål i Sverige inte växer så sker en ersättning av ca 3 % per år, i takt med att produkter ersätts eller stål förloras. Det resulterande flödet på 3 miljoner ton per år är det i särklass mest värdefulla enskilda materialflödet, med ett ersättningsvärde på 29 miljarder kr årligen – eller mer än 6000 kr per hushåll och år.

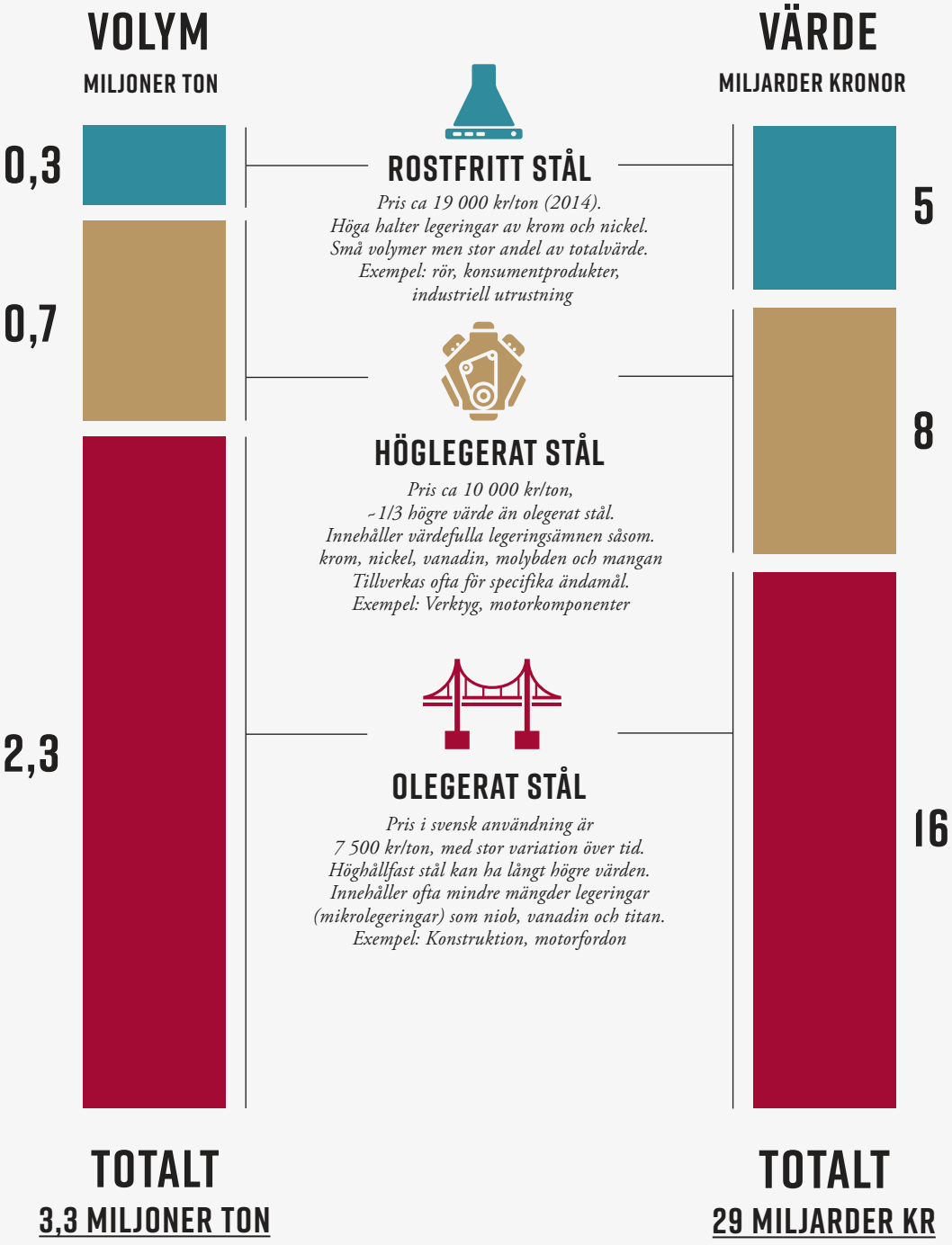
Sverige är en producent av framförallt specialstål, som till överväldigande delen exporteras. Stålet som används i Sverige är istället till större delen importerat. Priset kan variera kraftigt, både mellan enskilda år och mellan olika ståltyper, där olegerat stål står för majoriteten av stålvolymen, men rostfritt stål är värt mer än 3 gånger så mycket (Figur 19).

Stål är ett av våra mest cirkulära material. Uppskattningsvis 83 % av allt stål som faller ur användning globalt samlas in och används i produktion av nytt stål, och i Sverige närmare 90 %. Viktiga skäl är höga materialvärden, relativt enkel sortering (genom magnetisk separation), och förmågan att i hög grad rena materialet vid omsmältning. Skrotbaserad stålproduktion är sedan länge väletablerad, utgör globalt en tredjedel av den totala produktionen, och växer i takt med att den globala stålbasen ökar. Marknaden för stålskrot är välutvecklad och internationell, med många väldefinierade standardprodukter. Av de 3,3 miljoner ton skrot som faller i Sverige varje år exporteras 1,5 miljoner ton.

FIGUR 19

3,3 MILJONER TON STÅL, MED ETT URSPRUNGSVÄRDE PÅ CA 29 MILJARDER KR, FALLER UR ANVÄNDNING VARJE ÅR

Volym och värde av stål som faller ur användning
Volymer och priser för 2014



KÄLLOR: MATERIAL ECONOMICS ANALYS AV DATA FRÅN BLAND ANDRA STATISTISKA CENTRALBYRÅN, LONDON METALS EXCHANGE, JERNKONTORET, SAMT INTERVJUER MED MARKNADSAKTÖRER

12 MILJARDER KRONOR GÅR VARJE ÅR FÖRLORADE I VÄRDEFÖRLUSTER

Trots ett i vissa avseenden välfungerande system för stålåtervinning är värdeförlusterna stora. Av de 29 miljarder i ursprungsvärde fångas 9 miljarder kr i värdet på stålskrot. Den totala värdeförlusten är 20 miljarder per år. Av detta är 8–9 miljarder nära oundvikliga kostnader som uppstår när skrot ska omvandlas till stål. Detta lämnar 12 miljarder i värde som förloras i ersättningen av förbrukat stål varje år – till följd av järn som förloras i olika stadier av produktion och användning, legeringsvärden som inte tas tillvara, en nedgradering av stålkvalité vid skrotbaserad tillverkning, och andra förluster där låg kvalité på stålskrot fördyrar tillverkningen av nytt stål (Figur 20).

STÅLSKROT ÄR VÄRT 9 MILJARDER PER ÅR SOM INSATS TILL NY STÅLPRODUKTION

Marknaden för svenskt stålskrot uppgår till runt 9 miljarder per år. Priset sätts ofta relativt marknadspriset på nytt stål – när priset på stål går upp kan stålverken betala mer för skrot som råvara i produktionen, skrot blir mer värdefullt. Marknaden är både internationell och likvid, och har utvecklats snabbt efter att ha avreglerats (tidigare rådde bl. a. exportförbud på skrot, men idag exporteras 45 % av det skrot som faller ur användning i Sverige). Inköp av stålskrot till svensk stålproduktion sker fortfarande genom en inköpsorganisation, Järnbruksförnödenheter, som också specificerar en mängd olika skrotklasser med olika pris.

Priset för skrot behöver täcka de insatser som krävs för att förädla produkter och strukturer som slutar användas (skrotade bilar, byggnader som rivs, m.m.) till råvara för stålproduktion. En avsevärd post är logistik, men även demontering av produkter och sortering är viktiga kostnadsposter. Liksom med plast är stålskrot därför värt betydligt mindre tidigare i kedjan, så en säljare av skrot får ofta betydligt mindre betalt än de drygt 3000 kr som i genomsnitt betalas av stålverk.

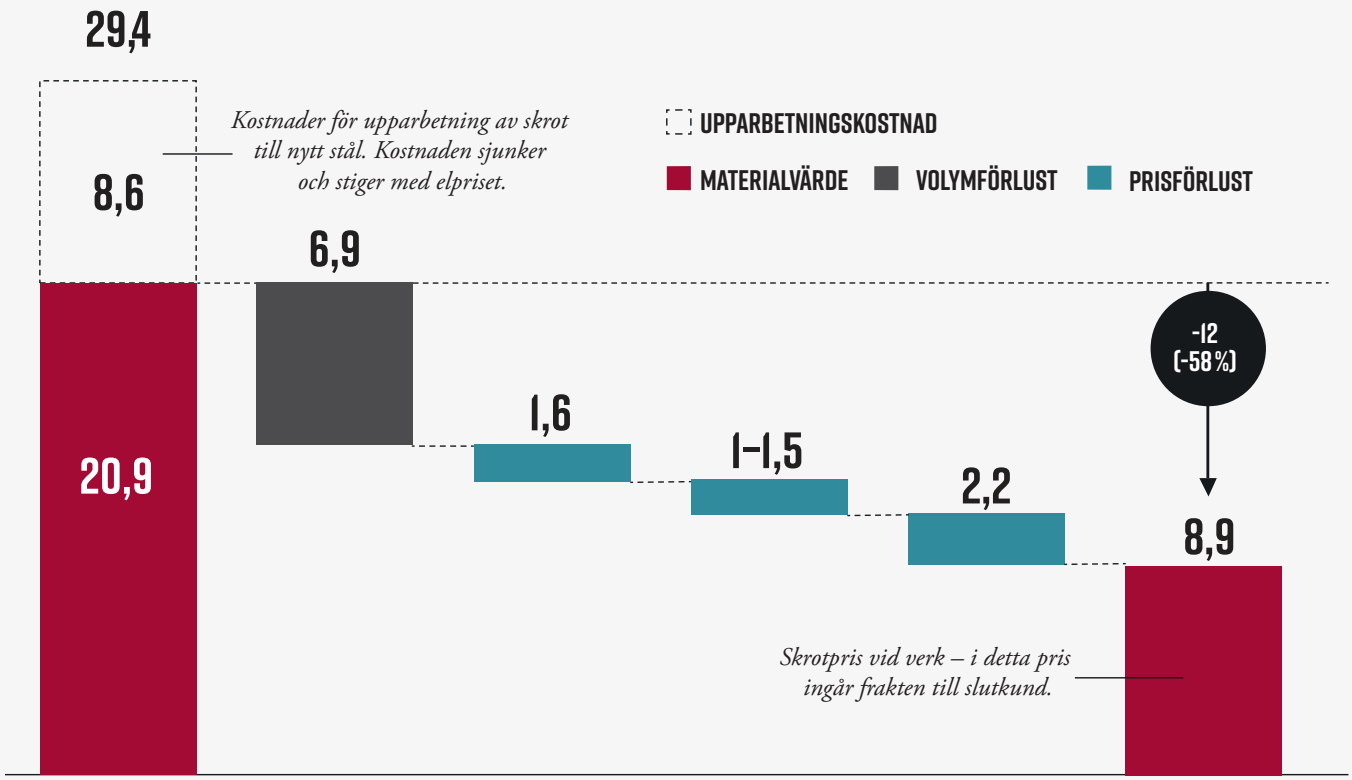
FIGUR 20

VÄRDEFÖRLUSTERNA I STÅLANVÄNDNING UPPGÅR TILL 12 MILJARDER KRONOR PER ÅR

GENOM VOLYMFÖRLUSTER OCH LÄGRE KVALITÉ

Värde och värdeförluster jämfört med ursprungsvärde av stål som faller ur användning.

Miljarder kronor per år



URSPRUNGSVÄRDE

VOLYMFÖRLUST

Stål som deponeras, inte samlas in eller på annat sätt förloras (t.ex. genom korrosion).

LEGERINGSVÄRDEN

Legeringsmetaller som inte tas tillvara eller som ökar kostnaden för återvinning.

NEDGRADERING AV KVALITET

Lägre värde på sekundärstål än på ursprungligt primärstål.

ANDRA VÄRDEFÖRLUSTER

Hantering av stålskrot som försvårar återvinning, t.ex. svåra format, sammanblandning etc.

BEVARAT VÄRDE

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS, SE APPENDIX FÖR DETALJERAD METODIK OCH KÄLLOR

OMARBETNING FRÅN SKROT TILL NYTT STÅL KOSTAR 8–9 MILJARDER KR PER ÅR

Priset på skrot varierar tätt med priset på stål. När priset stiger är stålverk också beredda att betala mer för skrot. Till skillnad från plast och aluminium kräver processen för omarbetning från skrot till stål stora insatser genom omarbetning i en ljusbågsugn. Utöver järnråvaran och legeringsämnen är viktiga kostnadsposter kapitalkostnad för anläggningen, energi, slaggbildare, elektroder, logistik, och underhåll. Vi beräknar kostnaden för dessa till 8–9 miljarder kronor per år. Genom att mycket svenskt stål exporteras uppstår en stor del av kostnaden också i andra länder (medan svenska stålverk har motsvarande kostnader i omarbetningen av det skrot som importeras).

En stor del av de insatser som krävs är så gott som oundvikliga, och vi har därför inte betecknat denna post som en ”värdeförlust”. Kostnaden kan undvikas endast i de fall där det är möjligt att direkt återanvända stålkomponenter, eller där det går att direkt gjuta om stål.

8–9

MILJARDER KRONOR

Kostnad för omarbetning av skrot till nytt stål

Kostnaden är dock inte helt orubblig. Den kan sänkas genom ytterligare processeffektivisering, och lägre elpriser skulle också sänka den. Det finns även kostnader i omarbetning som beror på att skrotet inte håller den specifikation eller kvalité som vore önskvärd. Dessa kostnader har vi dock fört in under de övriga posterna (legeringsvärden, nedgradering av kvalité, samt andra värdeförluster) – se diskussionen i följande avsnitt.



VOLYMFÖRLUSTER – STÅL TILL ETT VÄRDE AV 7 MILJARDER KRONOR FÖRLORAS ÅRLIGEN

Volymförluster av stål utgör den enskilt största posten för värdeförluster. Till skillnad från t.ex. plast samlas den allra största delen av stål in och bearbetas. Trots detta uppstår stora förluster på vägen till nytt material. Volymerna som förloras i produktion, tillverkning, användning, insamling och behandling är 0,8 Mt per år, vilket kan jämföras med att ca 2,5 Mt skrot behandlas varje år. Sett från annat perspektiv förloras knappt en procent av stålbasen årligen. Värdet på det stål som går förlorat årligen uppgår till 7 miljarder kronor (Figur 21):

- **Stål till ett värde** av 2,5 miljarder förloras vid produktion och tillverkning – när järn förpassas till slagg, vid valsning, och genom annan behandling. Skrotbaserad ståltillverkning leder även den till förluster (t.ex. genom att järn oxideras när slaggprodukter rensas från skrot). Hela en fjärdedel av det stål som används i tillverkningsindustrin blir till spill. Även om en mycket stor andel av detta samlas in, så uppstår en del förluster på vägen.

7

MILJARDER KRONOR

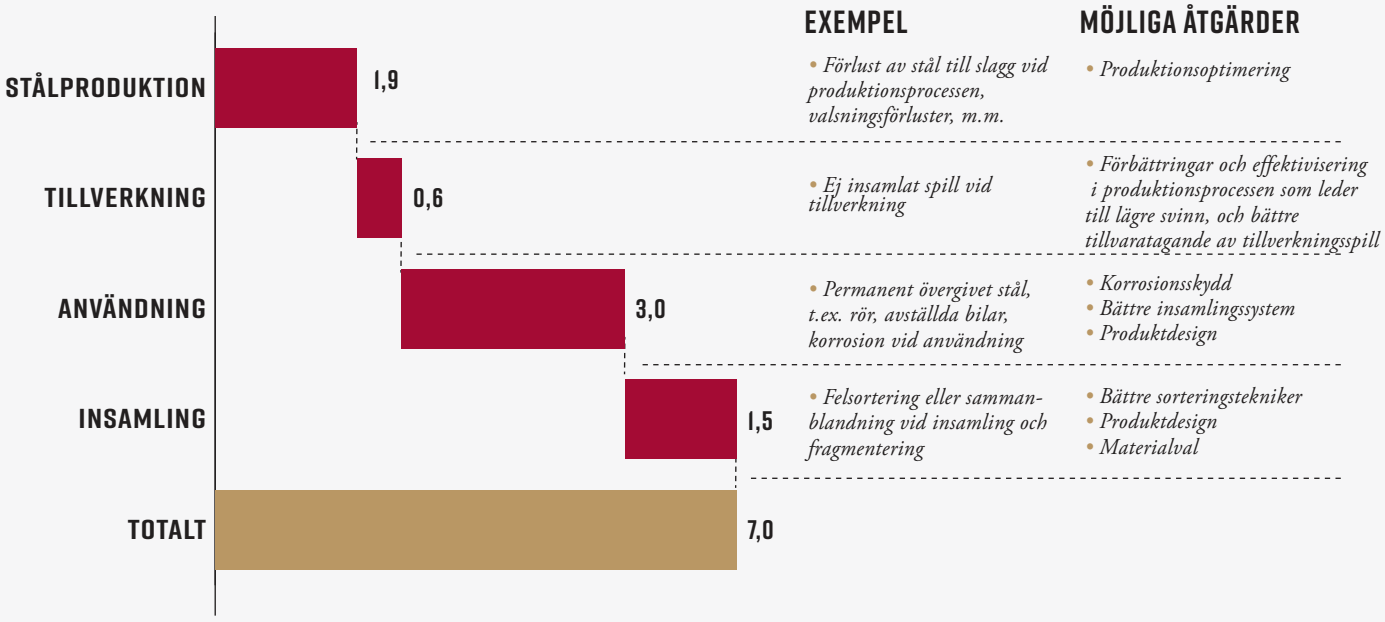
Värdet på volymförluster av stål per år

- **I användningsfasen förloras** stål till ett värde av 3 miljarder – genom att produkter eller strukturer faller ur användning och inte demonteras och samlas in. Stålet blir antingen kvarstående, där det ofta nedgraderas genom korrosion, eller hamnar på deponi eller i fyllnadsmassor. (Ett slående exempel i Sverige är att nära en miljon avställda bilar inte återförts för skrotning.)

- **Slutligen leder även** insamling och behandling till förluster på uppskattningsvis 1,5 miljarder. Dessa uppstår särskilt vid sortering genom fragmentering. Felsorterat stål deponeras, eller blandas med fyllnadsmassa och används till konstruktion.

FIGUR 21 VOLYMFÖRLUSTER – STÅL TILL ETT VÄRDE AV 7 MILJARDER KRONOR GÅR FÖRLORAT VARJE ÅR

Förluster av stål vid olika stadier av tillverkning och användning
Miljarder kronor per år (2014)



KÄLLA: RECYCLING OF STEEL IN THE SOCIETY, THE ECO STEEL CYCLE, GYLLENRAM MFL, 2004–2012 STÅLKRETSLOPPET, JERNKONTORET



LEGERINGSVÄRDEN PÅ 1,6 MILJARDER GÅR FÖRLORADE VID OMARBETNING AV SKROT TILL STÅL

Hälften av värdet på årlig stålanvändning utgörs av stål som antingen är rostfritt eller höglegerat, där legeringsmetaller och -egenskaper utgör en avsevärd del av värdet. Rostfritt stål är det tydligaste exemplet, där nickel och krom, som tillsammans utgör en fjärdedel av metallen, kan utgöra 70 % eller mer av materialvärdet. Även i andra höglegerade stål kan dock små andelar legeringar utgöra en stor del av värdet.

I rostfritt stål bevaras 70–80 % av legeringsvärdet i skrotet, och priset indexeras mot dagspriser på nickel och krom. Detta är dock ett undantag, och vid lägre legeringshalter bevaras långt lägre andel av legeringar. Priserna varierar kraftigt mellan olika stålsorter, men i genomsnitt är höglegerat stål i svensk användning värt ca 3000 kr mer per ton än olegerat stål. Motsvarande skrot har dock inte ett högre värde än ca 400 kr mer per ton än olegerat skrot i genomsnitt. Nästan 90 % av legeringsvärdet förloras därför.

Huvudskälet är att det ofta saknas system för att matcha legeringsinnehåll med skrotbaserad produktion. Undantagen är rostfritt stål, samt en del stora flöden från tillverkningsindustrin. I övriga fall händer det ofta att värdefulla legeringar i skrotet (utöver krom och nickel även vanadin, mangan och molybden) tillförs stålsorter där de inte gör någon nytta. I värsta fall blir det som ursprungligen var värdefulla legeringar till en negativ värdepost, när skrotet används för att producera helt andra stålsorter än det som fanns i ursprungsprodukten. Även om legeringen då kan avlägsnas så sker det till en kostnad – genom ökade förluster av andra, önskade metaller (inklusive järn) i slaggbildning, eller genom att skrotet måste spädas med andra järnkällor. Till exempel är manganhaltigt skrot nu mindre värt än olegerat skrot, trots att mangan kan kosta mer än dubbelt så mycket som olegerat stål. Ett ännu tydligare exempel är när koppar blandas in i stålskrot – ett långsiktigt problem som vi diskuterar mer i detalj i kommande stycken. Sammantaget uppskattar vi värdet av dessa förluster till 1,6 miljarder kronor per år.



NEDGRADERING AV STÅLKVALITÉ LEDER TILL VÄRDEFÖRLUSTER PÅ 1-1,5 MILJARDER KR PER ÅR

Sekundär stålproduktion kan i många fall ge högkvalitativa produkter. Svensk stålindustri är internationellt ovanlig just i förmågan att producera högvärdigt specialstål i ljusbågsugnar, med skrot som största källa till järnråvara. Globalt ser dock bilden annorlunda ut. En stor del av sekundärstål blir till lågvärdiga stålprodukter, och särskilt till enkla konstruktionsstål. Skälet är ofta det som beskrivs ovan, att en sammanblandad skrotråvara inte medger produktion av mer specialiserade stålsorter, och att armeringsjärn å andra sidan har hög tolerans för inblandning av oönskade ämnen. Konstruktionsstål har ett lägre värde, beroende på marknadsläget i storleksordningen 700–1000 kr per ton än andra produkter. När skrot används till lågvärdigt stål blir även skrotråvaran mindre värdefull. Totalförlusten av att exporterat skrot företrädesvis går till produkter med lägre pris är sammantaget runt 1–1,5 miljarder kronor.

ANDRA VÄRDEFÖRLUSTER SOM FÖRSVÅRAR ÅTERVINNING LEDER TILL 2,2 MILJARDER KR I VÄRDEFÖRLUST PER ÅR

Ytterligare en värdeförlust uppstår när skrot faller ur användning på sätt som försvårar tillverkning av sekundärstål och höjer kostnaden eller minskar utbytet i ljusbågeproduktion. Det kan röra sig om sammanblandning med andra material eller ämnen som leder till dyr rening (antingen av råvaran eller av avgaser). Svåra format (t.ex. otympliga bitar, rent järnspån som lätt ”brinner”, korroderat material, mekanisk sammanblandning med oönskade metaller, m.m.) är också besvärliga att inlemma i produktionsflödet. Om legeringsinnehållet är okänt finns också en risk för produktionsstopp, behovet av att lagra stora mängder skrot för senare användning, eller att späda med annan, dyrare järnråvara.

Ofta är dessa kostnader ett resultat av att produkter antingen sätts samman eller demonteras på ett sätt som gör skrotet svårare att använda som råvara i stålproduktion. Vi uppskattar dessa tillsammans till drygt 2 miljarder kronor per år.

INBLANDNING AV KOPPAR ÄR ETT LÅNGSIKTIGT ALLVARLIGT PROBLEM SOM RISKERAR UNDERGRÄVA KVALITÉN PÅ STÅLBASEN

Ett skäl till att stål återvinns i så stor omfattning är att det till hög grad går att rena stål vid bearbetningen i stålverk genom att förpassa många ämnen till slagg. Trots att både värdefulla legeringar och en del järnråvara går till spillo, så ger det möjligheten att tillverka nytt stål med hög kvalité, även om ursprungskällan till skrotet innehöll ämnen som inte behövdes eller som är oönskade.

Ett stort undantag från detta är koppar. Till skillnad från många andra ämnen går koppar inte att separera ut till slagg vid omsmältningen av stål, och det är samtidigt en förorening som allvarligt påverkar stålets kvalité. Armeringsjärn och en del andra stål kan tåla upp till 0,4 % viktprocent koppar, men många stora produktkategorier är dock långt känsligare visar en studie av Allwood et al. från 2017 (Figur 22). Globalt sett tål stålprodukter inte mer än ca 0,15 % koppar som ett viktat genomsnitt tvärs alla produktkategorier.

En stor mängd koppar har redan adderats till den svenska stålbasen, och en ytterligare mängd läggs till i varje användningscykel. Svenskt skrot har nu en kopparhalt på 0,22 %, varav ungefär hälften redan är närvarande i stålbasen, och resten läggs till vid återvinning genom att koppar inte separeras under fragmenteringen. Redan idag överstiger således kopparhalten i skrot en nivå som gör det möjligt för helt skrotbaserad produktion att användas till majoriteten av stålprodukter.

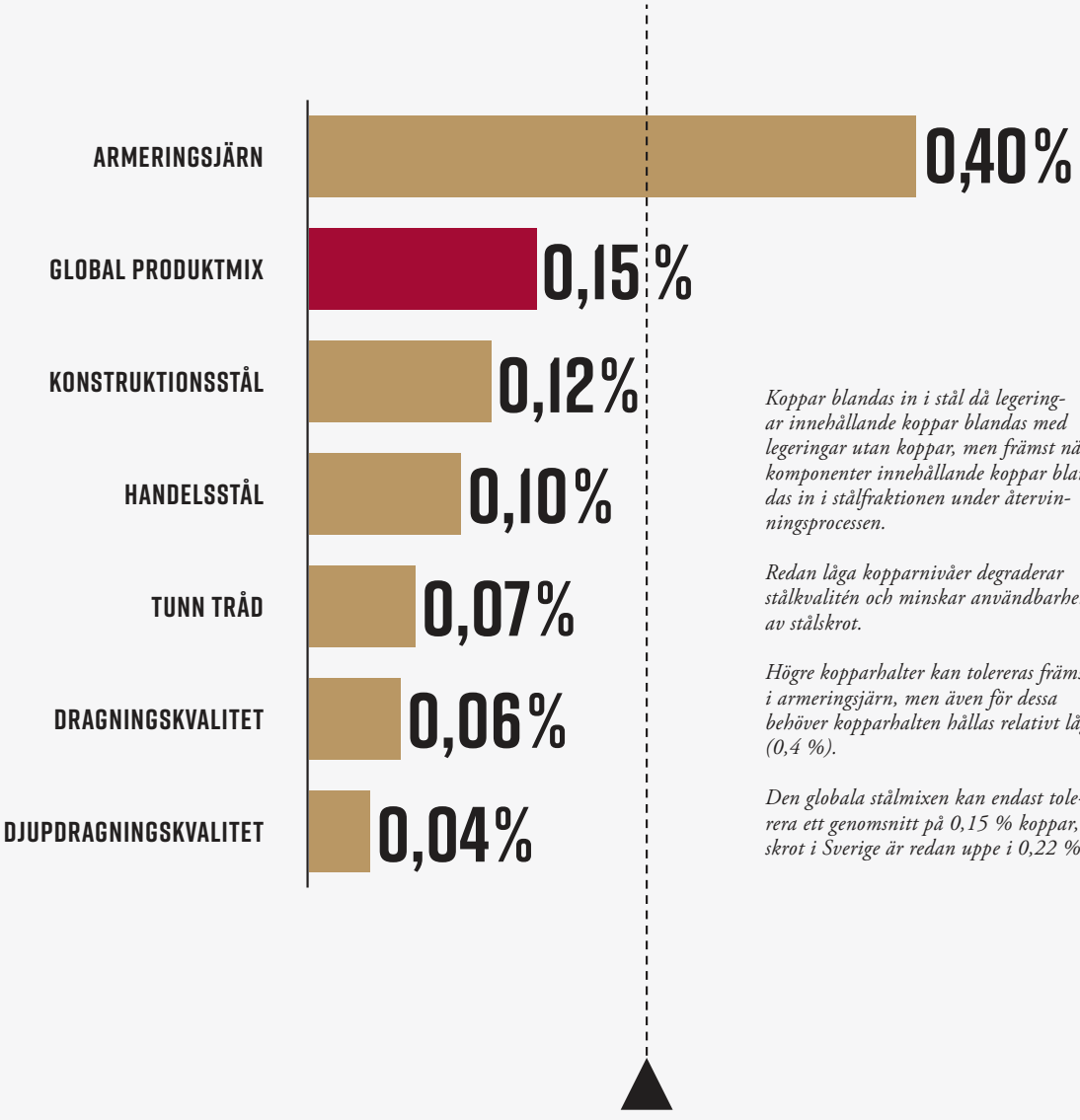
Idag hanteras detta till stor del genom utspädning med malmstål. Bilden är alltså långt ifrån den av stål som ett redan slutet, cirkulärt system där stål i princip kan användas hur många gånger som helst.

Inblandningen av koppar vid återvinning sker från två källor: dels så finns ett fåtal rostbeständiga legeringar där koppar avsiktligt ingår, men den större delen av koppar blandas in när kopparhaltiga produkter och strukturer omhändertas och görs om till skrot. Två stora källor är elmotorer och kablage från elektronikskrot och fordon. En bil innehåller t.ex. koppar motsvarande 0,7 % av järninnehållet, och det krävs omfattande ytterligare åtgärder för att få ned halten till ca 0,3 %, den nivå som stålverk accepterar (även om detta betyder att de i sin tur behöver späda skrotet ytterligare med helt kopparfri järnråvara). Inblandningen av koppar kan permanentas ytterligare i skrothanteringen. Skrothandlare förväntas garantera en maximal halt koppar i skrotet de säljer vidare, och kopparhaltiga partier blandas därför ofta ut med renare flöden – istället för att hållas isär och användas till produktion av avsiktligt kopparlegerade stål.

FIGUR 22

KOPPARINBLANDNING SKER REDAN PÅ EN NIVÅ DÄR SEKUNDÄRSTÅL KRÄVER UTSPÄDNING MED MALMSTÅL FÖR ATT KUNNA ANVÄNDAS I ETT ANTAL APPLIKATIONER

Maxgräns för kopparhalt för olika ståltyper.
Viktprocent koppar



Koppar blandas in i stål då legeringar innehållande koppar blandas med legeringar utan koppar, men främst när komponenter innehållande koppar blandas in i stålfraktionen under återvinningsprocessen.

Redan låga kopparnivåer degraderar stålkvalitén och minskar användbarheten av stålskrot.

Högre kopparhalter kan tolereras främst i armeringsjärn, men även för dessa behöver kopparhalten hållas relativt låg (0,4 %).

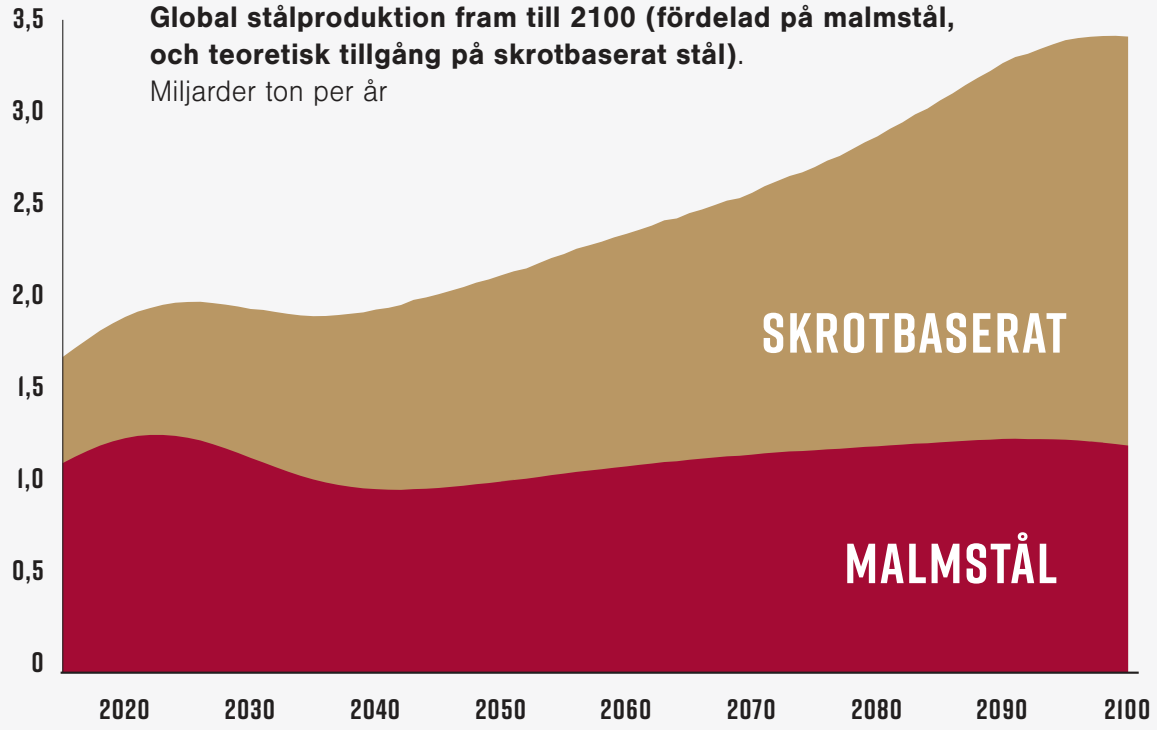
Den globala stålmixen kan endast tolerera ett genomsnitt på 0,15 % koppar, skrot i Sverige är redan uppe i 0,22 %.

Nuvarande nivå i svenskt skrot 0,22 %.

KÄLLOR: ALLWOOD ET AL. 2017, HOW WILL COPPER CONTAMINATION CONSTRAIN FUTURE STEEL RECYCLING?, JERNKONTORET 2004–2012 STÅLKRETSLOPPET, SAMT ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS

Hittills har problemet med kopparinblandning maskerats av en kraftig global tillväxt i primärstål, drivet framförallt av stor ökning i kinesisk produktion. Detta är dock inte en långsiktig lösning. Även med en starkt växande efterfrågan i utvecklingsländer finns nu i princip möjligheten att för första gången möta en framtida ökning i global efterfrågan nästan uteslutande från återvunnet stål (Figur 23). Spädningseffekten blir då betydligt mindre, och den tilltagande kopparhalten ett allvarligt problem. Enligt vissa analyser kan kopparinblandningen bli så hög att en andel skrot blir obrukbart redan om 2–3 decennier, även om det handlas helt perfekt globalt och späds ut så mycket som går (och tidigare i ett mer realistiskt scenario där sådan perfekt blandning inte kan uppnås). Inom några decennier blir det då nödvändigt att producera stora mängder nytt malmstål – inte därför att volymen egentligen behövs för att tillgodose efterfrågan, utan för att det krävs för att bibehålla den kvalitet som krävs. Givet de stora utmaningarna med att minska växthusgasutsläppen från reducering av järnmalm är detta inte bara en ekonomisk fråga, utan även av stor betydelse för att nå klimatmålen. Eftersom problemet uppstår gradvis över tid, med ackumulering av koppar i stålbasen, krävs åtgärder tidigt för att undvika ett sådant scenario. Kopparinblandning i stål är således ett tydligt fall där stora vinster från en cirkulär ekonomi riskerar att utebli på grund av nuvarande förfarande.

FIGUR 23 MED STORA FÖRÄNDRINGAR I SKROTHANTERING FINNS EN MÖJLIGHET ATT TILLGODOSE TILLVÄXT I STÅLEFTERFRÅGAN GENOM SEKUNDÄRSTÅL



Om vi globalt lyckas bli mer cirkulära i vår stålanvändning kan den växande efterfrågan fram till 2100 teroretiskt mötas med konstant tillförsel av malmstål – tillväxten kan nästan helt mötas av skrotbaserad stålproduktion. Det krävs dock stora förändringar i hur vi hanterar stål för att detta ska bli möjligt, framförallt:

- *Att vi slutar lösa problemet med kopparinblandning genom att späda med malmstål*
- *Att vi minskar volymförlusterna under stålets livscykel, både vad gäller insamling, användning, och produktions- och tillverkningsförluster*

KÄLLA: MATERIAL ECONOMICS, BASERAT PÅ MODELLEN SOM REDOVISAS I MILFORD ET AL (2011), SAMT DATA I PAULIUK ET AL (2013) OCH PAULIUK ET AL (2017)


”Nu finns möjligheten att för
första gången möta en framtida
ökning i global efterfrågan nästan
uteslutande med återvunnet stål”

ÅTERVINNING KAN BLI GRUNDEN FÖR DEN FRAMTIDA STÅLINDUSTRIN

Svensk stålindustri kommer med tiden att bli allt mer skrotbaserad. Den största möjligheten för svensk stålindustri är därför en fortsatt vidareutveckling av skrothanteringen för att matcha metall som faller ur användning med högvärdig stålproduktion, i Sverige och globalt. Ny teknik förbättrar snabbt förutsättningarna för detta. Globala stålmarknader som snabbt rör sig mot en allt högre andel sekundärstål öppnar också nya möjligheter. Svensk stålindustri och skrothantering ligger redan i framkant, och har en möjlighet att bli en leverantör av högkvalitativa sekundärmaterial även till producenter internationellt.

- **Styrmedel för minskad kopparinblandning.** Inblandningen av koppar syns knappast som en värdeförlust idag. Det är på sätt och vis problemet: det finns ingen marknadsaktör som har incitament att åtgärda problemet och förebygga vad som är en tilltagande förstörelse av stålbasen, i Sverige och internationellt. En lösning på problemet kräver därför sannolikt såväl styrmedel från statligt håll som internationellt samarbete – till en början på EU-nivå.

- **Ökad sortering.** Sortering i olika skrotkategorier sker redan i långt större utsträckning idag än för ett par decennier sedan. Det finns dock stora ytterligare möjligheter. Bara de senaste tre åren har teknik för att lätt identifiera olika stålsorter utvecklats enormt, och tillväxten är mycket kraftig. Marknaden rör sig också mot större aktörer, med bättre förmåga att differentiera mellan ett större antal produkter. En professionalisering av skrothantering pågår redan: t.ex. är nu flera bolag aktiva med att bistå kunder med interna system som håller isär olika stålkvalitéer redan vid källan. Samtidigt skulle ytterligare sortering kräva förändrade förfaranden både bland tillverkningsindustrin som ger upphov till spillflöden av metall, och i de stora flödena från bilskrotning, rivning, kommunal avfallshantering, m.m. Mer avancerad logistik kommer också att krävas för att undvika sammanblandning vid insamling.

- **En ny, digitaliserad skrotmarknad.** Detta väcker också frågan om en ny struktur och nya produktdefinitioner behövs på marknaden för skrot. Redan idag finns en välutvecklad klassificering (i Sverige genom Järnbruksförnödenheters Skrotboken; på EU-nivå genom European Steel Scrap Specification). För att ta tillvara legeringsämnen till högre grad kommer dock nya krav: en detaljerad översikt över det skrot som faller i något som närmar sig realtid, och en förmåga att antingen matcha detta mot pågående produktion eller hålla inventarier under längre tidsperioder. Samtidigt krävs sannolikt en större geografisk marknad för att öka avsättningen av allt smalare produktkategorier. Dagens skrotmarknad är fortfarande långt från detta arrangemang, men digitalisering kan ge en möjlighet att sänka transaktionskostnaderna och göra det möjligt.

- **Slutna cirkulära system för ytterligare produktkategorier.** Det finns redan idag exempel på att stora konsumenter och producenter upprättar vad som i stort sett är slutna system, där innehållet i flödena är både förutsägbart och välkänt. För stora kategorier finns sannolikt en möjlighet att utöka detta till fler aktörer och producenter. För att detta ska bli förenligt med en konkurrensutsatt marknad krävs återigen en börs-liknande plattform, liknande dem som används för andra råvaror.

- **Ändrad produktdesign och demontering.** Precis som i andra materialkategorier har det sätt som produkter sätts samman stor inverkan

på hur materialen kan tillvaratas vid demontering. I de allra flesta fall finns mycket litet incitament för tillverkare av produkter att beakta detta – och produktdesignen blir en avsevärd negativ externalitet för produktion av sekundärt stål. Särskilt viktiga fall är fordon och byggnader, som historiskt har designats på ett sätt som gjort återvinning (och återanvändning) svårt och oekonomiskt. I förlängningen krävs sannolikt en långt mer automatiserad demontering av fordon, snarare än den finfördelning som idag görs vid fragmentering. Sådan demontering sker redan idag i långt längre utsträckning i Japan än i Europa, och ny teknik bör göra det långt mer ekonomiskt gångbart i framtiden.

- **Materialval.** Valet av stålsort är idag ofta hårt optimerat utifrån kostnad och funktion, men inte utifrån vad konsekvenserna blir för tillvaratagande av värden vid återvinning. Även relativt enkla produkter som avgassystem på bilar kan innehålla ett stort antal olika stålsorter, med marginella kostnadsbesparingar som är rationella ur ett produktionsperspektiv, men med stora hinder för återvinning. För att hitta en bättre lösning krävs samarbeten och ett nytt fokus vid produktutveckling. Redan idag eftersträvar biltillverkare att använda återvunna material, något som blivit en allmän prioritering bara de senaste åren. Det finns alla möjligheter att göra det till en prioritering att också möjliggöra återvinning – något som idag i stort sett saknas från företags hållbarhets- och produktutvecklingsarbete.

- **Forskning på tekniker för att rena koppar.** Genom åren har ett antal olika tekniker föreslagits för att rena koppar. Ingen har dock använts i stor skala, och de är långt ifrån ekonomiskt gångbara idag. Detta bör bli en aktiv långsiktig forskningsagenda, där Sveriges kunnande inom metallurgi kan ge ett försprång.

- **Minskade förluster.** Parallellt med ovanstående är det också möjligt att minska förlusterna i stålkretsloppet ytterligare. Många av de möjligheter som kan genomföras av enskilda aktörer är idag redan genomförda, nästa steg vore att optimera tvärs hela värdekedjan.

Ovanstående agenda ligger väldigt nära kärnkompetenser inom svensk stålindustri: att tillverka högkvalitativt och ofta höglegerat sekundärstål. Svensk skrothantering är redan sofistikerad. Sverige har också en ovanligt hög andel skrot från tillverkningsindustrin, som har bättre förutsättningar att skapa väldefinierade och differentierade flöden från konsumentprodukter som ofta dominerar i många andra länder. Sammantaget ser vi därför att svensk industri är väl positionerad för att ta tillvara de möjligheter som finns för ökat bibehållet värde.

Till skillnad från plast drivs marknaden för stålskrot redan av materialvärdet, och flera aspekter av utvecklingen är redan på gång. Det finns dock saker Sverige kan göra för att driva på utvecklingen, och en roll för styrmedel:

- **Industrin kan skapa** initiativ och samarbeten som leder till bättre hantering av stål efter användning.

- **Regleringar inom Sverige** kan driva på utvecklingen inom framförallt demonteringen av bilar och byggnader, samt avfallshantering, för att prova ut nya metoder som kan möjliggöra specialiserade flöden på sikt.

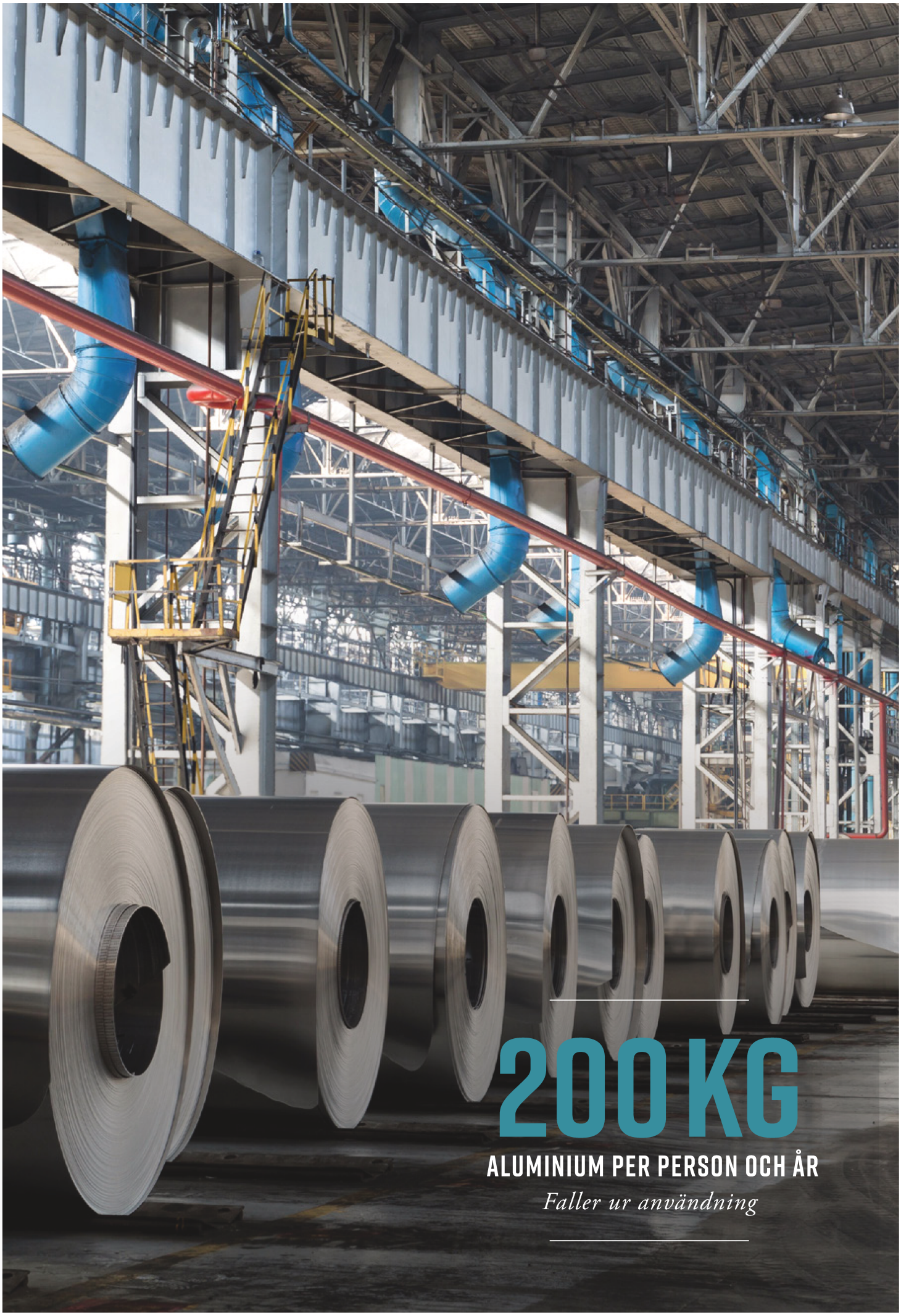
- **Sverige kan verka** för förändringar på interna tionell nivå. Kopparinblandning är ett fall där regleringar med all sannolikhet kommer att krävas. En naturlig startpunkt är att verka för initiativ inom EU, där många länder står inför liknande frågeställningar.

4. ALUMINIUM

VÄRDET AV MINSKAD NEDGRADERING

Aluminium är kanske det material som flest förknippar med nytta från återvinning, vi har t.ex. haft pantsystem och återvinning av dryckesburkar i mer än 30 år, och bilden är av ett material som i och för sig är energiintensivt att producera, men som sedan är 100 % återvinningsbart och kan användas otaliga gånger därefter.

Det visar sig att aluminiumanvändning är betydligt mer linjärt än denna bild ger sken av. Mer än hälften av värdet förloras i varje användningscykel, med stora volymförluster och nedgradering på vägen. Utvecklingen går dessutom mot större förluster på sikt om inte stora förändringar sker i handhavandet och användningen av återvunnet aluminium.


200 KG
ALUMINIUM PER PERSON OCH ÅR
Faller ur användning

200 KG ALUMINIUM PER PERSON OCH ÅR FALLER UR ANVÄNDNING, FRÄMST FRÅN BYGGNADER, FORDON OCH FÖRPACKNINGAR

I Sverige faller aluminium till ett värde av ca 3,1 miljarder kronor ur användning varje år, vilket motsvarar 310 kr per person. Transport och fordon, byggnader, och förpackningar står för 80 % av användningen (Figur 24), och är därmed även huvudkällorna till aluminiumskrot.

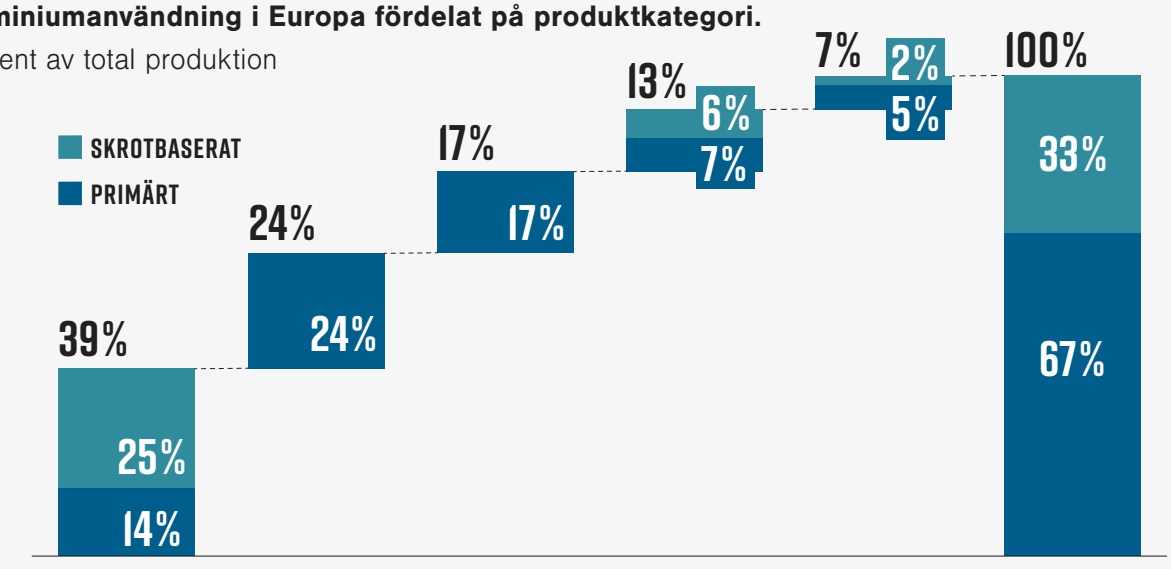
Mer aluminium tillförs än vad som faller ur användning, dels för att den totala mängden aluminium i samhället ökar, och dels därför att aluminium används för att producera produkter som exporteras. Nettotillförseln per år växer också. Medan Sverige och liknande länder idag använder ca 200 kg aluminium per person och år förutspår en del scenarier en tre gånger högre långsiktig användningsnivå.

Sverige har produktion av primäraluminium, tillverkning av bland annat profiler och valsat aluminium, samt produktion av sekundäraluminium. Värdekedjan är i alla led internationell: ca 40 % av den årliga användningen importeras, 30 % av aluminiumskrotet exporteras, och stora delar av det sekundäraluminium som produceras exporteras även det.

Aluminium är fullt möjligt att återvinna, och omsmältning kräver endast 5 % av energin som krävs i primärproduktion. Dock skiljer sig sekundäraluminium från primäraluminium i viktiga avseenden, något som visar sig vara mycket viktigt för förutsättningarna för fortsatt hög återvinning i framtiden.

FIGUR 24 TRANSPORT/FORDON, BYGGNADER OCH FÖRPACKNINGAR STÅR TILLSAMMANS FÖR 80 % AV ALUMINIUMANVÄNDNINGEN

Aluminiumanvändning i Europa fördelat på produktkategori.
Procent av total produktion



TRANSPORT/FORDON
Genomsnittsbilen innehåller 150 kg aluminium varav det sekundära används till kylare och motorblock medan det primära främst används till strukturkomponenter.

BYGGNADER
Aluminium återfinns främst i ventilation, kablar och fönster.

FÖRPACKNINGAR
Aluminium i förpackningar är ofta i form av folie.

TEKNIK
Höljen och kablar kräver hög renhet i aluminiumet för att leda ström resp. i tillverkningen.

ANNAT
Att aluminium är enkelt att forma är en fördel i många andra applikationer – något som kraftigt begränsas av inblandning av legeringsämnen.

TOTALT

KÄLLA: M. CULLEN, M. ALLWOOD (2013), MAPPING THE GLOBAL FLOW OF ALUMINUM: FROM LIQUID ALUMINUM TO END-USE GOODS

MER ÄN 60 % AV MATERIALVÄRDET FÖRLORAS I VARJE ANVÄNDNINGSCYKEL

Värdeförlusterna för aluminium uppgår till 1,9 miljarder kr per år, motsvarande 60 % av ursprungsvärdet på det aluminium som faller ur användning (Figur 25). Detta sker både till följd av volymförluster (aluminium som förloras) och prisförluster (aluminium som tappar i värde efter användning). Detta är en radikalt annorlunda bild än den av aluminium som ett 100 % återvinningsbart material, vars första engångsinvestering sedan betalar sig oräkneliga gånger vid återvinning som kräver få ytterligare energi- eller andra insatser. I själva verket är värdeförlusten betydande, och flödet därmed också långt mer linjärt än den traditionella bilden.

ALUMINIUM TILL ETT VÄRDE AV 0,9 MILJARDER KR FÖRLORAS I VARJE ANVÄNDNINGSCYKEL

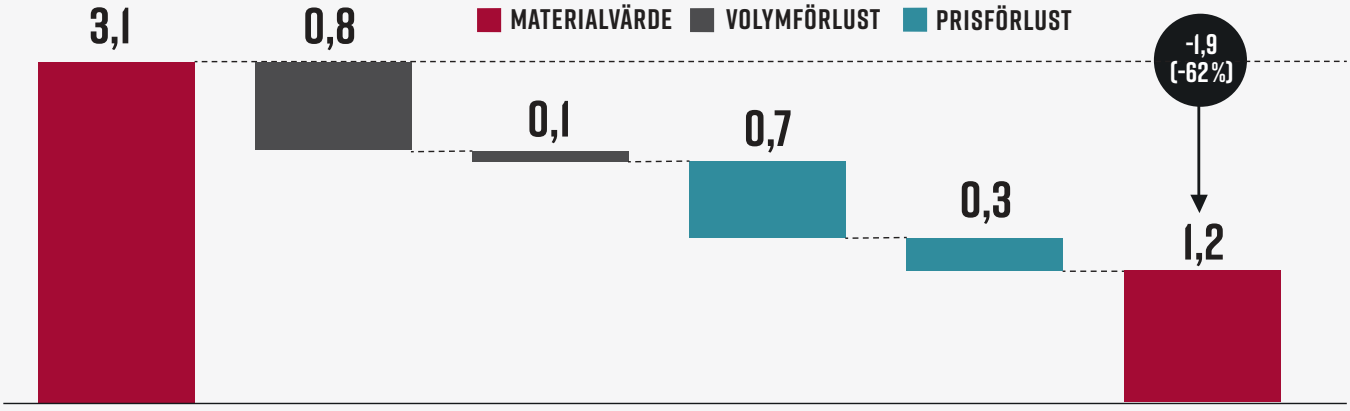
Vi uppskattar att 30 % av det aluminium som faller ur användning förloras. En stor del av denna förlust uppstår när aluminium inte sorteras ut, utan istället hanteras tillsammans med annat avfall. Data är bristfällig, men troligen uppgår detta till så mycket som 40 tusen ton per år. Till skillnad från stål kan aluminium inte separeras magnetiskt. Aluminium används också i relativt små bitar i många produkter som hamnar tillsammans med avfall, bland annat förpackningar och vissa konsumentprodukter. Till skillnad från andra metaller, som i princip kan återfås från förbränningsaska, så förloras aluminium till hög grad vid förbränning. Den mindre del aluminium som inte oxideras och återstår i resulterande flyg- och slaggaska är ofta för kostsam att återvinna.

Det andra skälet till förluster är processförluster som uppstår i användningsfasen och i återvinningsledet. Ytan på aluminium oxideras vid användning och små eller tunna bitar aluminium kan därför förlora relativt stora delar av metallen; aluminiumfolie ger t.ex. lågt utbyte vid återvinning p.g.a. den stora ytan i förhållande till volym. Vid omsmältning uppstår också aluminiumhaltiga restprodukter (dross) där ytterligare aluminium går förlorat.

Av alla dessa skäl blir förlusterna av aluminium relativt stora. Det betyder dock inte att de inte går att åtgärda. Som vi beskriver i kommande stycken kunde förlusterna av aluminium minskas genom att metallhaltiga produkter behandlas annorlunda när de är färdiganvända, och genom att undvika att använda aluminium i applikationer där återvinning är svår att få till stånd.

FIGUR 25 AV URSPRUNGSVÄRDET GÅR 60 % FÖRLORAT I EN ANVÄNDNINGSCYKEL AV ALUMINIUM, MOTSVARANDE 1,9 MILJARDER KRONOR PER ÅR

Värdeförluster på aluminium som faller ur användning årligen. Miljarder SEK



KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS, SE APPENDIX FÖR DETALJERAD METODIK OCH KÄLLOR

ETT MATERIALVÄRDE PÅ 1,0 MILJARD KR GÅR FÖRLORAT I NEDGRADERING FRÅN RENT PRIMÄRALUMINIUM TILL HÖGLEGERADE SEKUNDÄRA PRODUKTER

Aluminium används nästan alltid med tillsatser av legeringsämnen – främst koppar, mangan, kisel, magnesium och zink. Antalet specifika legeringar uppgår till flera hundra, och nya sammansättningar uppstår löpande. Även små skillnader i sammansättning kan ge mycket varierande egenskaper, och olika produkter kräver ofta väldigt olika legeringar (Figur 26).

Till skillnad från stål är legeringsämnen i aluminium mycket svåra att avlägsna. När aluminium väl legerats finns det därför stora begränsningar i vilka produkter som det kan användas till. Detta påverkar förutsättningarna för återvinning i grunden. Produktion av en annan legering än den ursprungliga från återvunnet aluminium kan kräva mycket stor utspädning. När en legering blandas med en annan, som ofta sker vid insamling av aluminiumskrot, blir detta än mer utmanande, och behovet av rent primäraluminium stiger ytterligare.

Vid återvinning samlas aluminium som regel in som en enda osorterad fraktion, som kan innehålla legeringar med mycket varierande innehåll. Detta har hittills varit rationellt: kostsam sortering har undvikits, och marknaden har hittills förmått hantera den metallblandning som uppstår. Detta har till stor del berott på att gjutna produkter (motorblock, kylare, m.m.) både kräver och tål större inblandning av legeringsämnen, och därför kan tillverkas med långt högre andel sekundäraluminium än vad som är möjligt för bearbetade produkter (plåt, extruderade profiler, m.m.), som kräver låga och precist kontrollerade legeringshalter. Gjutaluminium har hittills varit en tillräckligt stor användningskategori för att aluminium ska kunna användas igen.

FIGUR 26 ANVÄNDNINGEN AV ALUMINIUM ÄR BEROENDE AV ATT LEGERINGSHALTEN KAN KONTROLLERAS NOGA

RENT ALUMINIUM	DRYCKESBURKAR	FLYGPLAN	MOTORBLOCK
Låg densitet *Hög ledningsförmåga* *Korrosionsbeständigt* *Mjukt*	*Lock:* *2,6 % Mg* *0,25 % Cr* *Behållare:* *1,2 % Mn* *1 % Mg*	*2 % Cu* *3 % Mg* *6 % Zn*	*17 % Si* *5 % Cu* *0,5 % Mg* *1 % Zn*

FOLIE	FÖNSTERRAM	CYKELRAM	FÄLGAR
> 99 % aluminum	*0,4 % Si* *0,05 % Cu* *0,8 % Mg*	*0,6 % Si* *0,25 % Cu* *1,2 % Mg* *0,2 % Cr*	*7 % Si* *0,4 % Mg*

KÄLLA: THE GLOBAL ALUMINUM CYCLE: CHALLENGES AND SOLUTIONS OPTIONS, DANIEL B. MÜLLER (2017)

Dessa förhållanden betyder dock att återvinning av sekundäraluminium begränsas av två viktiga faktorer:

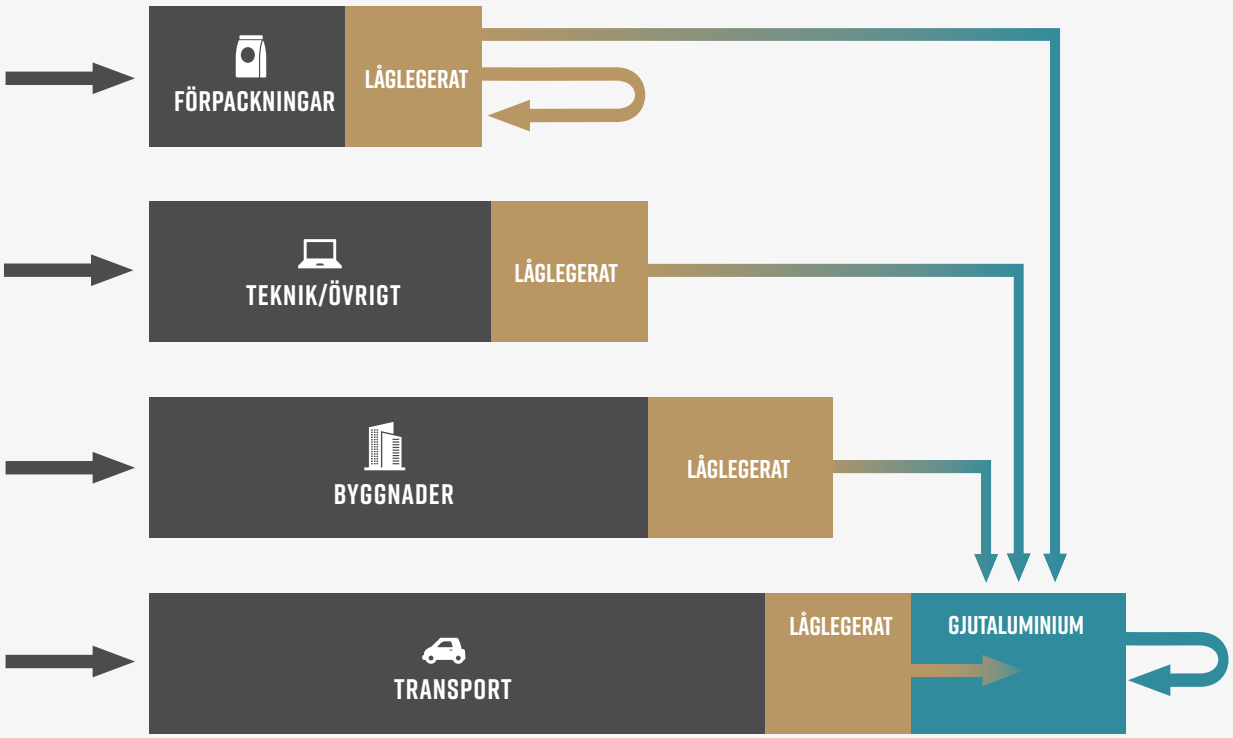
- ***Spädning:*** Produktion av sekundäraluminium kräver tillsats av primäraluminium, ofta så mycket som 25 %, för att kontrollera halten av olika legeringar. (Enskilda producenter kan använda helt rena spillströmmar istället för nytt primäraluminium till spädning.)
- ***Downcycling:*** Behovet av att kontrollera legeringshalter i bearbetade produkter betyder att, även om gjutna produkter kan produceras från bearbetade produkter (om än med viss utspädning) så är motsatsen inte möjlig. Dagens återvinning innebär därför i praktiken en envägsresa: en omvandling från rent primäraluminium till höglegerat sekundäraluminium, som sedan kan återvinnas endast till samma syfte. Undantaget är enstaka helt slutna flöden, framförallt dryckesburkar (Figur 27).

Redan idag skapar detta en del värdeförluster. Sekundäraluminium är värt i snitt ca 10 % mindre än rent primäraluminium, vilket reflekterar att det kan användas i färre tillverkningsprocesser.

Priset på aluminiumskrot är därför också helt beroende på legeringsinnehållet. Helt rent skrot av primäraluminium kan bevara 97 % av värdet på ny primärmetall. För den stora merparten aluminiumskrot är dock prisfallet långt större, runt 30–40 %. Det beror på att olika förädlingsinsatser krävs även för gjutna produkter när olika legeringsämnen sammanblandats – förutom spädningen med primäraluminium även analys, provsmältning, rening, m.m. Till detta kommer andra faktorer som försvårar användningen av skrot: små bitar som hunnit oxidera, flöden som kräver stora insatser för att separera ut andra material, m.m. Dessa kan tappa 50 % eller mer av priset relativt helt rent industrispill.

Sammanlagt uppskattar vi dessa förluster till runt 1 miljard kr per år på det aluminium som faller ur användning.

FIGUR 27 ÅTERVINNING ÄR BEROENDE AV ATT SEKUNDÄRALUMINIUM KAN ANVÄNDAS TILL GJUTALUMINIUM I TRANSPORTSEKTORN



KÄLLA: THE GLOBAL ALUMINUM CYCLE: CHALLENGES AND SOLUTIONS OPTIONS, DANIEL B. MÜLLER (2017)

ETT ÖVERSKOTT AV SEKUNDÄRALUMINIUM

RISK FÖR LÅNGT STÖRRE VÄRDEFÖRLUSTER PÅ SIKT?

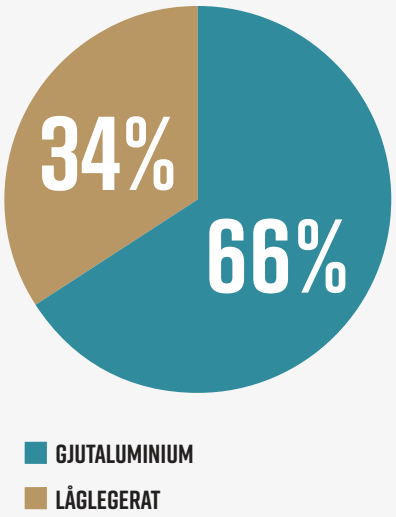
Prisförlusterna på aluminiumskrot är idag relativt begränsade framförallt på grund av att det finns efterfrågan även på höglegerat aluminium inom fordonsindustrin, som står för åtminstone 55 % av användningen av återvunnet aluminium (det huvudsakliga undantaget är helt slutna återvinningssystem, framförallt det för aluminiumburkar). Förutom downcycling till fordon är systemet också beroende av internationell handel: om Europa vore ett stängt system skulle ett överskott eventuellt redan ha uppstått, men sekundäraluminium kan istället få avsättning i andra marknader. Denna form av downcycling är beroende av en växande efterfrågan. Den kan dock inte fortgå om efterfrågan avmattas, eftersom systemet snabbt skulle överväldigas av ett ständigt inflöde av förbrukat aluminium som inte har någon avsättning. Detta har varit en fråga för diskussion och forskning under en längre tid. Frågan är när och om inflödet av sekundäraluminium från andra användningsområden blir större än efterfrågan i fordonssektorn. Hittills har den punkten skjutits på framtiden, eftersom efterfrågan i fordonssektorn vuxit tillräckligt snabbt.

De teknikskiften som nu sker inom fordonssektorn gör dock frågan högaktuell igen, i takt med att elbilar får en allt större marknadsandel. Efterfrågan på sekundäraluminium drivs till stor del av gjutna bilkomponenter (motorblock, kylare, m.m.) som saknas i elbilar (Figur 28). Det finns därför en möjlighet att ett skifte till större andel elbilar helt ändrar den balans som hittills förebyggt ett stort värdetapp i aluminiumkretsloppet.

FIGUR 28 EN ÖKNING AV ANDELEN ELBILAR MEDFÖR EN KRAFTIG MINSKNING AV EFTERFRÅGAN PÅ HÖGLEGERAT SEKUNDÄRALUMINIUM

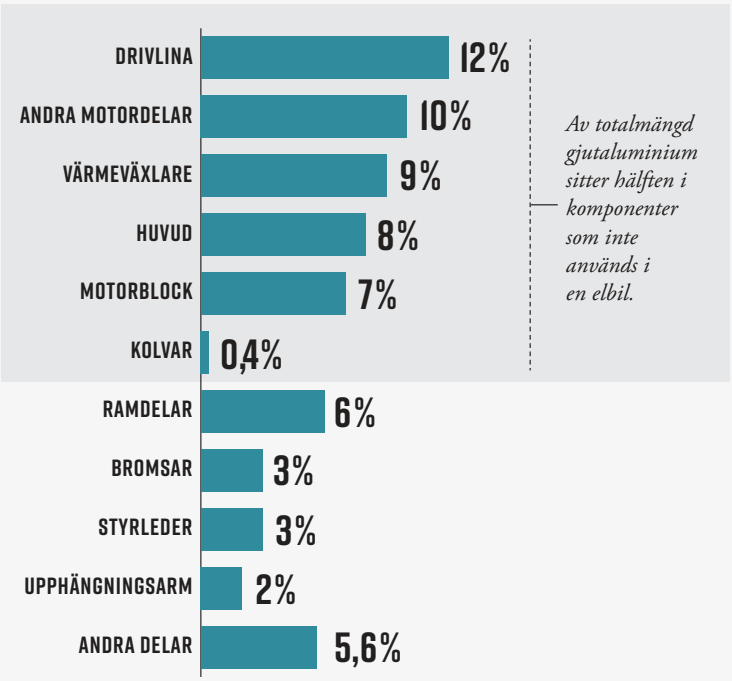
Gjutaluminium utgör största volymen ingående aluminium i dagens bilar.

Uppdelning baserad på ingående aluminium



Elbilar utmanar gjutaluminiumets användbarhet.

Andel (%) gjutet aluminium av totalt ingående aluminium



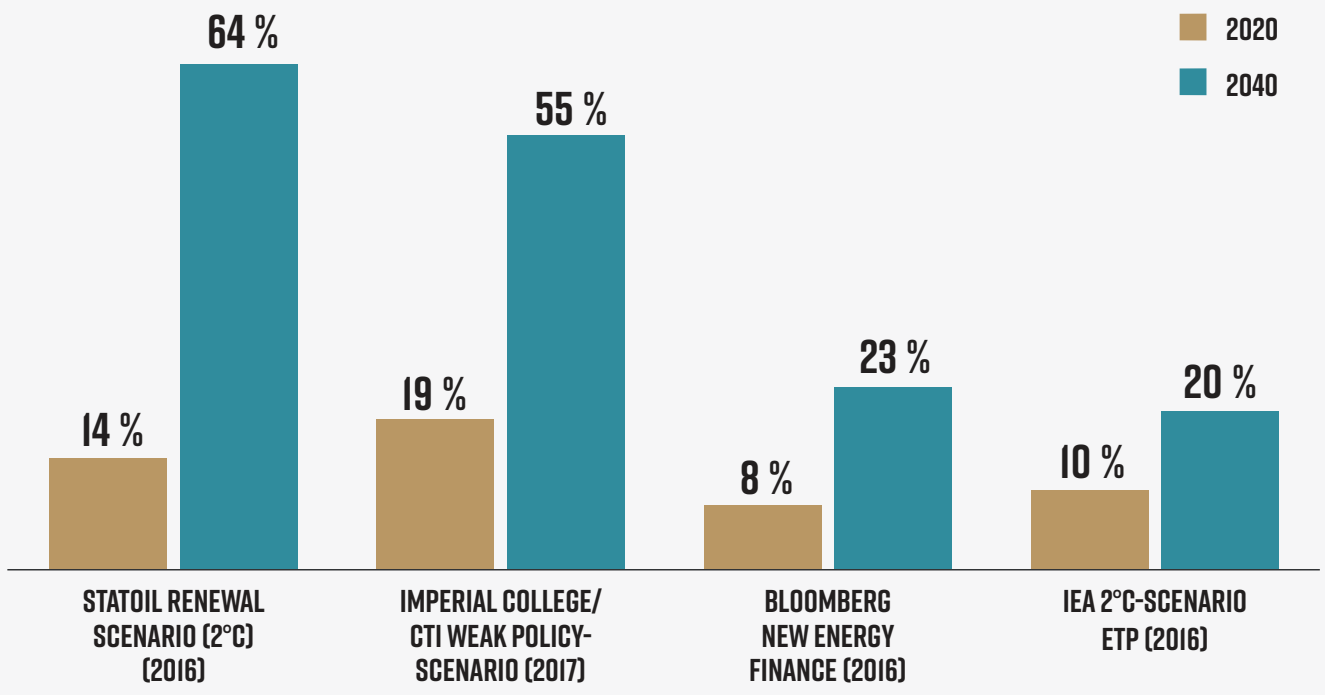
KÄLLA: EUROPEAN ALUMINIUM 2016, RECYCLING BROCHURE. SUPPLEMENTARY MATERIAL: MAPPING THE GLOBAL FLOW OF ALUMINIUM: FROM LIQUID ALUMINIUM TO FABRICATED GOODS. M. CULLEN, M. ALLWOOD (2013)

Den avgörande frågan är därför hur snabbt andelen elbilar kommer att växa. Förväntningarna uppdateras här i rasande takt. Ett antal biltillverkare har enbart det senaste året meddelat att de inom 10 år kommer att tillverka företrädesvis elektriska fordon; medan ett antal länder (inklusive Kina och Indien) och städer satt slutdatum för försäljning av nya bilar med förbränningsmotorer. Scenarier revideras snabbt, och når nu höga tal även inom något decennium. Medan de högsta scenarierna för några år sedan höll sig till marknadsandelar på 10–15% även på lång sikt, har nu ett antal scenarier en majoritet elbilar i global försäljning inom ett par decennier (Figur 29). Även historiskt konservativa institutioner, som OPEC eller International Energy Agency, har långt högre andel elbilar i sina scenarier än de hade för bara ett par år sedan.

Allt detta tyder på att dagens relativt begränsade värdeförlust kan växa och bli mycket större de närmaste decennierna, i takt med att sekundäraluminium produceras i större skala än det används. De undersökningar som finns tyder på att stora obalanser kan utvecklas, inklusive stora volymer aluminium som är omöjlig att återvinna, och även ett behov av att producera stora mängder extra primäraluminium för ytterligare utspädning. Hur stort prisfallet på grund av downcycling blir i en sådan situation är omöjligt att uppskatta med precision. Priser i marknader med överskott kan dock snabbt falla mycket lågt, så det finns risk för en stor nedsida.

FIGUR 29 FLERA SCENARIER SER EN STOR ÖKNING AV ELBILAR FRAM TILL ÅR 2040

Scenarion för elektrifiering av fordonsflottan ser nu långt högre andel elbilar än för några år sedan.
% av lätta fordon som är hybrid- eller batteribilar



KÄLLA: STATOIL RENEWAL 2016, IMPERIAL COLLEGE 2017, BLOOMBERG 2016, IEA 2016

ÖKAD SORTERING OCH EN UTVECKLAD MARKNAD BLIR AVGÖRANDE FÖR ATT BIBEHÅLLA VÄRDET I FRAMTIDA ALUMINIUMANVÄNDNING

Svaret på ovanstående scenario måste vara att genomföra stora förändringar i handhavandet av aluminium. Om aluminium kan återvinnas inte i en kaskad som är beroende av gjutaluminium, men i legeringar som hålls tillräckligt rena för att användas i ett stängt kretslopp liknande det för aluminiumburkar, så kan problemet till stor del avhjälpas. Det övergripande målet blir då att möjliggöra en långt större andel av sekundäraluminium även i låglegerade produkter. Detta kan uppnås genom en kombination av åtgärder:

- **Ökad sortering.** Hittills har möjligheten till avsättning av höglegerat aluminium inom bilindustrin gjort sortering mindre viktig, men i ett överskottsscenario ändras detta snabbt. Till skillnad från idag blir sortering en nyckelaktivitet, och går från en marginell till en central aspekt av att förädla aluminiumskrot till ny, användbar metall. Samtidigt gör redan pågående teknikutveckling att sortering snabbt blir mer kostnadseffektivt, inte minst genom att LIBS[10]-teknik förbättras och blir avsevärt billigare.

- **En ny skrotmarknad?** Detta väcker också frågan om en ny struktur och nya produktdefinitioner behövs på marknaden för aluminiumskrot. Att matcha fler kategorier av skrot som faller med efterfrågan på aluminium skulle kräva såväl större geografiska marknader som bättre förmåga att i realtid få information om tillgängliga skrotflöden. Fördelarna skulle inte endast bestå i att bättre tillmötesgå efterfrågan med sekundärmaterial, utan oxidationsförluster och kostnader för långvarig lagring skulle också minskas med minskad lagringstid. Digitalisering blir en nyckel för en effektiv marknad av detta slag, som skulle vara en avsevärd vidareutveckling av dagens arrangemang.

- **Slutna cirkulära system** för ytterligare produkt kategorier. Värdet av slutna materialflöden, liknande det för dryckesburkar, kunde också öka kraftigt i takt med att en prisskillnad uppstod mellan primär- och sekundäraluminium. Slutna system skapar förutsättningar för att helt kontrollera sammansättningen på material. Vilka produktkategorier som vore möjliga kandidater, och vilka för- och nackdelar som finns, behöver undersökas vidare.

- **Förändrad produktdesign.** Det har hittills inte funnits behov av att designa produkter på ett sätt som gör det möjligt att hålla isär olika typer av aluminium när de demonteras (dryckesburkar är återigen ett undantag, med två legeringar som separeras vid återvinning). Om ovanstående scenario infrias kan detta bli en trängande fråga: små skillnader i sammansättning och materialval kan få stora konsekvenser för möjligheten att bibehålla separata skrotflöden, och därmed förebygga ett stort värdetapp vid återvinning. Vi vet av erfarenhet från andra marknader (plast, framförallt) att produktdesign som försvårar återvinning kan bli en avsevärd externalitet och stor källa till värdeförluster, samtidigt som transaktionskostnader och andra faktorer gör att de inte kan åtgärdas av marknadsaktörer. Styrmedel kan därför bli nödvändiga för påverka materialval och produkters utformning så att värdet på aluminium kan bevaras.

- **Materialutveckling och materialval.** Nya aluminiumlegeringar utvecklas fortlöpande, för att ge nya egenskaper och möjliggöra nya användningsområden. Samtidigt medför en ständigt ökande palett av legeringar att det blir svårare att skapa enhetliga materialflöden från färdiganvända produkter. Detta leder till svåra avvägningar,

[10] Laser Induced Breakdown Spectroscopy

där värdet av ökad materialspecialisering ställs mot värdet av enhetlighet för att underlätta återvinning. Rätt balans mellan dessa två beror helt på situationen. Idag optimeras dock detta nästan enbart för nyttan under användningsfasen, med liten eller ingen vikt vid konsekvenserna för återvinning, och en korrektion är därför motiverad.

- **Materialspecifikation.** Aluminiumlegeringar specificeras idag genom standardisering av kemiskt innehåll. Det vore möjligt att istället specificera egenskaper, och ge tillverkare större frihetsgrad att välja legeringsinnehåll som även är anpassat efter hur lätt en viss blandning av ämnen är att integrera i sekundärproduktion.

- **Utveckling av återvinningsprocessen: tekniker för att rena aluminium.** En rad teknologier har föreslagits för att skilja aluminium från andra ämnen – t.ex. reaktioner med klorgas, elektrolys, kristallisering, filtrering, m.m. Dessa är dock långt ifrån ekonomiskt gångbara idag, och avsevärd teknikutveckling skulle krävas innan de kunde bli en storskalig lösning. Detta bör bli en aktiv teknikutvecklingsagenda.

- **Minskade förluster.** Parallellt med ovanstå ende är det också möjligt att ytterligare minska förlusterna som uppstår när aluminium används och återvinns. En konkret åtgärd vore att förändra hanteringen av metallhaltigt avfall, t.ex. i kommunalt grovavfall. Idag går produkter med lågt metallinnehåll ofta direkt till förbränning, men det vore möjligt att först separera ut metaller. En annan vore att ersätta de kategorier av aluminium som det är störst risk att de går förlorade med andra material (t.ex. tunn folie i förpackningar).

Tillsammans utgör ovanstående en ambitiös agenda för industri och forskning. Ett gemensamt tema är att nya förädlingsinsatser kommer att bli nödvändiga för att bibehålla användbarheten och därmed värdet. Många är beroende av ny teknik. Tillsammans skapar denna agenda nya affärsmöjligheter för såväl återvinningsindustrin som andra aktörer.

En del av utvecklingen som krävs inom aluminium kan sannolikt drivas av marknadspriser. Om ett överskottsscenario uppstår skulle prisskillnaden mellan primär- och sekundäraluminium öka, och skapa ett incitament att undvika nedgradering. Det kommer dock behövas kompletterande styrmedel: på grund av marknadsmisslyckanden, framförallt i hur materialval och produktutformning påverkar återvinning; när regleringar redan påverkar utvecklingen, t.ex. i materialstandardisering och produktdefinitioner, eller i redan reglerad verksamhet som rivning och bildemontering; och för forskningsinsatser som inte kan förväntas genomföras på privat initiativ. Ett viktigt nästa steg är därför att definiera vilka styrmedel och samarbeten som krävs för att nå ett mer värdebeständigt system.

5. ANDRA MATERIAL

NYCKELFRÅGOR FÖR VÄRDE

I det här kapitlet utökar vi värdeperspektivet till ytterligare materialkategorier: papper, livsmedel, och cement. Vi väljer dessa både för att de har stora värden, volymer, och viktiga kopplingar till miljöpåverkan. Samtidigt väcker de vitt skilda frågor ur ett värdeperspektiv:

- **Papper** har stort värde och kan återvinnas, och det är full relevant att identifiera hur värdet bevaras eller försvinner beroende på hantering. Samtidigt är frågorna annorlunda än för plast och metaller. Papper befinner sig i gränslandet mellan material och produkt. Det är också ett organiskt material, med naturliga fibrer som utsätts för mer slitage än de molekyler som är byggstenarna i plast eller metaller.

- **Livsmedel** väcker ytterligare frågor. Här är beteckningen ”material” återigen annorlunda, och betyder snarast att antingen komplexa molekyler (fetter, proteiner, vissa kolhydrater) eller viktiga näringsämnen (fosfor, vissa kväveföreningar) kan återföras och få nya användningsområden. Vi belyser några av aspekterna som uppstår vid detta med en fallstudie av frityrolja.

- **Cement** är en av de större materialkategorierna, sett både till volym och miljöpåverkan (cement står t.ex. för 7 % av de globala CO_2-utsläppen från industri och energi). Idag är cement ett nästan helt linjärt material, och vi belyser här främst vad det får för konsekvenser för värde.

Som detta antyder är utvecklingen av ett värdeperspektiv på dessa material än mer i sin linda än för plast, stål och aluminium. Vi presenterar en första ansats som vi hoppas visar att det är fruktsamma områden att analysera ytterligare.

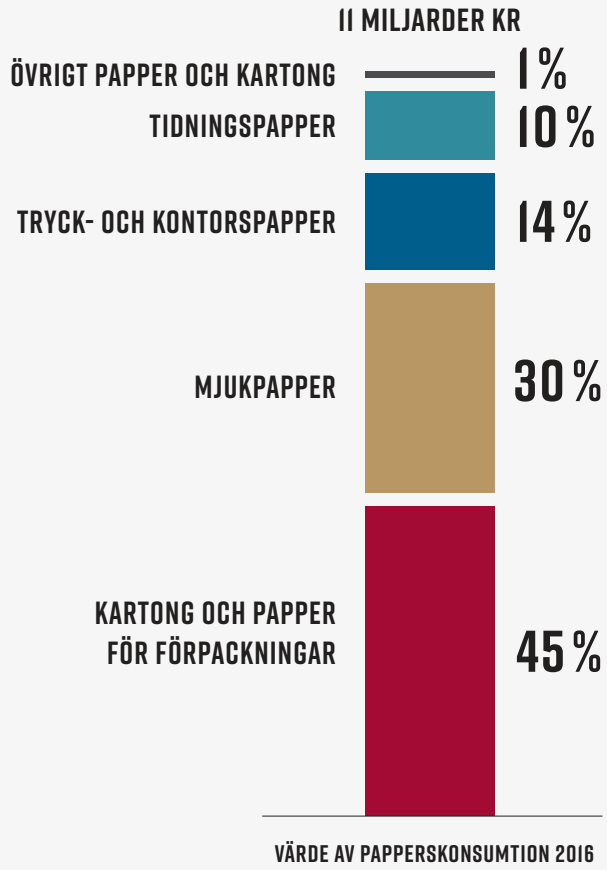
PAPPER - HÖG ÅTERVINNINGSGRAD MEN STORA VÄRDEFÖRLUSTER

Totalt konsumeras 1,7 miljoner ton papper i Sverige varje år, till ett ungefärligt värde av 11 miljarder kronor[11] (Figur 30). Olika papperskategorier har olika användningsområden och även pris. Förpackningar tillverkas av papper, wellpapp och kartong och utgör största delen av pappersanvändningen. Mjukpapper används framförallt till hygienprodukter. Kontors- och tryckpapper innefattar trähaltigt och träfritt papper, som även benämns som bättre sortiment. Utöver dessa kategorier används papper även till tidningar, och en liten del övrig användning.

FIGUR 30

FYRA ANVÄNDNINGSKATEGORIER STÅR FÖR NÄSTAN ALLT VÄRDE: FÖRPACKNINGAR, MJUKPAPPER, TRYCK- OCH KONTORSPAPPER, SAMT TIDNINGSPAPPER

Värde av papperskonsumtion i Sverige 2016, per papperskvalitet.
Miljarder kronor, Sverige, 2016



KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS BASERAD PÅ DATA FRÅN STATISTISKA CENTRALBYRÅN OCH SKOGSINDUSTRIERNA

[11] Det saknas data på hur mycket papper som faktiskt faller ur användning årligen. Vi använder därför tillförsel som approximation för papper som faller ur användning. Papper har kortare livslängd än t.ex. stål och aluminium, och skillnaden mellan tillförsel och konsumtion är därför sannolikt relativt liten.

Av detta ursprungsvärde återstår ca 1,4 miljarder kronor i värdet på den pappersråvara som återförs till återvinning i form av returpapper (Figur 31). Värdet på de pappersprodukter som sedan tillverkas av återvunnen fiber är avsevärt större, ca 5,6 miljarder. Omvandlingen från returfiber till ny pappersprodukt medför en upparbetningskostnad i pappersbruk, och kombinationen av upparbetningskostnaden och förädlingsvärdet uppgår således till 4,2 miljarder kronor. Den stora andelen upparbetningskostnad belyser att papper är i gränslandet mellan produkt och ett material: i många fall är det som lämnar ett pappersbruk nära nog färdiga produkter som går till slutanvändare efter relativt liten ytterligare bearbetning. (Detta skiljer sig således från stål, aluminium eller plast, där materialet alltid bearbetas vidare avsevärt innan det blir till en produkt.) Värdet på papper är därför också sammansatt av en rad olika faktorer. En del beror på materialegenskaper, såsom slitstyrka, renhet, fiberkvalité, m.m. En annan del beror på mycket mer produktliknande faktorer, som format eller ytskikt. Vid återvinning förloras produktegenskaperna, och det som återstår är materialegenskaperna i fiberråvaran. De 1,4 miljarder vi uppskattar är således det relevanta materialvärdet.

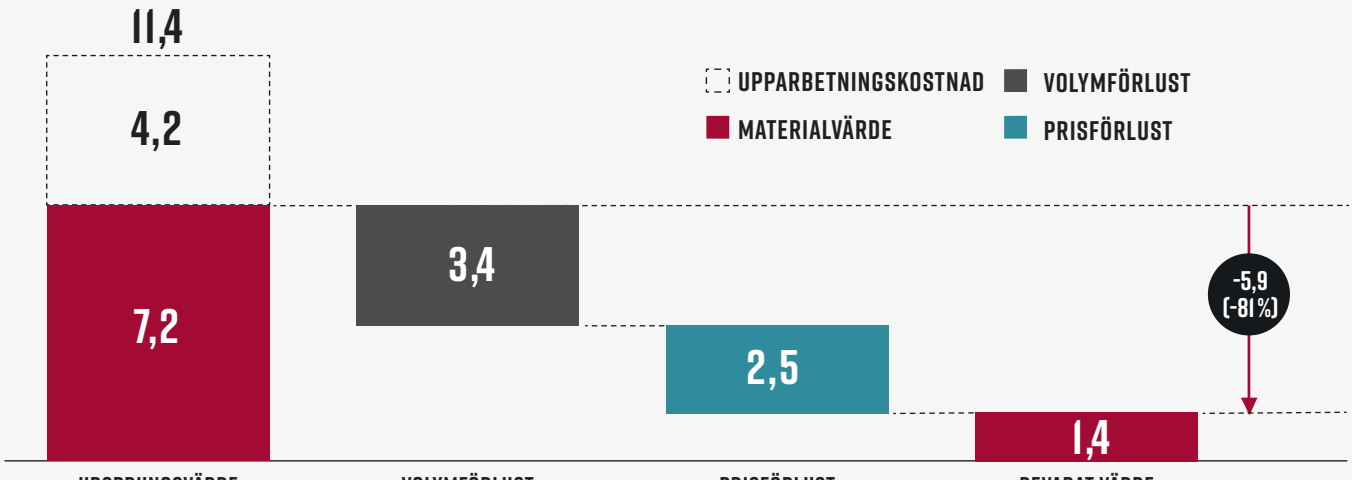
Utöver upparbetningskostnaden uppstår volymförluster (papper som inte används till ny pappersproduktion) och prisförluster (nedgradering av materialet som gör det mindre värdefullt än ny råvara).

Av det papper som faller ur användning förloras 30 %. Insamlingsgraden är hög i många kategorier: hela 95 % för tidningar, och 82 % och 77 % för förpackningar respektive kontors- och tryckpapper. Mjukpapper är dock huvudsakligen produkter som endast kan användas en gång (t.ex. toalettpapper). Det ursprungliga produktvärdet på papper som förloras är 3,4 miljarder kronor. Även om detta papper skulle samlas in och bli till nytt papper, så skulle en upparbetningskostnad krävas för att göra nya pappersprodukter, så det materialvärde som teoretiskt kan åtgärdas genom högre insamling är lägre än denna volymförlust.

Prisförluster uppstår främst eftersom pappersfiber försvagas vid varje användningscykel och en nedgradering därför sker. Teoretiskt kan fibrerna användas 5–7 gånger innan de är så nedgraderade att de inte längre duger till att producera nytt papper. I

FIGUR 31 AV VÄRDET PÅ PAPPER SOM FALLER UR ANVÄNDNING VARJE ÅR GÅR ÖVER 80 % FÖRLORAT UNDER EN ANVÄNDNINGSCYKEL

Värde och värdeförlust jämfört med ursprungsvärde av papper som faller ur användning.
Miljarder kronor per år



Ursprungsvärde av det papper som faller ur användning varje år, exkl. upparbetningskostnaden för att hantera returpapper och producera returfiber.

Ej insamlat papper, framförallt mjukpapper, ej insamlade förpackningar och kontorspapper.

Prisförlust på återvunnet papper jämfört med nyproducerat papper, framförallt p.g.a. lägre kvalitet på returfiber.

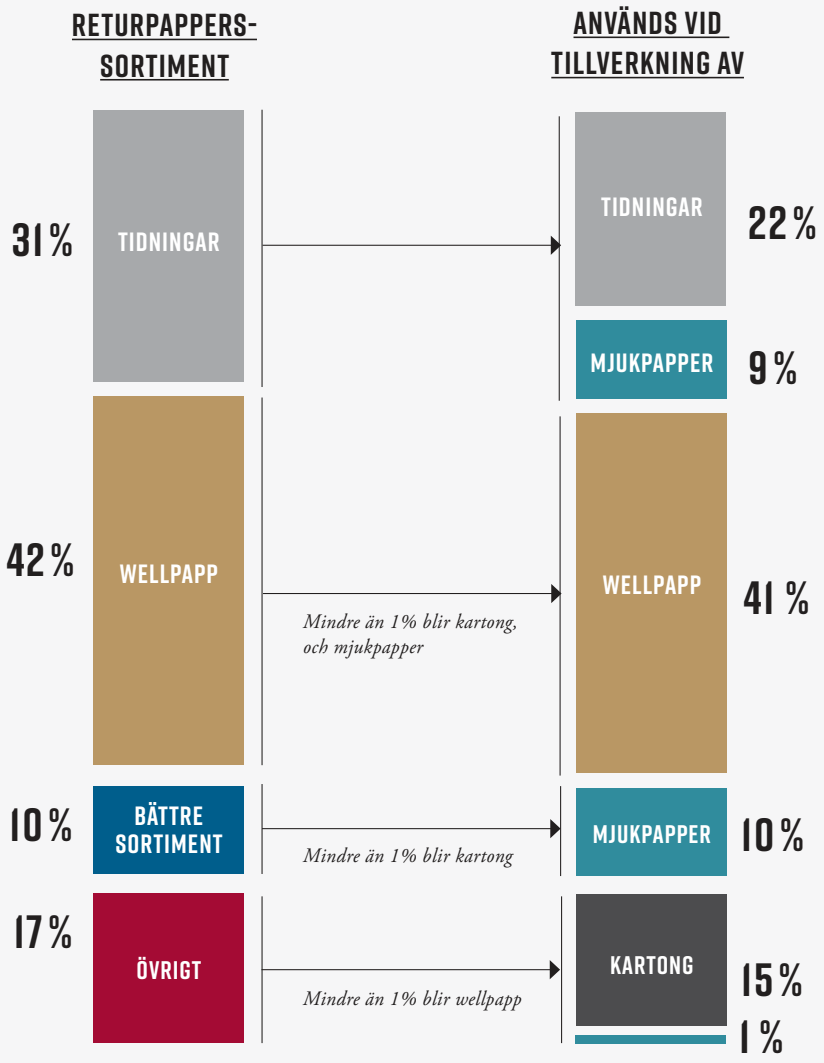
Värdet av återvunnet papper, exkl. upparbetningskostnaden, motsvarande för returpapper.

KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS BASERAT FRÅN DATA FRÅN STATISTISKA CENTRALBYRÅN, SKOGSINDUSTRIERNA OCH FTI

realiteten hanteras dock skillnaden mellan jungfrulig fiber och returfiber genom att de används i olika produkter. Nya fiber används där hög fiberkvalité är nödvändig, som t.ex. kontors- och tryckpapper, medan störst andel returfiber hamnar i tidningspapper, mjukpapper och wellpapp. Ofta späds också returfiber med jungfrulig fiber för att pappret ska få de egenskaper som är önskvärda. Endast i wellpapp och tidningspapper används samma fibrer upprepade gånger till samma funktion (Figur 32). Värdetappet är totalt 2,5 miljarder kronor, och kan ses som det värde på slutprodukten som tappas på grund av att återvunnen fiber har sämre egenskaper än ny fiber. Nedgraderingen av fibrer är dock bara en faktor, och även faktorer som nedsmutsning, färgning, m.m. spelar en roll.

FIGUR 32
ANVÄNDNING OCH UPPKOMST AV RETURFIBER

Returpapper som råvara i pappersindustrin 2016
Fördelning på sortiment och användningsområde



KÄLLA: SKOGSINDUSTRIERNA

DJUPDYKNING – WELLPAPP SOM EXEMPEL PÅ VOLYM- OCH PRISFÖRLUSTER

För att få en bättre förståelse för värdeförlusterna i ett specifikt pappersflöde, har vi valt att ytterligare fokusera på wellpapp. Detta är ett på många sätt välskött flöde med hög andel återvinning, och också ovanligt i att det är ett i hög grad slutet kretslopp, där fibrer används till samma produkt upprepade gånger.

Wellpapp utgör 23 % av konsumtionen (~390 000 ton i Sverige 2016) och mer än 40 % av returpapperssortimentet som används som råvara vid produktion. Wellpapp samlas främst in och återvinns för att bli ny wellpapp. Ytmaterialet (liner) produceras främst av nya pappersfiber, medan återvunnen wellpapp främst används i mellanskiktet (fluting), vars funktion framförallt är att få volym mellan ytskikten.

Wellpapp kan ändå förlora så mycket som 70 % av det ursprungliga värdet genom volym- och prisförluster. Ursprungsvärdet av wellpapp i Sverige är 2 miljarder kronor per år (av vilket ca 0,9 miljarder kronor är upparbetningskostnad). Av de förpackningar (inklusive kartong, wellpapp) som sätts på marknaden varje år inom producentansvaret rapporteras 82 % som materialåtervinning. En av anledningarna till att de återstående 18 % av wellpapp inte samlas in är den höga transportkostnaden för ett förhållandevis lätt material som för mindre aktörer inte utgör en tillräckligt stor volym för att bli lönsam. Värdet på den förlorade volymen är ca 370 miljoner kronor per år i produkttermer (men som för övriga papperskategorier ovan är det materialvärdet som teoretiskt kunde återtas genom högre insamling lägre, eftersom upparbetningskostnader då också uppstår).

Därutöver uppstår prisförluster, vilka framförallt uppstår eftersom fluting är värt 20–30 % mindre än nyproducerad liner. Detta leder till en värdeförlust på ca 410 miljoner kronor. Kombinationen av volym- och prisförluster summerar därför till ungefär 0,8 miljarder kronor per år i Sverige, där värdet på återvunnen wellpapp efter avdrag av nödvändiga upparbetningskostnader är 0,3 miljarder kronor. Den totala värdeförlusten på grund av ofullständig insamling och nedgradering är därför sammanlagt 70 %.

Wellpapp är ett av de områden där värdeperspektivet belyser en större potential än vad ett fokus på insamlade ton kan göra. För att bibehålla högre värde behövs ytterligare förståelse för exempelvis: hur kan man få större skala i logistiken (då logistikkostnaden idag är en av utmaningarna för insamling); kan tekniken utvecklas för att minska slitage av fiber; kan återvinningstekniken utvecklas så att returfiber kan användas även till papper av högre kvalité, som liner i wellpapp snarare än fluting?

MAT OCH ORGANISKA MATERIAL – TYDLIGT ÄGANDESKAP KRÄVS FÖR ÅTERANVÄNDNING

Biologiska material är till sin natur cirkulära, eftersom de bryts ner/förmultnar över sin livscykel. De kan dock inte på samma sätt som tekniska material återanvändas eller återvinnas direkt till samma funktion. Bevarande av värde handlar därför om andra faktorer än det gör för tekniska material: att undvika negativa effekter från sammanblandning med oönskade ämnen; att separera högvärdiga delar såsom vissa näringsämnen från mängder som går till deponi eller förbränning; och att återanvända en del komplexa föreningar på ett sätt som tar tillvara deras egenskaper innan de slutgiltigt bryts ned (till biogas, vid förbränning, eller vid kompostering).

Ett exempel på den sistnämnda kategorin är frityrolja, som kan återvinnas för produktion av flytande biobränsle, och därigenom bibehålla värdet efter sin första användningscykel. Detta är en etablerad process i ett flertal europeiska länder, men stöter på ett antal begränsningar i Sverige. En komplikation är att ägandeskapet för färdiganvänd frityrolja inte klartgjorts i Sverige. Reglerna varierar lokalt, men inte sällan har använd olja klassats som organiskt avfall. Detta gör den föremål för obligatorisk insamling och renhållningsavgift. Avfallshanteringen är inte heller anpassad för att tillvarata oljor som råmaterial till bränsleproduktion eller annan användning.

Detta hämmar marknaden för den olja som faktiskt återanvänds. En konkret följd är att använd frityrolja endast har halva värdet i Sverige jämfört med i Europa (ca 3 kronor/kg jämfört med 0,6 EUR/kg). Det låga värdet gör att investeringar i system för att upparbeta frityrolja blir mindre lönsamma, att en mindre andel frityrolja återanvänds till bränsleproduktion, och att marknaden växer långsamt. I andra europeiska länder sker till exempel insamlingsoptimering genom nya typer av fordon, där leveranser kan utnyttjas för återtagande av använda produkter för återvinning och därigenom fås en minskad insamlingskostnad. Dock finns det inte marknad för detta i Sverige idag, och i vissa fall tillåts det inte av lokala regelverk. För att nå skala i processen behövs en framväxt av en fungerande marknad, med optimerade logistiklösningar, och tydligt och långsiktigt ägarskap av resursen.

Det finns flera andra områden inom biologiska material där fokus på att bevara materialvärden skulle erbjuda nya perspektiv – ofta i samklang med nuvarande diskussioner om biobaserad och cirkulär ekonomi. Frågeställningarna är komplexa. Å ena sidan finns ett energivärde i att mycket omhändertagen mat idag omvandlas till biogas; å andra sidan sker en nedgradering när komplexa föreningar (proteiner, lipider, längre kolhydratkedjor) bryts ned till beståndsdelar istället för att deras egenskaper tillvaratas. Förfarandet med deponitäckning påverkar också detta materialflöde, genom att deponitäckning är slutdestinationen för stora mängder rötningsslam. Detta innehåller ämnen som antingen redan har värde, eller kan få det i framtiden, med fosfor som ett särskilt tydligt exempel. Det är möjligt att mellanlagring vore en bättre lösning än att förpassa materialströmmen till slutförvaring som gör den otillgänglig i framtiden.

Dessa frågor är exempel där ett värdeperspektiv kunde bidra mycket: huvudfrågan är inte vilka volymer som ”återvinns” (även deponitäckning klassas idag som återvinning), utan hur högvärdig återvinning som kan åstadkommas. Den här studien har inte kartlagt dessa frågor och värden kvantitativt, men det vore ett viktigt bidrag till diskussionen om nya affärsmöjligheter inom ramen för en allt mer utvecklad bioekonomi.

CEMENT OCH BETONG

Sverige använder ungefär 2 miljoner ton cement per år. Sett till volymen är detta därför det näst största materialflödet vi diskuterar i den här studien, bara stål är större. Förutom att cement är det i särklass största materialet i byggnader används det också som del av betong i mycket annan infrastruktur. Miljöpåverkan från cementproduktion är också avsevärd. I Sverige står t.ex. cementproduktion för ca 3 % av utsläppen av växthusgaser. Produktionens utsläpp är också svårare än många andra att åtgärda. Omvandlingen av sten till klinker kräver mycket hög temperatur, och därutöver skapas kemiska utsläpp. Utsläppen från cementproduktion är därför svåra att att minska så länge klinker är en del av den betong som används. I värdetermer är dock cement mindre än andra material vi undersöker, med ett totalvärde för svensk användning på ca 1,5 miljarder kronor per år.

Idag förloras i stort sett hela cementets materialvärde vid första användningen. Skälet är att cementen förbrukas under härdningsprocessen, då den reagerar med vatten och stelnar till ett starkt lim som håller ihop de övriga beståndsdelarna i betong. När cementen väl brunnit kan dess egenskaper inte återkallas genom mindre än samma process som vid originaltillverkningen. Det går därför inte att direkt materialåtervinna cement, och den betong som faller ur användning behåller väldigt lågt värde (eller inget värde alls) när den används, oftast som fyllnadsmassa vid konstruktion eller till deponitäckning. Mängden cement som faller ur användning varje år är också liten, då majoriteten av cement som används binds i användning i infrastruktur och byggnader. Sammantaget betyder det att cement är undantaget i den här studien – det är det enda material där värdet på de material som faller ur användning inte nödvändigtvis visar på de viktigaste frågorna.

Betyder detta att cementets materialvärde inte går att bevara? Ett möjligt undantag är återanvändning, där cementstrukturer istället för att demoleras tillvaratas och används vid nybyggnation. Det pågår ett antal experiment med att såga ut block som sedan används i lokala byggmarknader. För att kunna öka skalan skulle krävas att byggnaden är konstruerad för att kunna tas ned på ett värdefullt sätt i rivningsfasen, samt att den lokala marknaden har ett system där tillgängligt material matchas mot behov. På så sätt kunde större materialvärde bibehållas, samtidigt som de negativa miljöeffekterna av cement minskas genom minskat behov av nyproducerad cement.
Problematiken inom cement är därför inte i första hand värdeförluster, utan de klimateffekter som vår produktion och användning av cement har. Cement bör därför vara en huvudfråga för mer effektiv materialanvändning, materialsubstitution i betong, och materialutveckling och innovation – men till skillnad från de andra material vi täcker i den här studien fångas inte de största frågorna genom att fokusera på materialvärdet.



VÄRDEPERSPEKTIVET KAN BIDRA MED VIKTIGA INSIKTER FÖR YTTERLIGARE MATERIAL

Lärdomen från ovanstående kapitel är att värdeperspektivet ger insikter tvärs en rad materialkategorier. Vi ser flera möjligheter till uppföljning med studier som kan belysa ytterligare möjligheter att återta värden som idag förloras:

- **För papper och livsmedel** är den här studien endast en första ansats. Resultaten är tillräckligt tydliga för att visa att ytterligare studier vore värdefulla, inte minst med fokus på hur mer av värdet kan bevaras.

- **Textil är ytterligare** en kategori. Stora mängder kläder förstörs och återvinning är utmanande, samtidigt som mycket av fiberproduktionen har stora miljöeffekter (inte minst på vattenbehovet för bomullsproduktion). Det är också ett aktivt forskningsområde i Sverige, med pågående teknikutveckling för separation av organiska och syntetiska fibrer. Globala tal tyder på stora värdeförluster i textilanvändning; Ellen MacArthur Foundation publicerade 2017 en rapport som uppskattar att 13 % av all textil återvinns, men främst till lågvärdiga applikationer snarare än ny textil, och att detta globalt leder till värdeförluster på 100 miljarder USD per år.

- **Ytterligare områden** där värdeperspektivet kan belysa viktiga frågeställningar är gips och mineralull inom byggnation och rivning, som idag inte återvinns i Sverige trots att det är tekniskt möjligt.

- **Ett fjärde område** för ytterligare studier kunde vara metaller utöver stål och aluminium (koppar, zink, och andra). Stora mängder går idag förlorade vid fragmentering av elektronik och fordon, slagg- och reningsprocesser i stålverk, förbränning, och deponitäckning och konstruktion.



6. PRODUKTER FÖR VÄRDEBESTÄNDIGA MATERIAL

Ett gemensamt tema tvärs alla föregående kapitel är att förutsättningarna för att producera högvärdiga sekundärmaterial i hög grad beror på hur produkter designas, sätts samman, används, samlas in, och demonteras.

Det är därför avgörande för mer värdebeständiga material att frågeställningen lyfts även utanför återvinningsledet, och blir en faktor i hur tillverkande företag använder och sätter samman material i sina produkter.

VÄRDEBESTÄNDIGA MATERIAL - ETT PERSPEKTIVSKIFTE FÖR TILLVERKANDE FÖRETAG

Många företag sätter nu ambitiösa mål för att bidra till mål för hållbar utveckling. Det är gängse att sätta mål för att begränsa klimatpåverkan inte bara av den egna verksamheten, utan även i leverantörsledet, med konsekvenser för hur inköp, tillverkning, logistik m.m. måste organiseras och drivas. Materialfrågan släpar efter energifrågan, men det blir också allt vanligare att företag sätter specifika mål för att öka mängden återvunna material i sina produkter, något som (om än fortfarande i liten skala) börjar påverka värdekedjor för sekundärmaterial.

Hur produktdesign påverkar produktion av värdebeständiga och återvunna material är däremot inte något som företag i allmänhet beaktar i sin produktutveckling, eller när de redovisar sin miljöpåverkan till myndigheter, eller kommunicerar sitt hållbarhetsarbete till konsumenter eller investerare. Det syns heller inte i verktyg som företag använder i produktutveckling, som livscykelanalys. Så länge flöden är linjära finns det viss logik i att titta enbart på var material kommer ifrån, men i ett mer cirkulärt system behöver även materialens fortsatta användning bli en lika stor fråga. Politiken rör sig nu på det här området, till exempel förs nu en diskussion om att ytterligare inlemma materialfrågor i EU:s Ecodesign-direktiv. Det är dock företag som i slutändan bäst vet hur de kan hantera frågorna, och som måste införa förändringar i sin verksamhet.

Samtidigt handlar detta inte om att kompromissa med funktion. Huvudmålet med produktdesign är, och bör vara, att få bästa möjliga resultat under användningsfasen, till så låg tillverkningskostnad som möjligt. Snarare handlar frågan om att göra rätt avväganden mellan tillverkningskostnad och effekter på återvinning. Idag fattas beslut i produktdesignfasen utan att konsekvenserna för kvalité och kostnad för sekundärmaterial överhuvudtaget beaktas.[12]

Utöver design och materialval påverkas förutsättningarna för sekundära material även av hur insamling, dokumentation, standardisering, och demontering organiseras och genomförs. Detta är ofta branschtäckande frågor, och utvecklas ofta i samverkan med myndigheter. Vi diskuterar några av de viktigaste produktkategorierna och värdekedjor nedan, för att belysa de specifika utmaningarna som finns inom de olika områdena.

[12] Även i materialintensiva värdekedjor är materialvärdet ofta en mycket liten del av produktens totalkostnad. T.ex. är stål runt 4 % av värdet på en bil eller ett bostadshus, plast ca 1 % av värdet av en bil – och för kategorier som elektronik är värdet av materialen ofta försvinnande litet jämfört med produktens inköpspris.

FORDON – EN KNUTPUNKT FÖR KOMPLEXA MATERIALFRÅGOR, MED BEHOV AV STORA FÖRÄNDRINGAR I DESIGN OCH SKROTNING PÅ SIKT

Materialhantering av fordon är viktig både därför att volymen material är stor, och för att den skär tvärs många nyckelfrågor som är viktiga för framtida värdebeständig materialhantering (Figur 33). Vad gäller stål är bilar en stor källa till kopparinblandning. Hanteringen av stål vid återvinning gör dessutom att stålkvalitén oftast nedgraderas. Stålanvändning till fordon är därför långt ifrån ett slutet kretslopp, och endast 7–8 % av stål som återvinns från bilar kan användas i nya bilar. Vad gäller aluminium leder skrotning ofta till att låglegerat aluminium blandas samman med höglegerat gjutaluminium, och därefter inte kan användas till en mängd andra produkter. Vad gäller plast leder dagens demontering genom fragmentering till att materialet finfördelas och sammanblandas på ett sätt som försvårar många aspekter av materialåtervinning. Dessa faktorer bidrar tillsammans till att skrotvärdet på bilar är lågt, trots att det ursprungliga materialvärdet kan vara långt högre.

Ett problem är att det idag finns mycket litet fokus på hur olika designval påverkar förmågan att återvinna högvärdiga material. Många biltillverkare har gjort stora ansträngningar att öka mängden återvunnet material i sina produkter. Ibland har det haft olyckliga följder – som när en biltillverkare använde aluminium från återvunna dryckesburkar, och därmed avlägsnade det från ett fungerande slutet kretslopp, och satte det i en produkt där det blandades med höglegerat gjutaluminium. Ansatsen är som helhet dock ett viktigt bidrag till att skapa den efterfrågan som krävs för utvecklingen av högkvalitativa sekundärmaterial. Samtidigt är det fullt möjligt att miljönyttan vore minst lika stor om biltillverkare satte fokus på produktdesign och materialval som möjliggör produktion av högkvalitativa sekundärmaterial efter slutanvändning av bilar.

Även insamlingen av bilar är idag problematisk. Idag är 1,2 miljoner bilar avställda, varav nästan hälften har varit det i mer än tre år. Enbart stålet i dessa har ett ursprungsvärde på mer än 3 miljarder kronor. Förutom direkt miljöpåverkan leder bristande insamling till materialförluster genom korrosion, och svårighet att planera kapacitet för bilskrotning och återvinning. Ett högre bibehållet värde av material efter slutanvändning av fordon skulle kunna motivera en högre insamlingsgrad – i dagsläget bär slutanvända fordon snarast en kostnad för användaren vilket inte motiverar insamling.

Fordon demonteras genom fragmentering, varvid bilen sönderdelas i smådelar som sedan på olika sätt separeras. Förfarandet leder dock nästan oundvikligen till sammanblandning av materialkategorier och -kvalitéer, med risk för stora värdeförluster. Kopparinblandning i stål är ett särskilt tydligt exempel, där kopparkomponenter blandas in i stålet vilket leder till en hög kopparhalt som behöver spädas med nyproducerat stål. Plaster kan separeras till viss del, men hamnar till stor del i en blandad lätt fraktion, så kallat ”fluff”, som går till deponi eller förbränning. Små volymer av knappa metaller går även de förlorade då de inte separeras vid fragmentering. Dessa problem fångas inte av viktbaserade återvinningsmått, men värdeperspektivet skapar möjlighet att belysa dessa frågeställningar genom ett fokus på hur stort värde som återvinns, och därmed både på kvalitén på återvunnet material och på återvinning av värdefulla, småskaliga material.

Samtidigt ökar materialkomplexiteten i fordon. Förutom fortgående utveckling av nya aluminiumlegeringar så har jakten på lättviktslösningar lett till ökad användning av t.ex. glasfiberarmerad plast. Detta material går i princip att återvinna, men inte med de metoder som används för vanlig plast (fibrerna omöjliggör den filtrering som används). Även ett fåtal komponenter av armerad plast riskerar därför att kontaminera övriga plastflöden från fordon. Detta exempel visar också hur val optimeras för produktionsledet och användarfasen, men inte för återvinning. Glasfiberarmerad polypropen är t.ex. ungefär 15 % billigare än ABS-plast, som i vissa fall annars vore ett alternativ (och som kan återvinnas utan motsvarande problem).

Det är därför troligt att nya metoder för återvinning kommer att behöva utvecklas. Idag sker en del manuell demontering (t.ex. kofångare, däck), men i förlängningen kräver högvärdig materialåtervinning sannolikt att systemet ersätts eller åtminstone föregås av en långt större demontering i komponenter. Detta sker redan till högre grad i vissa marknader, och Japan har kommit särskilt långt i frågan. För att komma längre krävs dock att möjligheten byggs in av biltillverkare redan på designstadiet. För att bli ekonomiskt attraktiv krävs förmodligen också stora framsteg i automatisering av processen.

Styrmedel och regleringar kan bidra till att koordinera och leda den här utvecklingen rätt. Idag är EU:s ELV-direktiv tillsammans med producentansvar ofta de viktigaste drivkrafterna. ELV-direktivet ställer krav på återvinning av fordon (95 % av vikten år 2015), dock beskrivet som en procent av fordonets vikt utan differentiering mellan material. Detta främjar återvinning av tunga material av stor skala, som exempelvis stål, medan t.ex. knappa metaller i små volymer och plaster har lägre incitament för återvinning. Dessutom saknas krav på högvärdig återvinning, vilket leder till stora förluster av kvalité och materialvärde. Det behöver därför analyseras hur dessa riktlinjer kan utvecklas med målsättningen att behandla de frågeställningar som är mest relevanta för att bevara materialvärden (snarare än bara volymer av materialåtervinning).

FIGUR 33 MATERIALANVÄNDNING OCH HANTERING I BILAR STÅR I CENTRUM FÖR EN MÄNGD UTMANINGAR FÖR ATT NÅ ÖKAD CIRKULARITET

STÅL - NEDGRADERING OCH KOPPARINBLANDNING

Endast 7-8 % av stål från bilar återanvänds i produktion av nya bilar

- Fragmentering av färdigan vända bilar leder till kopparinblandning i stålet, vilket leder till långsiktig kontaminering av stålstocken
- Legeringar separeras inte, vilket leder till värdeförluster av legeringsmetaller, och nedgradering av stålet

FÖRHINDRAD PLASTÅTERVINNING

- I nuvarande hantering fragmenteras plasten i blandade fraktioner som hamnar i deponi eller bränns
- Vid materialsubstitution för lättare fordonsvikt blir det allt vanligare att fiberarmera plast, vilket kontaminerar andra plastflöden och försvårar återvinning



ÖKADE MATERIALKRAV

- Bilar har höga materialkrav, vilket snabbt håller på att bli en stor källa för utsläpp från bilar
- Stor förbättringspotential – bilar används endast 2 % av tiden, stor potential till högre användning genom bildelning, utökad livslängd, lättare fordon, reparation, etc.

ALUMINIUM - NEDGRADERING

- Transportsektorn utgör >40 % av användningen av gjutaluminium, vilket skapar en viktig avsättning av gjutaluminium
- Aluminium som används i bilar nedgraderas när den sammanblandas med gjutaluminium, vilket gör att den inte kan användas i andra tillämpningar

BYGGNATION – SPÅRBARHET, BYGGNADER SOM MATERIALBANK, OCH NYA METODER FÖR RIVNING

Materialåtervinning från byggsektorn startar från en mycket låg nivå; så gott som inget material återvinns utom metaller, vare sig från spillmaterial i byggfasen eller från rivning. Industriexperter uppskattar att hela 15–20 % av byggmaterial blir till spill vid byggnation, men bra data saknas. Detta trots att flera ytterligare material i princip går att materialåtervinna; byggnation står t.ex. för 20 % av plastanvändningen, till största delen fullt återvinningsbara plaster, och utöver det kan även gips, mineral/stenull, och diverse andra byggmaterial antingen återanvändas eller återvinnas.

Plast från byggnader är ett område där Sverige särskilt ligger efter andra länder. Nästan all plast från byggnader i Sverige går till förbränning. Andra länder, inklusive Storbritannien, Tyskland och Danmark, har välutvecklade system för återvinning av PVC-plast från byggsektorn. Även andra vanliga byggplaster har i princip goda förutsättningar för återvinning; till exempel är den EPS-plast som används i Sverige så gott som helt fri från tillsatser och kunde därför lätt återvinnas. I många fall är det en kostnadsfråga, men i andra fall beror det på brist på spårbarhet. Byggnader är ovanliga i att det (förutom spillmaterial vid byggnation) är lång ledtid mellan att material används och att de blir tillgängliga för återvinning. Ledtiderna gör att material hinner vidareutvecklas, och även att det är svårt att veta precis vilken sammansättning och vilka tillsatser materialen har. Ett exempel på detta är att vissa tillsatser som tidigare använts i PVC-plast visat sig vara skadliga och nu är förbjudna, vilket leder till att materialet inte kan återvinnas utan avancerad rening. Eftersom det är svårt att identifiera vilken plast som innehåller just dessa tillsatser finns risk för att all PVC för säkerhets skull går till förbränning.

Det finns potential att använda byggnader som ”materialbanker” – förutsägbara källor till material som kan återanvändas. För att möjliggöra detta krävs en hög grad av spårbarhet, så att en rivningsentreprenör i förväg kan veta vilka materialströmmar som faller ur en byggnad. Det saknas idag ett komplett system för detta, men det är inte långt borta. Sverige har ett långtgående ”loggboks”-system som har som syfte att dokumentera alla material som ingår i byggnaden, och som genom uppdateringar blir ett register över den materialbank byggnaden utgör när den sedan ska rivas. Det svenska systemet är en pionjär i att det innehåller detaljerad information om kemisk sammansättning. En del arbete återstår för att digitalisera registren och sätta upp riktlinjer för att försäkra sig om att löpande uppdateringar görs under ägande och förvaltning, men det går ändå mycket längre än motsvarande system i andra länder och på EU-nivå.

ELEKTRONIK – BEHOV AV BÄTTRE KONTROLL ÖVER UPPKOMNA VOLYMER OCH ATT PLANERA FÖR FRAMTIDA UTVINNING AV ÄMNEN

Elektronik är en komplex produktgrupp som består av olika produkter som använder en stor mängd olika material av varierande värde och skala. Alltifrån stora kylskåp med hög andel plast till små produkter som mobiltelefoner innehållande komplexa kretskort och batterier med små volymer av högvärdiga ämnen. Styrmedel för elektronik har ställt krav på att en viktprocent ska återvinnas, och som resultat återvinns nu ca 80 % av de 132 tusen ton som samlades in genom producentansvaret 2016.

Generella vikt- och volymmått för elektronik som produktkategori blir dock missvisande för bibehållet värde, då material med högt värde ofta utgör en liten del av produktens volym – i synnerhet en rad värdefulla metaller som ofta används i små mängder som är svåra att separera vid materialåtervinning. Idag fokuseras därför återvinning dels på stora volymer av tunga material som bidrar till att uppfylla målen, dels på de allra mest högvärdiga metallerna (guld, silver, koppar och palladium). Långt lägre prioritet tillfaller plast, som är ett förhållandevis lätt material, och en rad andra metaller som är mer komplicerade att utvinna. Ofta är det metallinnehållet som avgör hur fraktioner separeras (högvärdesfraktioner med stor andel metall, lågvärdesfraktioner med lägre andel metall som exempelvis vitvaror i plast). Exempelvis skickas kretskort med hög andel ädelmetaller direkt till smältverk, medan mindre värdefulla kretskort fragmenteras. Dock går en mängd andra material förlorade vid fragmentering som inte idag prioriteras i materialåtervinning. Sammantaget är dagens återvinning relativt långt från ett fokus på värde.

Elektronik innehåller ett antal ämnen som är värdefulla, och som i framtiden skulle kunna bli knappa, men som inte materialåtervinns idag. De har gemensamt att teknik saknas för att på ett kostnadseffektivt sätt separera och återvinna vad som ofta är små koncentrationer i varje enskild komponent. Flera, särskilt bland sällsynta jordartsmetaller, har också mycket stor miljöpåverkan vid nyproduktion.[13] Dagens teknik och styrmedel leder till att de flesta hamnar utom räckhåll även för framtida utvinning. Produkterna fragmenteras, och material sammanblandas och bränns, hamnar på deponi eller används som konstruktionsmaterial. I de flesta fall används den slagg eller aska som blir över från elektronikåtervinning, innehållande de metaller som inte separerats och återvunnits, som konstruktionsmaterial, eftersom detta undviker höga deponiavgifter. Det är dock mycket svårt att utvinna värdefulla material från konstruktion och infrastruktur, och de går därmed förlorade även för framtida återvinning. Ett alternativ vore att mellanlagra slaggen, med sikte på att tillräcklig skala över tid, tillsammans med teknikutveckling, kan möjliggöra framtida utvinning av dessa knappa och värdefulla material.

För att skapa incitament att investera i återvinning och teknikutveckling av färdiganvänd elektronik krävs både tillräcklig skala och förutsägbarhet i flödena. Idag hamnar en stor del av elektronikvolymerna utanför kontrollerade återvinningssystem. Storleken på dessa volymer är svår att kartlägga, men marknadsaktörer uppskattar att endast hälften av volymerna går genom officiella återvinningskanaler. En konsekvens av detta är att det är svårt att

[13] Några av dessa ämnen är litium (Li), neodym (Nd), dysprosium (Dy), indium (In), titan (Ti), antimon (Sb) och kobolt (Co).

investera i mer avancerad teknik, eftersom det är oklart om flöden blir tillgängliga (mycket av kapaciteten är idag underutnyttjad). Det finns också risk för stora värdeförluster, genom att mindre avancerad återvinning plockar ut en långt mindre andel av återvinningsbara material.

Återanvändning är ytterligare ett sätt att bibehålla mer av värdet från förbrukad elektronik. Detta ställer krav på regelverk för handel med begagnad elektronik, men även på produktdesign för att designa produkter med lång hållbarhet, som kan repareras, och som möjliggör byte av enskilda komponenter utan att behöva förkasta hela produkten. Det är viktigt att lagstiftning inte främjar återvinning på bekostnad av återanvändning, utan att hela systemet utformas för att bibehålla ett så högt materialvärde som möjligt.

I takt med teknikutvecklingen skapas allt fler och mer komplexa elektronikfraktioner, med hög potential att återta värde, dock ofta underutvecklade i termer av teknik och hantering efter användning. Det krävs en mängd åtgärder för att bibehålla ett högre materialvärde från elektronik, vilka sträcker sig från materialspecifika och/eller värdebaserade återvinningsmått, större skala, bättre demontering och separering av värdefulla material, potential för mellanlagring av ännu inte återvinningsbara ämnen, etc. Genom att utforma lagstiftningen utifrån högre bibehållet värde kan nya förbättringsområden belysas och hanteras.

MATERIAL ECONOMICS

ETT VÄRDEBESTÄNDIGT SVENSKT MATERIALSYSTEM

En rapport om materialanvändning ur ett värdeperspektiv

Den här rapporten tar ett värdeperspektiv på materialanvändning, och analyserar Sveriges materialsystem i termer av kronor istället för ton och kubikmeter. De stora frågor rapporten ställer är: Om 100 kr råmaterial går in i den svenska ekonomin, hur många kronor återstår efter en användningscykel? Vilka är de stora ”värdeläckagen” och vad beror de på? Vilka åtgärder kunde minska värdeläckagen, och hur mycket värde kan då återtas? Vilka industriella möjligheter uppstår på vägen? Vad är en attraktiv målbild på längre sikt?

MATERIAL ECONOMICS

Material Economics Sverige AB Grev Turegatan 30, 114 38 Stockholm, Sweden info@materialeconomics.com