



Mineralmarknaden 2018

Tema: Järn och stål

© Sveriges geologiska undersökning

Omslagsbild: Stålets kretslopp från järnmalm till återvinning, via produktion och användning.

Illustration: Freepik och Pontus Westrin, SGU.

ISSN 0283-2038

Tryck: Elanders Sverige AB
Layout: Lina Rönnåsen, SGU

FÖRORD

Detta är SGUs femtionde rapport om mineralmarknaden, denna gång med tema järn och stål. Rapportserien mineralmarknaden behandlar ett urval av metaller och mineralprodukter som har ekonomisk betydelse för Sverige. Rapportserien riktar sig till myndigheter, företag, organisationer, studerande och enskilda som har ett intresse av att följa utvecklingen på mineralmarknaderna samt att få en fördjupning kring olika metaller som är viktiga i vårt samhälle. Arbetet är ett led i SGUs uppgift att bland annat följa mineralhanteringen och att informera om utvecklingen.

Sverige har länge varit känt för sin sina järnmalmsgruvor och sin produktion av världsledande stål. Brytning, bearbetning och användning av järn har pågått i över 3 000 år i Sverige, och idag står Sverige för omkring 90 procent av järnmalmsproduktionen i EU. Stålproduktionen i Sverige har utvecklats i takt med att vårt behov av högkvalitativt stål blivit större, exempelvis i fordon och infrastruktur. Idag produceras bland annat rostfria stålprodukter av ledande företag i Sverige som sedan exporteras till hela världen. Återvinningen av stål går även så långt att Sverige behöver importera stålskrot för att hålla igång den fortsatta stålproduktionen. Industrin tillsammans med forskningsaktörer är samtidigt ledande i att ta fram framtidens teknik för järnmalmsproduktion, stålframställning och återvinning. Järn och stål är en viktig ekonomisk pusselbit för Sverige, och förblir det vanligaste metalliska konstruktionsmaterialet då vi bygger framtidens smarta städer.

Denna rapport har utarbetats av Anders Hallberg, Daniel Larsson, Lars Norlin, Peter Åkerhammar och Pontus Westrin.

Lena Söderberg
Generaldirektör

Erika Ingvald
Enhetschef

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	5
<i>Introduction</i>	
 Historia	6
<i>History</i>	
Järnets historia	6
Stålets historia	6
 Grundämnet järn	8
<i>The element iron</i>	
Egenskaper hos järn	8
Förekomst av järn	8
Malmtyper och geologi	9
Brytning av järnmalm	13
Anrikning av järnmalm	14
Pelletisering av järnmalm	14
Framställning av råjärn	14
Användning av järn och järnmalm	15
 Legeringen stål	16
<i>The alloy steel</i>	
Användningsområden	16
Ståltillverkning	20
Teknikutveckling – järnframställning och ståltillverkning	22
 Järn och stål i världen	25
<i>Iron and steel in the world</i>	
Tillgångar av järnmalm i världen	25
Prospektering efter järnmalm i världen	26
Världens järnmalmproduktion	27
Stålproduktion i världen	27
Ledande producenter av järnmalm och stål	30
 Järn och stål i Sverige	31
<i>Iron and steel in Sweden</i>	
Tillgångar av järnmalm i Sverige	31
Prospektering i Sverige	32
Sveriges järnmalmproduktion	32

Sveriges stålproduktion	33
Världsledande stålproducenter i Sverige	35
Återvinning	37
<i>Recycling</i>	
Återvinningsprocesserna	37
Återvinning i Sverige och världen	39
Teknikutveckling återvinning	42
Miljö-, hälso- och klimatpåverkan	43
<i>Effects on environment, health and climate</i>	
Miljö- och hälsopåverkan av järnmalmsbrytning.....	43
Miljö- och hälsopåverkan av ståltillverkning.....	44
Miljö- och hälsopåverkan av återvinning	45
Klimatpåverkan	45
Biologiska effekter	45
Handel och priser.....	46
<i>Trade and prices</i>	
Handel med järnmalm	46
Handel med stål	47
Handel med skrot.....	49
Priser.....	51
Prognos och efterfrågan.....	54
<i>Forecast and demand</i>	
Underlaget till prognosen	54
Vidare läsning.....	57
<i>Further reading</i>	

Inledning

Introduction

Brytning, bearbetning och användning av järn började för omkring 3 000 år sedan i Sverige och markerade järnålderns start. Det billigare järnet användes för att ersätta brons i verktyg, vapen och andra redskap. Tidigt märkte smederna att järnet gick att blanda med andra ämnen – först och främst kol, och senare ämnen som mangan och molybden – i så kallade legeringar. Materialet kallades stål, och var tåligare och lättare att smida än järnet. Samtidigt kunde uttjänta stålföremål smältas ned igen för att användas i tillverkningen av nya föremål. Återvinningen var mer energieffektiv och innebar att mindre malm behövde brytas, vilket sänkte kostnaden för framställningen av stålet.

Sedan järnåldern har brytning av järnmalm och tillverkning av stål varit en viktig del av Sveriges basindustri och ekonomi. 2017 stod Sverige för ca 90 procent av järnmalmproduktionen inom EU-28 och ligger på elfte plats bland världens största producenter. Flera svenska företag är även världsledande inom specialstål och särskilda stålprodukter, som Sandvik och SSAB, och står långt fram i användning av återvunnet skrot i ståltillverkningen.

Denna rapport redogör för brytning, bearbetning och fyndigheter av grundämnet järn samt tillverkning och användning av legeringen stål i Sverige. Rapporten tar även upp återvinning, den senaste teknikutvecklingen, handel och priser samt miljö-, hälso- och klimatpåverkan från industrin.

Utgåvan om Järn och stål är en del i rapportserien Mineralmarknaden som riktar sig till myndigheter, företag, organisationer, studerande och enskilda som

har ett intresse av att följa utvecklingen på mineralmarknaderna samt att få en fördjupning kring olika metaller som är viktiga i vårt samhälle. Arbetet är ett led i SGUs uppgift att bland annat följa mineralhanteringen och att informera om utvecklingen.

Läsanvisning

I första kapitlet, *Historia*, redogör rapporten för järnbrytningens och ståltillverkningens historia.

Under *Grundämnet järn* finns information och fakta kring järnets egenskaper, förekomst i jordskorpan samt brytning och anrikning.

Tredje kapitlet, *Legeringen stål*, ger fakta kring olika stålsorter, deras användningsområden, tillverkning samt teknikutveckling i området.

Kapitlet *Järn och stål i världen* visar prospektering, fyndigheter och produktion i världen, medan kapitlet *Järn och stål i Sverige* har fokus på Sverige.

Återvinning går igenom de olika återvinningsprocesserna generellt och ger statistik över återvinning i Sverige och världen samt redogör för teknikutvecklingen i området.

Miljö-, hälso- och klimatpåverkan ger mer information kring hur industrin påverkar vår natur och vår hälsa, men även vad industrin gör för att förebygga effekterna.

I sista kapitlet, *Handel och priser*, finns mer information kring prisutvecklingen av järnmalm, stål och skrot samt hur handeln ser ut i Sverige och internationellt. Kapitlet ger även en prognos för hur utvecklingen förväntas se ut i framtiden.

Historia

History

JÄRNETS HISTORIA

Järn var en av de första metallerna som människan började använda. De tidigaste fynden av järnföremål är från ca 5 000 f.Kr. och har hittats i Mellanöstern och Egypten. Dessa föremål framställdes troligen av järn med ursprung i meteoriter. Kring 1 500 f.Kr. började hettiterna i Mindre Asien, vilket idag motsvarar större delen av Turkiet, att producera järn i större skala. Den tidigaste järnframställningen i Europa fanns på Kreta ungefär 1 200 f.Kr. för att sedan spridas vidare via Balkan och Centraleuropa till Skandinavien.

Den första järnframställningen i Sverige skedde med myrmalm eller sjömalmsom råvara. I början gjordes järnet i blästerugnar, där malm hettades upp (rostades) över öppen eld för att oxidera sulfider och driva bort vatten. Ved och senare träkol, användes också vid uppvärmning och reduktion av malmen. Slutprodukten var järn i halvsmält form som befriades från slagg genom smidning.

För att göra driften mer ekonomisk ökades höjden på ugnen och mängden blästerluft, och därmed också kapaciteten. Detta medförde att temperaturen i ugnen höjdes. Samtidigt sänktes smältpunkten och man fick smält råjärn. Masugnen – vars konstruktion är i princip densamma idag – var född. Det smälta järnet kunde rinna ut ur ugnen och fick stelna till tackor, så kallade tackjärn.

Järnmalm som brutits ur berg började inte användas för järnframställning förrän i slutet av 1100-talet i samband med introduktionen av masugnen. I Lapphyttan utanför Norberg hittades under en arkeologisk utgrävning under 1970-talet en medeltida järnframställningsplats som kunde dateras till slutet av 1100-talet. Forskare tror att detta var den första masugnen som utvecklades i Europa.

Både blästerugnar och masugnar eldades från början med träkol. Produktionen måste därför förläggas till områden med riklig tillgång till skog, eftersom dåtida infrastruktur inte medgav några längre transporter av malm eller träkol. Detta är anledningen till Sveriges dominerande ställning i världens järnproduktion under århundradena före industrialismens genombrott.

Övriga malmproducerande länder tömde snart sina skogstillgångar. I Sverige fanns det såväl järnmalms- tillgångar som stora skogstillgångar spridda över stora delar av landet.

I slutet av 1700-talet började man använda stenkolk och koks som bränsle i hyttan, vilket innebar en kraftig ökning av produktionen. Svårigheter med föroreningar i de nya bränslena övervanns med nya ståltillverkningsmetoder. I och med att götstålsprocesserna (se vidare i avsnitt *Ståltillverkning*) kom i drift under mitten och slutet av 1800-talet miste Sverige en del av sin dominerande ställning inom järnframställningen. Men eftersom den svenska produktionen grundade sig på mycket rena råvaror fick den svenska stålproduktionen även fortsättningsvis en stor betydelse för Europas järnförsörjning. Det var under denna tid runt förra sekelskiftet som de svenska kvalitetsstälverken grundades.

För en mera utförlig beskrivning av historiken om järn- och stålhanteringen hänvisas till SGUs tidigare rapporter i Mineralmarknaden (SGU Per. publ. 2002:1 respektive SGU Per. publ. 2002:4).

År 2017 stod Sverige (LKAB) för ca 90 procent av järnmalmsproduktionen inom EU-28 och låg på elfte plats bland världens största producenter. Som jämförelse var Sverige för 65 år sedan världens fjärde största järnmalmsproducent efter USA, Sovjetunionen och Frankrike.

För 200 år sedan fanns ca 400 masugnar som tillsammans producerade 70 000 ton tackjärn per år. Hundra år senare hade antalet masugnar minskat till en tredjedel, men produktionen ökat till 500 000 ton per år. Numera finns det bara tre masugnar i Sverige, två i Oxelösund och en i Luleå, vilka producerade nästan fem miljoner ton råjärn under 2017.

STÅLET S HISTORIA

Tekniken att framställa järn ur malm var förutsättningen för järnålderns inträde, och möjliggjorde även framställning av det som skulle komma att bli ett av

världens mest vanliga material i en rad tillämpningar – stål. Den tidiga användningen av stål var som förbindare, till exempel spik, dymlingar och kramlor i trä- och stenkonstruktioner. Från 1500-talet och framåt utvecklades ett bruksmässigt smide av stång och plåt. Under 1700-talet blev plåt allt vanligare som taktäckningsmaterial.

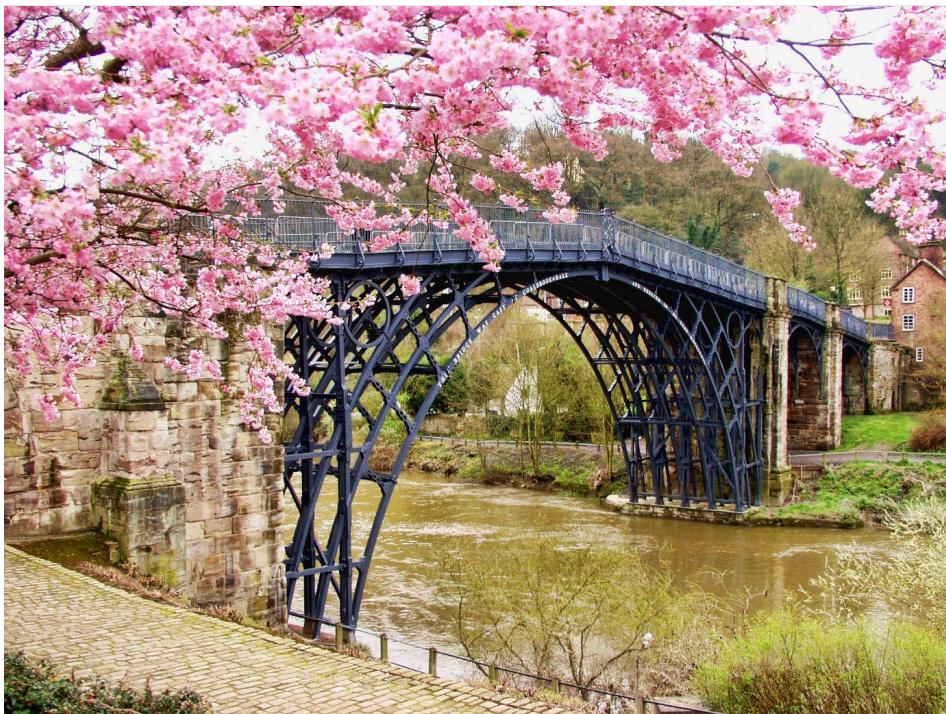
Den första större järnkonstruktionen är bron Ironbridge i England som uppfördes under åren 1776–1779. Bron, som fortfarande står kvar, är byggd av gjutjärn och har en spännvidd på 30 meter. Den gav namn åt det kringliggande samhället, Ironbridge, och finns även upptagen på Unescos världsarvslista.

Eiffeltornet är troligen världens mest kända stålkonstruktion och det uppfördes till världsutställningen i Paris år 1889 av Gustave Eiffel. Det tog 17 månader att bygga det 300 meter höga tornet. Nitning var den dominerande sammanfogningsmetoden då och fram till 1900-talets början. I början av 1900-talet utvecklades

svetsning och skruvförband som ersatte nitning.

Det var först med götstålprocessernas intåg (Bessemer- och Thomasprocesserna) under senare hälften av 1800-talet som större kvantiteter stål kunde framställas. Stål i dagens mening började alltså framställas på 1860-talet. Samtidigt som Bessemerprocessen infördes utvecklades även den så kallade Martinprocessen. I den kunde man smälta stora mängder skrot, det vill säga återvinna uttjänta järn- och stålprodukter. Läs mer om stålprocesser i avsnitt *Teknikutveckling – järnframställning och ståltillverkning*.

I början av 1900-talet utvecklades även tekniken att valsa stålet till moderna platta produkter. Tunnsplåt används idag till exempel i bilkarosser, takplåt, vitvaror och diskbänkar. I och med detta var grunden lagd för dagens moderna stålkonstruktioner, stora som små. Enkel sammanfogning medför även enkel demontering efter fullgjord användning, vilket innebär att stålprodukten lätt kan återvinnas eller återanvändas.



Bron över Ironbridge Gorge i England är den första större järnkonstruktion som byggdes. Källa: Pixabay.

The bridge over Ironbridge Gorge in England was the first larger iron construction ever built.

Grundämnet järn

The element iron

EGENSKAPER HOS JÄRN

Rent järn är en silvervit, mjuk och oädel metall. Den påverkas inte av torr luft eller syrefritt vatten men angrips snabbt av vatten och syre tillsammans. Det bildade oxidskiktet (rost) har sådan struktur att det inte skyddar mot fortsatt påverkan. Järn kan förekomma i ett flertal oxidationsstadier från -2 till +6.

Järn kan uppträda i fyra olika kristallstrukturer nämligen alfajärn (ferrit), med rymdcenterad kubisk struktur (BCC), som vid 906 °C övergår till gammajärn (austenit) med en ytcenterad kubisk struktur (FCC). Denna övergår vid 1401 °C till deltajärn, återigen med en rymdcenterad kubisk struktur. Mellan 768 och 906 °C förekommer järn i en paramagnetisk fas, tidigare

kallad betajärn. Gammajärn kan bilda fasta lösningar med järnkarbid vilket har stor betydelse för stålframställning. Järn smälter vid 1535 °C.

FÖREKOMST AV JÄRN

I jordskorpan är järn den näst vanligaste metallen, vanligast är aluminium. Järn är också det fjärde vanligaste grundämnet (fig. 1 och tabell 1). Järnhalten i jordskorpan är ca 6 procent, men halten i jordens inre är betydligt högre och på jorden som helhet är järn det vanligaste grundämnet med uppskattningsvis ca 35 procent av jordklotets totala massa. Järn förenar sig lätt med syre och svavel vilket gör att gediget järn är ovanligt i naturen. Järn finns dock som legering, dels med några

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La–Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac–Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	UUb	UUt	UUq	UUp	UUh	UUs	UUo
Lantaniderna:			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Aktiniderna:			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Figur 1. Periodiska systemet, med järn markerat i rött.

The periodic table, with iron marked in red.

procent nickel i fyndigheter främst på ön Disco utanför Grönland, dels med nickelhalter på 34–77 procent i den naturligt förekommande legeringen nickeljärn. Vissa meteoriter har också höga järnhalter.

MALMTYPER OCH GEOLOGI

Över 60 procent av världens järnmalmsreserver kommer från så kallade bandade järnmalmer. Flera av de länder som producerar mest järnmalm i världen har gruvor av denna typ – som Kina, Australien, Brasilien och Indien. De järnmalmer som bryts i Sverige skiljer sig dock från de bandade järnmalmerna som är dominerande i resten av världen.

Sverige har två betydande järnmalmsprovinser: Bergslagen och Norrbotten (fig. 2). Där förekommer i huvudsak tre olika typer av järnmalmer: apatitjärnmalm, skarnjärnmalmer och kvartsbandade järnmalmer (fig. 3). Bilder av några järnmalmer i Bergslagen visas i figur 4.

Av de olika malmtyperna i Sverige är apatitjärnmalmen i särklass störst, både till individuella malmers storlek och till malmtypernas bidrag till Sveriges totala järnmalmsproduktion. Under 1800-talet och tidigare var skarnjärnmalmer den viktigaste järnmalmen i Sverige men efter införandet av Thomasprocessen vid slutet av 1800-talet, en järnframställningsprocess där fosforrik apatitjärnmalm kunde utnyttjas utan att slutprodukten blev undermålig, har apatitjärnmalmen helt dominerat den svenska malmproduktionen. De kvartsbandade järnmalmen, som bildningsmässigt är släkt med de gigantiska bandade järnmalmerna, är inte så vanliga och har aldrig

utgjort någon betydande järnmalmstillgång i Sverige. En helt annan typ av järnmalmsförekomst är de järn-titanförande basiska till ultrabasiska intrusioner – det vill säga där magma har trängt in i en annan bergsmassa, exempelvis genom en spricka, och bildat en magmatisk bergartskropp – som finns på flera ställen i vårt land. De har haft en mycket blygsam järnmalmsproduktion och är idag av intresse främst för sitt innehåll av grundämnet vanadin. De utgör ändå en betydande framtida järnmalmstillgång.

Bandade järnmalmer (BIF)

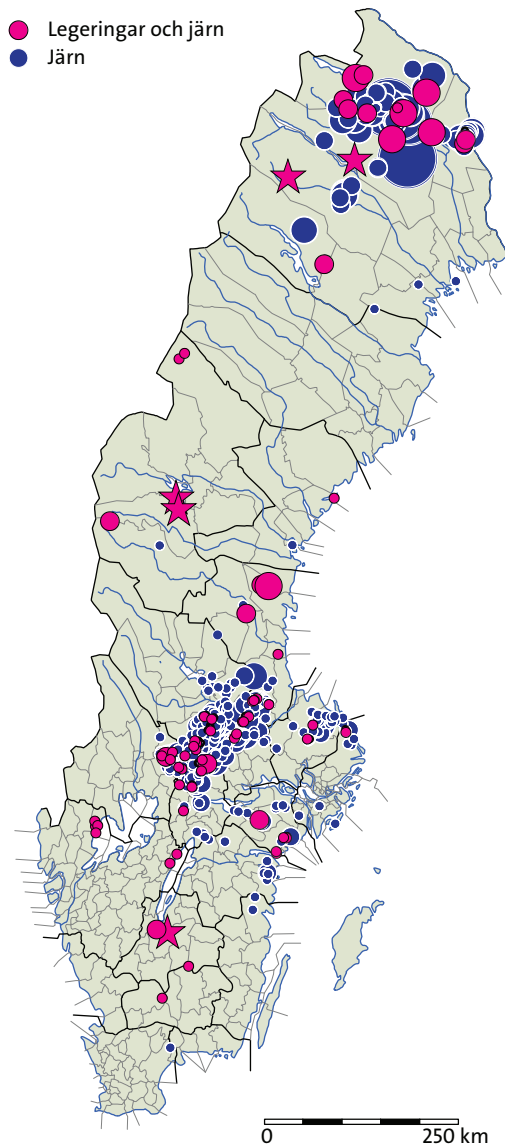
De största järnmalmerna i världen är de arkeiska bandade järnmalmerna (eng. banded iron formation, BIF). Dessa malmer bildades under en lång period under jordens tidiga historia, för mer än 2 500 miljoner år sedan. Från de äldsta kända i Isua på västra Grönland, med en ålder på 3 800 miljoner år, till de 2 500 miljoner år gamla bandade järnmalmerna i Hamersley Basin i västra Australien. Efter skiftet mellan tidsåldrarna arkeikum och proterozoikum för 2 500 miljoner år sedan bildades enbart mindre bandade järnmalmer, bland annat i Sverige, för att helt försvinna för 1 800 miljoner år sedan. Under en kort period för 800–600 miljoner år sedan bildades små bandade järnmalmer igen för att därefter aldrig bildas mer.

Den gängse bildningsmodellen för bandade järnmalmer anger att malmbildningen har att göra med syresättningen av atmosfären och världshaven då lättlösliga tvåvärda järnjoner (Fe⁺²) oxiderades till mera svårslösligt trevärt järn (Fe⁺³) och fälldes ut i stora mängder. Modellen har dock lite svårt att förklara varför processen pågick under så lång tid – från Isua till Hamersley Basin, en period på 1 300 miljoner år – samt varför malmbildningen återkom under kort period för 800–600 miljoner år sedan.

De bandade järnmalmer som finns i Sverige bildades för ungefär 1 900 miljoner år sedan. De är alla små och idag sker ingen brytning av den malmtypen. I Sveriges närområden finns några större bandade järnmalmer av arkeisk ålder. I nordöstligaste Norge, nära gränsen till Ryssland, ligger ett antal bandade järnmalmer i arkeiska gnejser, där tidigare brytning av järnmalm har pågått. Ingen gruvdrift sker där för närvarande, men Sydvaranger AS planerar att återuppta järnmalmsbrytningen i Bjørnevatn under 2020.

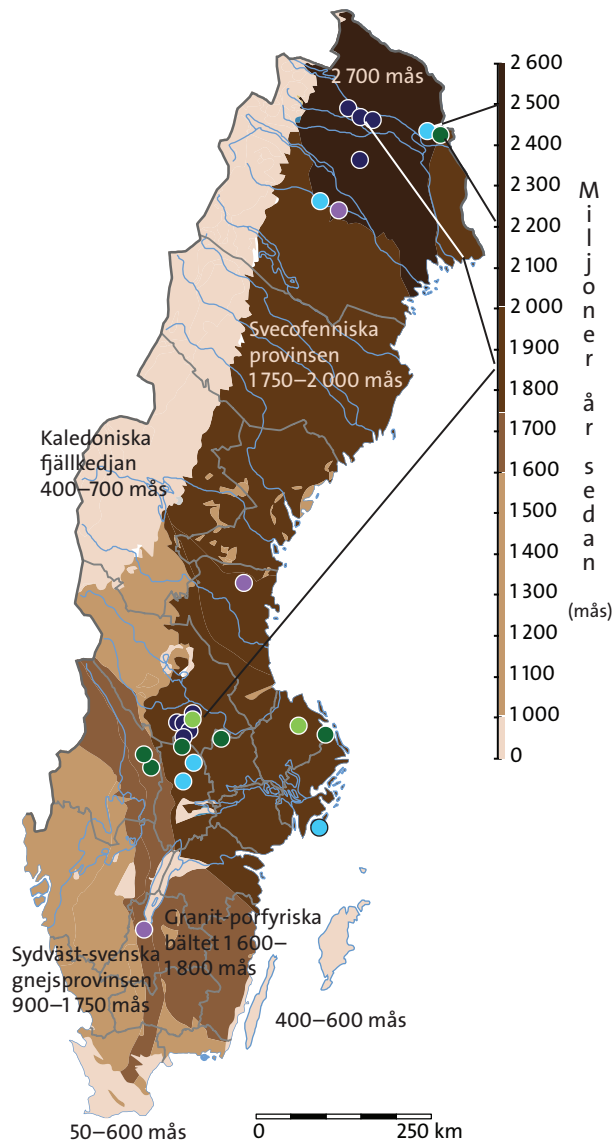
Tabell 1. De fysikaliska egenskaperna hos järn.
The physical properties of iron.

Symbol	Fe
Atomnummer	26
Atomvikt	55,85
Medelhalt i jordskorpan	6,0 %
Medelhalt i oceanerna	1 × 10–4 ppm
Smältpunkt	1 535 °C
Kokpunkt	2 750 °C
Densitet	7,87 g/cm3
Viktigaste mineral	Magnetit (Fe ₃ O ₄) Hematit (Fe ₂ O ₃) Siderit (Fe ₂ CO ₃) Limonit (Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O)



Figur 2. Järnmalmssyndigheter i Sverige. Källa: Malmdatabasen, SGU.

Iron ore deposits in Sweden.



Figur 3. Järnmalmstyper i Sverige redovisat på några viktigare syndigheter. Källa: Malmdatabasen, SGU. Mineralmarknaden Järn 2002, SGU.

Some of the important iron ores in Sweden.



Figur 4. Exempel på järnmalm från Bergslagen. **A.** Apatitjärnmalm från Grängesberg. **B.** Aktinolit-granat-magnetitskarn från Persberg. **C.** Dannemorit-knebelit-magnetitskarn Dannemora. **D.** Jaspilit-hematit i lagrad bandad järnmalm från Pershyttan. **E.** Bandad järnmalm från Striberg. Bilderna är hämtade från Stephens m.fl. 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. Sveriges geologiska undersökning Ba 58. Foto: Torbjörn Bergman.

*Example ores from the Bergslagen ore region. **A.** Apatite iron ore from Grängesberg. **B.** Actinolite-garnet-magnetite skarn from Persberg. **C.** Dannemorit-knebelite-magnetite skarn from Dannemora. **D.** Jaspilite-hematite in banded iron ore from Pershyttan. **E.** Banded iron ore from Striberg. Pictures taken from Stephens m.fl. 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. Sveriges geologiska undersökning Ba 58. Photo: Torbjörn Bergman.*

Det totala tonnaget, brutet tonnage och kvarvarande tillgångar för gruvorna i området uppskattas till 580 miljoner ton. Betyddigt större är de bandade järnmalmer som ligger i arkeiska vulkaniska bergarter i Kostomuksha-området i västra delen av ryska Karelen, nära finska gränsen. Det totala tonnaget för drygt 15 malmkroppar i området är på 7 500 miljoner ton. För tillfället är två gruvor i drift i området.

Bandade järnmalmer är stora bergartsformationer som kan vara hundratals meter tjocka och flera mil långa och påminner inte mycket om det vi i Sverige förknippar med malmkroppar. Malmernas storlek gör det möjligt att bedriva brytning i enorma dagbrott, något som tog ordentlig fart under 1960-talet. Den stora mängd järnmalm som då kom ut på världsmarknaden påverkade järnmalmspriserna och var en av anledningarna till att många järnmalmsgruvor, även i Sverige, lades ner under den senare delen av 1960-talet. Enbart under 1967 avslutades produktionen vid elva gruvor och gruvfält i Bergslagen efter att ha varit i produktion sedan mitten av 1800-talet.

Apatitjärnmalmer

Mer än fyra femtedelar av all järnmalm som producerats i Sverige sedan ordentlig statistik började föras vid mitten av 1800-talet kommer från apatitjärnmalmer. Dessa järnmalmer förekommer inom två områden i Sverige: i västra Bergslagen och i Kiruna-Gällivareområdet i norra Norrbotten.

I Bergslagen finns en handfull apatitjärnmalmer i en zon från Grängesbergsfältet i söder över Blötnbergsfältet, Fredmundbergsfältet, Lekombergafältet och till Idkerbergsfältet, en sträcka på 3,5 mil. I norra Norrbotten finns knappt trettio större apatitjärnmalmer inom en cirkel med åtta mils radie med Kiruna som mittpunkt. Till de största hör Kiirunavaara, Luossavaara, Mertainen och Malmberget. Apatitjärnmalmer är vanligen järnrika och innehåller upp till 70 procent järn.

Apatitjärnmalmerna uppträder vanligtvis som stora linsformade kroppar i sura till intermediära vulkaniska bergarter. Malmerna och deras värdbergarter tycks ha bildats ungefär samtidigt både i Bergslagen och i norra Norrbotten, för 1960 till 1860 miljoner år sedan. Mineralogiskt består apatitjärnmalmer av magnetit, hematit och apatit samt mindre mängder kvarts, aktinolit, epidot, klorit och granat. Apatitjärnmalmernas vikti-

gaste karaktäristika är det höga fosforinnehållet, mer än 0,7 procent fosfor.

Skarnjärnmalmer

Skarnjärnmalmer är den i särklass vanligaste järnmalmstypen i Sverige, både i Bergslagen och i Norrbotten. I Bergslagen finns de inom alla områden där ytbergarter förekommer. I Norrbotten återfinns de företrädesvis i Grönstensgruppens bergarter associerade med tuffiter, svartskiffrar och dolomit.

Skarnjärnmalmer är relativt tunna, 10–50 meter, men kan ha en stor lateral utbredning. De ligger vanligen parallellt med bergartens lagring. Skarnjärnmalmer har vanligen lägre järnhalter än apatitjärnmalmer, halter på 30–45 procent järn samt några procent svavel i form av sulfider är typiska. Fosforhalten överstiger sällan 0,1 procent fosfor. Mera betydande skarnjärnmalmer är Stora Sahavaara inom Kaunisvaarafältet i Pajala, och Norberg i Bergslagen. En annan betydande lokal är Persbergs malmfält som för övrigt är ”typlokal” för begreppet skarn.

En speciell typ av skarnjärnmalmer är de manganrika skarn- och kalkjärnmalmerna. Dessa påminner till stora delar om de manganfattiga skarnjärnmalmerna men skiljer sig i sitt manganinnehåll som kan vara upp till tio procent mangan. Mera betydande mangan-skarnjärnmalmer är Dannemora och Tuna-Hästbergsfältet.

Järnet i skarnjärnmalmer är vanligtvis bundet i magnetit. Associerade skarnmineral i Bergslagens malmer är aktinolit, hedenbergit, andratit-granat och epidot. Skarnjärnmalmerna i Norrbotten innehåller skarnmineral som serpentin, diopsid och tremolit. I manganrika skarnjärnmalmer består skarnmineralen av manganrika varianter som dannemorit, knabalit och spessartingranat. Den största manganrika skarnjärnmalmen i Sverige är den i Dannemora.

Halten av kvarts i skarnjärnmalmer är vanligen låg, mindre än 20 procent SiO_2 . Vissa skarnjärnmalmer har dock högre kvartsinnehåll och de påminner snarare om kvartsbandade järnmalmer.

Kvartsbandade järnmalmer

Kvartsbandade järnmalmer är vanligast i de västra delarna av Bergslagen samt i de östra delarna av Norrbotten. Denna typ av järnmalm har ett tydligt bildningsmässigt släktskap med de bandande järnformationerna som idag står för huvuddelen av

LÄS MER OM JÄRNMALMER

Här finns tips på litteratur om järnmalm och järnmalmsområden som kan vara av intresse:

- **Järnmalmsbibeln**

Geijer, P. & Magnusson, N.H., 1944: De mellansvenska järnmalmernas geologi. *Sveriges geologiska undersökning Ca 35*.

- **Beskrivning till den geologiska kartan över Bergslagen**

Stephens, M.B., Ripa, M., Lundström, L., Bergman, T., Ahl, M., Wahlgren, C.-H., Persson, P.-O. & Wickström, L., 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58*.

- **Beskrivning till den geologiska kartan över norra Norrbotten**

Bergman, S., Kübler, L. & Martinsson, O., 2001: Description of regional geological and geophysical maps of northern Norrbotten County (east of the Caledonian orogen). *Sveriges geologiska undersökning Ba 56*.

- **Rapporteringen från järnmalminventeringen 1963–1972**

Frietsch, R., 1997: The iron ore inventory programme 1963–1972 in Norrbotten county. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 92*.

världens järnmalmproduktion. De svenska järnmalmerna är samtliga yngre än 2 500 miljoner år och de är betydligt mindre än sina arkeiska kusiner. Till de mera betydande kvartsbandade järnmalmerna hör Striberg, Stripa och Stråssa i Bergslagen och Käymäjarvi i Norrbotten. På flera håll, både i Bergslagen och i Norrbotten, finns exempel på övergångar mellan skarnjärnmalmer och kvartsbandade järnmalmer, något som tyder på ett bildningsmässigt samband mellan dessa järnmalmstyper.

Kvartsbandade järnmalmer utgörs vanligen av tunna, alternerande lager av hematit och kvarts. Dessa lager är vanligen stratiforma, det vill säga liknande parallella lager av sedimentär härkomst, trots dess magmatiska ursprung. Enskilda lager är mellan 1 och 10 millimeter tjocka. I vissa malmer har hematiten omvandlats till magnetit. Järnhalterna i kvartsbandade järnmalmer är vanligen 30–55 procent, men i vissa malmer av denna typ som saknar bandning kan järnhalterna nå upp till 60 procent. Kiselhalterna varierar mellan 18 och 28 procent SiO_2 , men innehållet av mangan och fosfor är mycket lågt. Ibland kan malmerna också innehålla sulfider.

Värdbergart till malmerna varierar mellan järnmalmssprovinserna. I Bergslagen är värdbergarterna ofta sura vulkaniska bergarter med en ålder av 1 910–1 890 miljoner år. I Norrbotten utgörs värdbergarterna ofta av basiska vulkaniska bergarter med en något högre ålder.

Som nämnts i avsnittet om skarnjärnmalmer finns

det övergångsformer mellan kvartsbandade järnmalmer och skarnjärnmalmer. Det kan yttra sig som att skarn uppträder i stället för kvarts i bandningen eller som att skarnjärnmalmerna är mycket kiselrika.

Titanjärnmalmer

Titanjärnmalmer förekommer i basiska till ultrabasiska intrusioner av olika åldrar och järnmalmerna har antagligen bildats samtidigt med intrusionerna. Mineraliseringarna består vanligen av magnetit med lameller av ilmenit samt spår av sulfider. Som bäst når järn- och titanhalterna upp till ca 30 procent järn och 5 procent titan.

På senare tid har dessa malmers innehåll av vanadin intresserat prospekteringsindustrin och arbeten pågår för att starta gruvdrift vid Brickagruvan (Sumåssjön) och andra liknande förekomster i Hälsingland. Vid två titanjärnmalmer, Smålands Taberg söder om Jönköping och Ruotevare nära Kvikkjokk, har gruvdrift förekommit under 1800-talet men produktionen har inte gett mer än 1,5 miljoner ton malm. Dessa något udda järnmineraliseringar skulle kunna utgöra en stor framtida järnmalmstillgång i Sverige.

BRYTNING AV JÄRNMALM

Merparten av världens järnmalmer bryts i dagbrott ovan jord. De största järnmalmssgruvorna i världen finns i Brasilien och i västra Australien, där brytningen sker i dagbrott. I LKABs järnmalmssgruvor i Kiruna och Malmberget sker brytningen under jord medan gru-

vorna Gruvberget (där brytningen slutade under 2018) och Leveäniemi utanför Svappavaara bryts i dagbrott. Kirunagruvan är världens största underjordsgruva för järnmalm. Där finns mer än 50 mil vägar under jord. Under sommaren 2018 återstartades Tapuligruvan (Kaunisvaara) utanför Pajala av Kaunis Iron AB. Där sker järnmalmsbrytningen i dagbrott.

Vid brytning i dagbrott friläggs först det malmförande berget från jord (avrymning), varefter malmen bryts i så kallade pallar och gruvdriften följer successivt malmen ner i berget så att en stor grop uppstår. Malmen sprängs loss och lastas med hjälp av stora grävmaskiner på stora truckar som sedan kör malmen till en krossanläggning. De största truckarna kan lasta över 300 ton malm.

Vid brytning under jord byggs hela gruvan under jord. Tillfartsvägarna kallas ramper (nedfarter) och orter. Man borrar långa hål i malmen, laddar hålen med sprängmedel och spränger sönder malmen i större stycken. Malmen lastas med lastmaskiner och förs med tåg eller truckar fram till krossar där styckestorleken blir mindre. Malmen faller ner i magasin, så kallade fickor eller störtshakt, varifrån den fraktas upp till dagen via skipar, en slags hiss speciellt avsedd för malmtransport. I Kirunagruvan kan varje skip transportera 40 ton malm med en hastighet av 17 meter per sekund. Uppfrakten till dagytan kan också ske med transportband eller med truckar/lastbilar.

ANRIKNING AV JÄRNMALM

Malmen som forslats upp ur gruvan krossas sedan och sovras till mindre fraktioner varvid ofyndigt berg (gråberg) sorteras bort. Den siktas så att så kallad styckemalm i förekommande fall kan siktas av. Det är malm som har sådan sammansättning att den duger att använda som den är. Styckestorleken är vanligen 6–30 mm. Finkornig malm som är direkt användbar kallas fines. Malm som ytterligare behöver anrikas, det vill säga där orenheter måste tas bort för att få lämplig järnhalt och renhet, mals och separeras så att mineralkornen friläggs. Det sker ofta i stora roterande trummor, som kallas kvarnar. Dessa fylls med malm, malkroppar (järnkulor eller större malmstycken) och vatten. Resultatet blir en sandliknande produkt som består av malmkorn och gråbergskorn (slurry).

Det finns även andra anrikningsmetoder. Magnetisk anrikning, medan svagmagnetiska järnmineral kan anrikas med tyngdkraftsmetoder. Då utnyttjas järnmineralens högre densitet för att skilja den från övriga mineral. Ofta sker anrikning även med flotation där vissa mineral kan göras vattenfrånstötande (hydrofoba) genom tillsats av fettsyraliknande ämnen. De kommer då att flyta upp till ytan i den vattensuspension som mineralen finns i om luftbubblor blåses in. Luftbubblorna tar med sig dessa mineral när de flyter upp och bildar ett skum på ytan. Detta är ett sätt att minska fosforhalten i fosforrik järnmalm. Den renade järnmalmsprodukten kallas slig (koncentrat). Vid anrikningsverket i Kaunisvaara produceras slig, till skillnad från LKAB som i huvudsak producerar pellets.

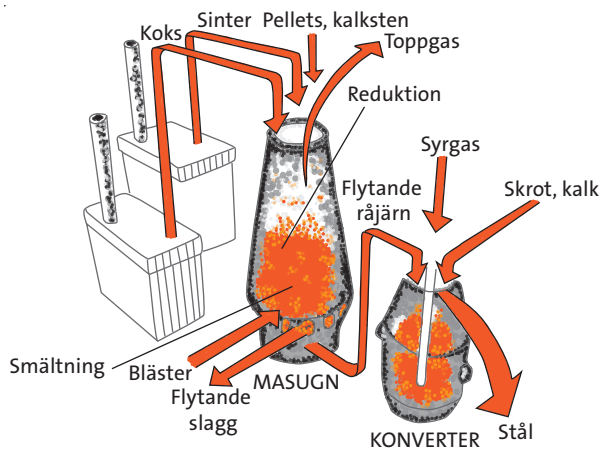
PELLETISERING AV JÄRNMALM

Pellets (eller kulsinter) är en agglomererad produkt, som består av sintrade järnmalmskulor. Vid sintring fogas partiklar samman vid höga temperaturer, dock under materialets smältpunkt, i en diffusionsbaserad process. Dessa pellets behöver inte sintras igen i stålverken. Tillverkningen sker genom att fuktig slig blandas med tillsats- och bindemedel och rullas till centimeterstora kulor. Dessa bränns sedan vid 1 200–1 300 °C så att de blir hårda och tål transporter utan att falla sönder. Järnhalten i pellets är hög och halten av andra ämnen kan anpassas till kundens behov beroende på vilken process som den ska användas i. LKAB tillverkar två olika typer av pellets: masugns pellets och direktreduktions pellets. Masugns pellets används i masugnar för framställning av råjärn. Direktreduktions pellets används i direktreduktionsanläggningar som oftast utnyttjar naturgas som energikälla, där så kallad järnsvamp framställs.

FRAMSTÄLLNING AV RÅJÄRN

De flesta järnmineral är oxider, det vill säga förenade med syre. För att få bort detta syre reduceras malmen först av ett starkt reduktionsmedel – kol – som genom en kemisk process gör att syret separeras ut. I processen går järnoxiden till ett mer rent järn, och kolet förenas med syret och bildar koldioxid.

I masugnen reduceras och smälts malmen till flytande råjärn (fig. 5). Det sker i ett högt schakt där en blandning av malm och koks, som man får av torrdestillation av stenkolk, tillsätts i toppen. Blandningen möter varm luft på mer än 1 000 °C som tillsätts i nedre

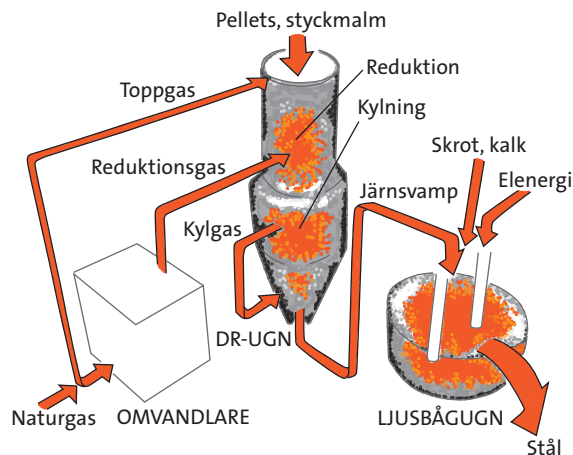


Figur 5. Framställning av järn i en masugn.
Production of iron in a blast furnace.

delen av schaktet genom så kallade formor, de rör som leder in blästerluften, i motström. Malmen kan utgöras av till exempel pellets, styckemalm eller sinterfines. Även slaggbildare som till exempel kalksten tillsätts. Luften förbränner koksen, vilket ger värme och en reducerande gas (koloxid). Koloxiden binder syret i järnmalmen till sig och bildar koldioxid.

Det så kallade råjärnet från masugnen innehåller förutom 92–94 procent järn också 3–4,5 procent kol och låga halter av kisel, mangan, fosfor och svavel. Förloppet i masugnen är kontinuerligt, varför denna tappas med jämna mellanrum. Slaggen som bildas tar upp föroreningar från koksen och gråberget. Slaggen, som är lättare än järnet, flyter ovanpå och tappas av separat. Råjärnstemperaturen är vid tappning ca 1250 °C. Råjärnet går vidare för svavelrening i så kallade torpedvagnar och sedan in till stålverken för framställning av råstål i syrgaskonvertrar.

En annan metod som används vid framställning av råjärn är via direktreduktion. Vid direktreduktion reduceras malmen vid lägre temperatur (800–900 °C) och övergår aldrig till flytande form (fig. 6) och så kallad järnsvamp framställs. Järnsvampen är en porös produkt i oregelbundna stycken. Benämningen svamp syftar på den mängd av små porer som bildas när syret tas bort ur malmen. Direktreduktionsmetoderna används i huvudsak där billig naturgas finns att tillgå, till exempel i Mellanöstern, där man utnyttjar vätet i gasen som reduktionsmedel.



Figur 6. Framställning av järn med hjälp av direktreduktion.
Production of iron by direct reduction processes (DRI, direct reduced iron).

I Sverige finns en speciell form av direktreduktionsprocess i Höganäs där Höganäs AB framställer järnpulver. I den så kallade Höganäsprocessen läggs slig i rörformade kärl tillsammans med bland annat koks och kalksten som sedan placeras i en tunnelugn där materialet hettas upp till ca 1200 °C. Koksen förgasas och bildar koloxid som reducerar järnmalmen till järn. Kalksten har till uppgift att binda svavlet som frigörs från koksen. Sedan kyls kärnen ned till en temperatur av ca 250 °C innan de plockas ut ur ugnen. Kärnen innehåller då en järnsvampskaka, rester av oförgasad koks och slagg med hög svavelhalt. Järnsvampskakan krossas sedan till ett råpulver som värmebehandlas för att sänka kol- och syrenivåer till önskad nivå. Efter ytterligare värmebehandling mals järnet till ett finfördelat pulver som är färdigt för leverans till kund eller går till vidare förädling.

ANVÄNDNING AV JÄRN OCH JÄRNMALM

Merparten av all järnmalm, mer än 95 procent, används för att framställa järn och stål. Ett annat användningsområde för järnmalm är som industri-mineral. Egenskaper som då utnyttjas är bland annat hög densitet, hög renhet, god värmelagringskapacitet samt ferrimagnetiska egenskaper. Produkterna används bland annat som ballast i betong, som strålningskydd, i gjutsand, som suspensionsmedium och som fyllmedel i polymerer och gummi.

Legeringen stål

The alloy steel

Järn är ett grundämne som har den kemiska beteckningen Fe. Järn kan med hjälp av små inblandningar av andra grundämnen, så kallade legeringsämnen, erhålla olika egenskaper. Det viktigaste ämnet är kol som man dock inte räknar som legeringsämne. Kol gör järn hårdare men även sprödare och därmed svårare att bearbeta. Typiska legeringsämnen är kisel, mangan, nickel, krom, vanadin, molybden och volfram medan typiska föroreningsämnen är svavel, fosfor, syre och väte.

Stål är en smidbar legering med järn som basmetall, det vill säga att järn dominerar viktmissigt över varje annat legeringsämne. För att vara smidbart får stål inte innehålla mer än ca 2 procent kol. Normalt är dock kolhalten i stål betydligt lägre. Med kolrikt stål avser man till exempel stål med en kolhalt på mer än 0,6 procent. Om kolhalten är så hög som ca 4 procent och legeringen inte är smidbar kallar man materialet för tackjärn eller gjutjärn. Man behöver alltså gjuta det för att kunna

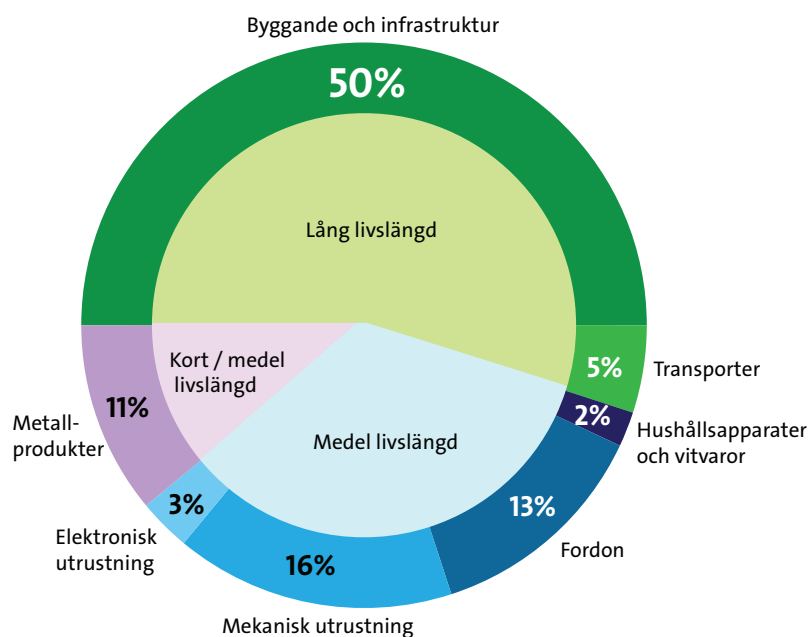
forma det. Kol är ett så vanligt legeringsämne att man tidigare definierade stål som en järn-kol-legering.

ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

Det finns en stor mängd olika stålsorter, mer än 4 000 standardiserade, med olika egenskaper beroende på vilka legeringsämnen som ingår. Detta, tillsammans med att råvaran järnmalm är förhållandevis billig och finns i stora mängder, förklarar stålets dominans som det mest använda metalliska materialet i världen. Stål används i princip till allt – i byggnader, broar, bussar, bilar, tvättmaskiner, spisar, bestick med mera (fig. 7).

Olegerat stål

Med olegerat stål menas stål som innehåller relativt låga halter av legeringsämnen. Termen olegerat stål är i stort sett synonym med begreppen handelsstål och kolstål. Kol är det vanligaste legeringsämnet i stål och räknas



Figur 7. Användningsområden för stål. Byggnade och infrastruktur 50 %, mekanisk utrustning 16 %, fordon 13 %, metallprodukter 11 %, transporter 5 %, elektronisk utrustning 3 % och hushållsapparater och vitvaror 2 %. Källa: World Steel Association.

Steel uses in percent. Building and infrastructure 50%, mechanical equipment 16%, automotive 13%, metal products 11%, other transport 5%, electronical equipment 3% and domestic appliances 2%.

inte till de "riktiga" legeringsämnena. Det är antagligen orsaken till att kolstål blivit synonymt med olegerat stål. Benämningen handelsstål torde ha sitt ursprung i att en stor del av det olegerade stålet tidigare såldes via handeln (grossister). Benämningen olegerat stål används för att beteckna stål med särskilt låga legeringshalter.

Legerat stål

Motsatsen till olegerat stål är specialstål, som således definieras som legerat stål. Huvuddelen av det legerade stålet tillverkades tidigare för speciella ändamål och levererades direkt till kund, till skillnad mot handelsstålet. Med legerat stål menas stål med fastställda minimigränser för vissa legeringsämnen. Ett legeringsämne (ofta en metall) tillsätts en annan metall för att åstadkomma speciella egenskaper.

I punktlistan visas minimigränserna, uttryckta i viktprocent, för några vanliga legeringsämnen. För att betecknas som legerat måste ett stål innehålla minst ett av de angivna ämnena.

- Mangan 1,65
- Kisel 0,6

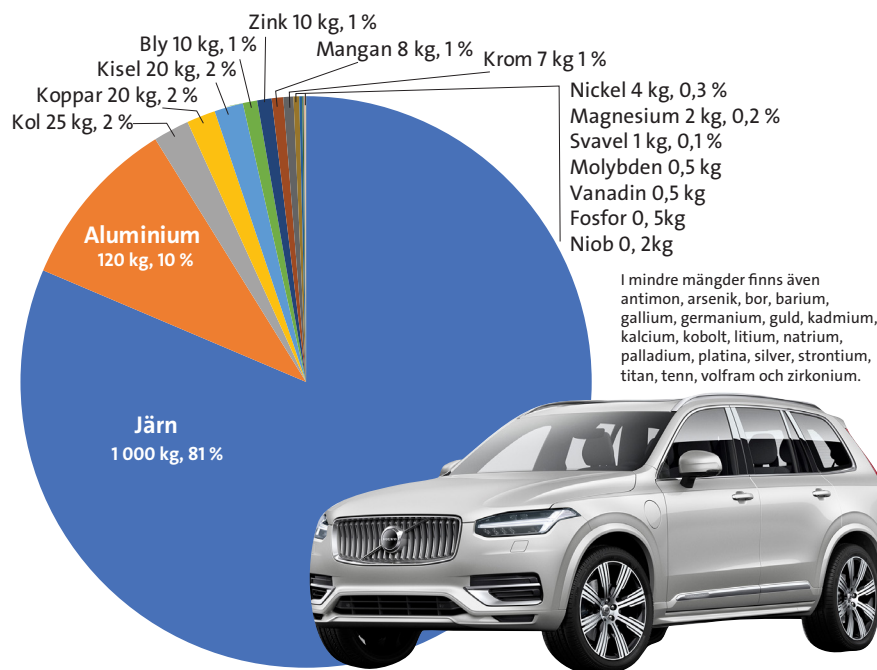
- Krom, nickel, kobolt, aluminium och volfram 0,3
- Vanadin 0,1
- Molybden 0,08
- Bor 0,0008

Det bör observeras att halten av det viktiga legeringsämnet kol inte är avgörande för om stålet betecknas som legerat eller olegerat.

Rostfritt stål

Rostfritt stål är stål med över ca 12 procent krom, där en mycket tunn, passiv och "självläkande" hinna bildas som skyddar stålet mot luftens syre. Ofta är rostfria stål legerade med andra metaller, till exempel nickel och molybden som skyddar stålet mot korrosion och rost. Detta material är starkt, tål höga temperaturer och ger mycket god prestanda under svåra kemiska förhållanden.

Det rostfria stålets fysiska egenskaper gör att det används brett inom bygg-, fordons- och transportsektorerna (fig. 8). Dess mångsidighet gör det också till ett populärt material inom hushåll, till exempel för köksmaskiner och bestick.



Figur 8. Bilens metallinnehåll. En bil består av en mängd metaller, varav järn (81 %) och aluminium (10 %) utgör de största andelarna. Källa: Forskning och framsteg. Foto: Volvo.

Metal content of the car. A car consists of a number of metals, of which iron (81%) and aluminium (10%) constitute the largest shares.

ETT URVAL AV LEGERINGSÄMNINGEN OCH SLAGGBILDARE

Vilka legeringsämnen och slaggbildare som används i stål tillverkningen varierar mycket. Det finns tusentals standardiserade stålsorter, som alla innehåller olika proportioner legeringsämnen. Receptet för stålet skräddarsys för användningsområdet, exempelvis för all dagliga varor eller mer krävande applikationer som flygplan eller i industriella processer.

Här finns en lista på vad olika legeringsämnen och slaggbildare generellt har för syfte i stål tillverkningen. För förklaringar av vissa ord och begrepp, se sidan 19.

- **Aluminium (Al)** är det vanligaste desoxidationsmedlet. Al reagerar med kväve och bildar mycket hårda nitrider.
- **Bor (B)** förbättrar med mycket små tillsatser (ppm) hårdheten.
- **Fosfor (P)** används för att öka hållfastheten och hårdheten i vissa varmvalsade stål.
- **Kalcium (Ca)** används i kombination med kisel huvudsakligen som desoxidationsmedel.
- **Kisel (Si)** är ett vanligt desoxidationsmedel som ökar hållfastheten och dessutom glödskebilden, det vill säga ytoxidering vid höga temperaturer. Si försämrar dock varm- och kallbearbetning.
- **Kobolt (Co)** bildar inte karbider och förbättrar hållfastheten vid höga temperaturer. Stål som ska tåla höga temperaturer, till exempel i gasturbiner och jetmotorer, legeras ofta med Co.
- **Koppär (Cu)** används i små mängder (ca 0,5 procent) för att höja korrosionshårdigheten både i olegerat stål och i rostfria stål.
- **Krom (Cr)** används för att öka hårdheten. Cr bildar karbider som också förbättrar slitstyrkan. Dess största användning är dock som legeringstillägg i rostfria stål.
- **Mangan (Mn)** förbättrar både hållfastheten och hårdheten.
- **Molybden (Mo)** används för att öka hårdheten och hårdheten. Mo ökar också korrosionsmotståndet.
- **Nickel (Ni)** ökar hållfastheten och hårdheten utan att minska formbarheten. Dess största användning är som legeringsämne i rostfria stål (austenitiska och duplex).
- **Niob (Nb)** bildar stabila Nb-karbider och används för mikrolegering i olegerade eller låglegerade konstruktionsstål men också tillsammans med Ni och Co i superlegeringar för högt temperaturanvändning.
- **Titan (Ti)** är en effektiv karbidbildare och används för mikrolegering i bland annat varmvalsade, höghållfasta konstruktionsstål.
- **Vanadin (V)** ökar varmhållfastheten och hårdheten. V är en kraftig karbidbildare och ökar slitstyrkan. Används till stor del som legeringsämne i så kallat snabbstål, det vill säga stål för skärande bearbetning vid höga hastigheter då stor friktionsvärme utvecklas.
- **Volfram (W)** är en kraftig karbidbildare som ökar bland annat segheten. Används som legeringsämne i snabbstål och i verktygsstål, det vill säga stål avsett för tillverkning av verktyg.
- **Zink (Zn)** används inte som legeringsämne i stål men för ytbeläggning av stål i korrosionsskyddande syfte (galvanisering). Varmförzinkning och elektrolytisk förzinkning är de vanligaste metoderna att på detta sätt ytskydda stål. Enligt ILZSG (International Lead and Zinc Study Group) går ca 50 procent av världens zinkanvändning till galvanisering av stål.
- **Bränd dolomit (CaO*MgO), bränd kalksten (CaO) och kalksten (CaCO₃)** används för att rena järnet (i masugnen) och stålet (i syrgaskonverterar och ljusbågsugnar) från svavel och att fungera som slaggbildare. Det behövs i storleksordningen 30–45 kg bränd kalk per ton producerat stål. För rostfria stål är förbrukningen den dubbla, ca 90 kg per ton producerat rostfritt stål (siffror från Svenska Kalkföreningen).



Kalkstensbrottet Stucks på Gotland. Foto: Peter Åkerhammar.
The limestone quarry Stucks on Gotland.

ORDLISTA – EGENSKAPER HOS STÅL, PROCESSTEG MED MERA

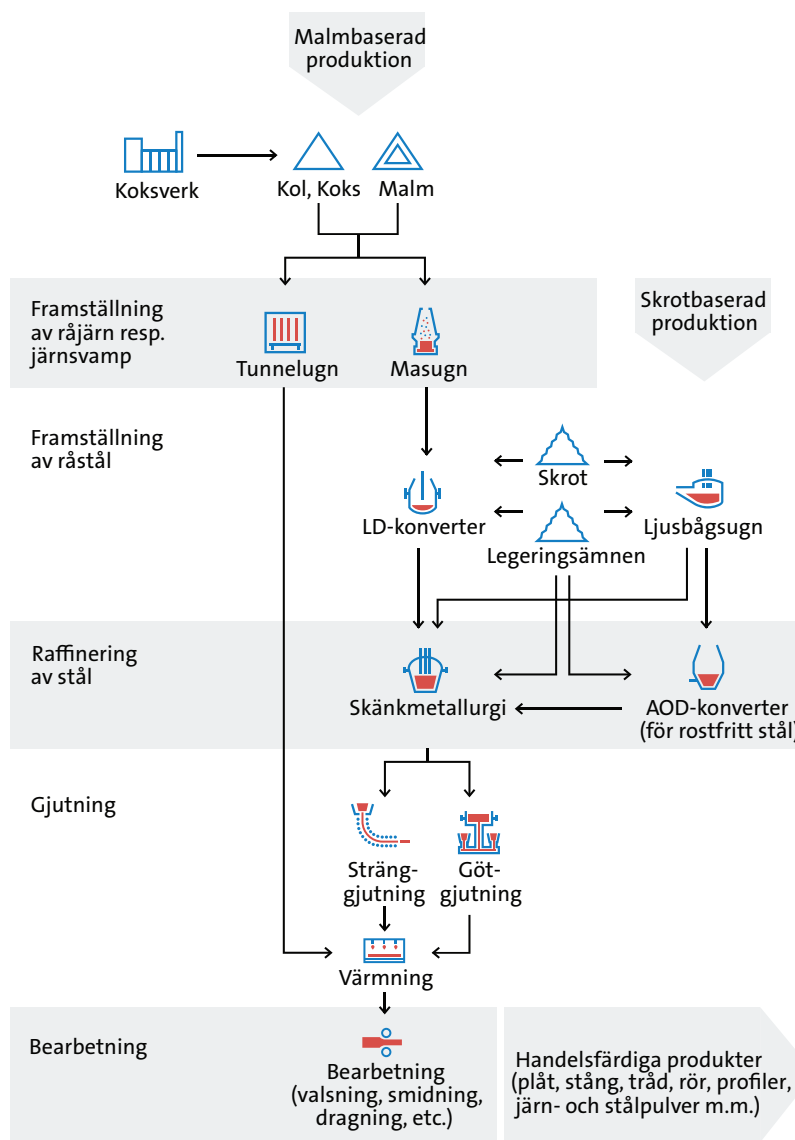
- **Anlöpning:** Värmebehandling av härdat stål för att göra strukturen i stålet segare och mindre spröd.
- **Austenit:** Strukturform i stål. Kan lösa upp till 2 procent kol. I låglegerat stål förekommer austenit endast över 723 °C.
- **Austenitiska stål:** Rostfritt stål som innehåller nickel till skillnad från de ferritiska rostfria stålen. De austenitiska stålen är omagnetiska och har mycket goda korrosionsegenskaper, bra svetsbarhet och goda temperaturegenskaper.
- **Desoxidation:** Avlägsnandet av syre ur smält metall.
- **Duplex-stål:** Rostfritt stål som både har en austenitisk och ferritisk struktur. Genom att strukturerna får stålet god svetsbarhet, ökat motstånd mot kloraggressiv miljö och högre sträck- och brottgräns än austenitiska stål. Används i konstruktioner i havsvatten, värmeväxlare och avsaltningsanläggningar.
- **Ferrit:** Strukturform i stål. Kol är olösligt i ferrit.
- **Formbarhet:** Förmågan att tåla plastisk deformation, det vill säga bestående formförändringar, utan att brista. Ibland avses också förmågan att deformeras med liten energiförbrukning.
- **Glödgning:** Upphettnings av stål som görs med många olika syften. Till exempel för att göra stålet mjukt före valsning, att eliminera spänningar i materialet, att modifiera kristallstrukturen, att förändra fysiska eller elektriska egenskaper.
- **Glödskal:** Tunn oxidbeläggning som bildas när hett stål kommer i kontakt med luft. Glödskal består av oxider av framför allt järn, men även andra legeringsmetaller. Det bryts loss under bearbetningen av stålet.
- **Härdbarhet:** Egenskap hos stål som anger hur ett stål reagerar vid martensithärdning. Ju högre härdbarhet, desto grövre dimension av stålet kan genomhärdas. Härdbarheten beror främst på den kemiska sammansättningen.
- **Härdhet:** Förmågan hos ett material att motstå plastisk deformation, det vill säga bestående formförändringar, när en hård kropp trycks mot ytan. Tre provmetoder används allmänt: Brinellmetoden (måttenshet HB) Vickersmetoden (HV) och Rockwellmetoden (HR).
- **Hållfasthet:** Förmågan hos ett material att motstå olika slags mekanisk påverkan. Oftast avses materialets draghållfasthet (mätt som sträckgräns).
- **Kallbearbetning:** Plastisk bearbetning av stål vid rumstemperatur. Platta produkter kallvalsas, långa produkter kalldrages.
- **Nitrider:** Metalliska nitrider bildas av många övergångsmetaller genom direkt reaktion med kväve. De har metallglans, god elektrisk ledningsförmåga och är mycket hårda och kemiskt motståndskraftiga. De kristalliserar i metallgitter, där de små kväveatomerna fyller ut hålrum. De har stundom variabel sammansättning. De används som härdämnen liksom borider, karbider och silicider.
- **Korrosion:** Angrepp på ett material genom kemisk reaktion, oftast elektrokemisk, med omgivande medium. Korrosion hos stål kallas vanligen rostning.
- **Korrosionshårdighet:** Förmågan att motstå korrosion.
- **Legering:** Blandning av två eller flera grundämnen, varav minst ett är en metall, som har metalliska egenskaper. Stål är den vanligaste förekommande legeringen och har järn som huvudkomponent.
- **Legeringsämne:** Grundämne, ofta en metall, som tillsätts en annan metall för att åstadkomma speciella egenskaper. Kol är ett exempel på ett icke metalliskt grundämne som förekommer i nästan alla typer av stål.
- **Martensit:** Strukturform i stål som kännetecknas av stor hårdhet. Martensit uppstår vid snabb kylning från temperaturer där stålets struktur består av austenit.
- **Karbider:** Metalliska karbider bildas på samma sätt som nitrider. Små karbider (mindre än 0,1 µm) används för att förhindra avvikelser i metallens välordnade kristallstruktur och rörelser i gränsytorerna mellan kornen som bygger upp strukturen. Man kan på detta sätt höja materialets hållfasthet och seghet. I för övrigt ej legerade höghållfasta stål används till exempel niobkarbid, titankarbid och i någon mån vanadinkarbid för detta ändamål. Eftersom niob, titan och vanadin förekommer i låga halter (mindre än 0,1 procent) betecknas denna viktiga typ av stål som mikrolegerat.
- **Seghet:** Materialegenskap som anger förmågan att inte brista vid formförändringar.
- **Slagseghet:** Materialegenskap som anger förmågan att inte brista vid ett kraftigt slag.
- **Svetsbarhet:** Materialegenskap som anger hur lätt det är att svetsa stålet utan att materialfel uppstår i eller i anslutning till svetsen. Svetsbarhet kan sägas vara motsatsen till härdbarhet och påverkas främst av stålets analys, särskilt kolhalten (som bör vara låg).
- **Varmbearbetning:** Formförändrande bearbetning av stål, vanligen genom valsning eller smidning, vid temperaturer som innebär att stålet är mjukt (800–1250 °C, beroende på bland annat ståltyp).
- **Valsning:** Formförändrande bearbetning av stål. Stålet passerar genom valsar, varvid tjockleken (och ibland även bredden) minskar samtidigt som stålets inre struktur förändras.

Källa: www.jernkontoret.se, www.ne.se/uppslagsverk

STÅLTILLVERKNING

Vid tillverkning av stål behövs järnmalm och skrot (av järn eller stål) samt legeringsämnen av olika slag för att de olika stålsorterna ska få önskade egenskaper. Järnmalm och skrot är de viktiga råvarorna i ståltillverkningen. Figur 9 visar hur flödena i både den malmbaserade och den skrotbaserade stålproduktionen sker. Av stålproduktionen i världen tillverkas 65 procent från jungfrulig råvara i form av järnmalm medan 35 procent produceras från skrot (2017).

Råjärnet som bildas i det första ledet av den malmbaserade stålproduktionen (se avsnitt *Framställning av råjärn*) innehåller för mycket kol, mellan 3 och 4 procent, för att det ska kunna formas. Alltså måste det mesta av kolet avlägsnas, vilket görs i stålverk. Kolhalten sänks från ca 4 procent till ca 0,10 procent eller ännu lägre, och legeringsämnen av olika slag tillsätts för att ge stålet de önskvärda egenskaperna. De helt dominerande processerna för ståltillverkning är syrgasprocesser (framför allt LD-processen) i integrerade stålverk



Figur 9. Att framställa stål är en lång process som använder flera olika tekniker. Ofta används både malmbaserade och skrotbaserade produkter för att framställa stål. Figuren visar processerna i svensk stålframställning. Källa: Jernkontoret.

Producing steel is a long process that uses several different techniques. Often are both ore-based and scrap-based products used. The figure shows the processes in Swedish steel production.

och i elektrostålverk (ljusbågsugnar) i skrotbaserade verk. Med integrerade stålverk menar man stålverk som själva tillverkar basråvaran råjärn. Skrotbaserade stålverk gör stål av skrot precis som namnet säger.

Gemensamt för alla metoder för stålframställning är att kolhalten minskas. Detta förlopp kallas för färskning och sker genom att metallsmältan får reagera med syrgas, som blåses mot eller genom smältan. Vid färskningen binds syret till kol och bildar koloxid. Även andra ämnen med hög affinitet, alltså attraktionsförmåga, till syre bildar oxider – såsom kisel, mangan och fosfor. Koloxiden går genom metallbadet och ut genom konvertern, medan andra oxider som är fasta eller flytande vid ståltillverkningstemperatur (ca 1600 °C) flyter ovanpå badet och bildar en slagg. Denna princip är mycket viktigt vid tillverkning av stål. Vissa slaggar har nämligen förmågan att binda föroreningar i stålet, såsom svavel. Då krävs att slaggen är basisk, det vill säga har ett CaO/SiO_2 -förhållande som är större än 1, något som åstadkoms genom tillsats av kalksten. Detta kräver i sin tur att ugnen är infodrad med basiska tegel och sprutmassor för att inte slaggen alltför snabbt ska fräta sönder infodringen.

De processer som sker efter konvertern men före gjutningen kallas för skänkmetsallurgi, då flytande stål raffinerar i en behållare kallad skänk. Det viktigaste momentet är desoxidationen (rätningen), det vill säga att löst syre i stålet binds, för att inte stålet senare ska stelna under gasutveckling. I skänken renas stålet ytterligare genom att bland annat svavel- och fosforhalterna sänks ännu mer. Där görs också legeringsjusteringar och inställning till rätt gjuttemperatur.

Det finns tre olika metoder för att gjuta det flytande stålet, sträng- respektive götgjutning samt atomisering. Stränggjutning är en kontinuerlig gjutmetod för att direkt överföra det flytande stålet till färdiga stålämnen (fig. 10). Det flytande stålet transporteras i en skänk till gjutmaskinen där det tappas i en gjutlåda och via den ned i en eller flera vattenfyllda kopparkokiller, det vill säga gjutformar. I kokillen stelnar ett skal och strängen dras ut genom botten av kokillen med hjälp av drivrullar. Strängen fortsätter att stelna genom direkt vattenbehandling eller dimkylning. Beroende på tvärsnittets form benämns ämnena efter stränggjutning slabs, blooms eller billets.

Vid götgjutning tappas smältan i kokiller och när stålet stelnat där bildas göt. Göten återupphettas för att

valsas till stålämnen. Stålämnen går sedan vidare till ett valsverk för att valsas till färdiga produkter. Bearbetning där kan ske både i varmt och kallt tillstånd. Metoden atomisering används vid gjutning för tillverkning av stålpulver, där smältan delas sönder med hjälp av vatten eller gas.

Förutom de två huvudsakliga processerna – syrgasprocesser och i ljusbågsugnar – finns också andra sätt att göra stål. I högfrekvensugnar (HF-ugnar) smälter man om skrot i ett stort kärl som är omgivet av en elektrisk spole genom vilken en högfrekvent ström leds. Elektroslaggraffinering (ESR-ugnar) har ett stålämne som elektrod där stålämnet smälts ned och renas från inneslutna gaser eller föroreningar genom användning av speciella slaggar.



Figur 10. Stränggjutning. Källa: SSAB
Continuous casting.

TEKNIKUTVECKLING – JÄRNFRAMSTÄLLNING OCH STÅLTILLVERKNING

Som tidigare nämnts i kapitel *Grundämnet järn* förekommer järn i naturen enbart i form av föreningar, framför allt med syre, och inte i gedigen form. För att erhålla järnet i användbar form, som gjutjärn (tackjärn) eller stål, behöver järnets ”partner” i föreningen tas bort, det vill säga att järn-föreningen behöver reduceras. Den absolut dominerande (indirekta) reduktionsprocessen idag är masugnprocessen.

Tekniken att med hjälp av kol reducera järnmalm till järn har funnits i nästan 1 000 år. Under den långa tid som har gått sedan dess har masugns-tekniken både förfinats och effektiviserats. De svenska masugnarna bedöms vara nära den teoretiska gränsen när det gäller mängden kol (koks) som behövs för reduktionsarbetet. Internationella studier visar att SSAB är en av de bästa i världen på järnmalmsbaserad ståltillverkning när det

gäller koldioxideffektivitet – sju procent bättre än det europeiska genomsnittet och mer än 20 procent bättre än det kinesiska. Den stora nackdelen med masugn-processen är dess utsläpp av koldioxid.

Stål i dagens mening har framställts sedan Bessemer- och Thomasprocessernas införande under slutet av 1800-talet. Parallellt med de stålprocesser som utnyttjade råjärn som utgångsmaterial utvecklades från slutet av 1800-talet även processer där det tidigare outnyttjade skrotet kunde användas. Martinprocessen kom först, men den teknik som nu helt dominerar vid skrotsmältning är ljusbågsugnen. Den konstruerades först av fransmannen Héroult i början av 1900-talet och dess principiella konstruktion står sig än idag. Men även där har tekniken förbättrats och effektiviserats.

Den internationella, icke-vinstdrivande organisationen CDP (tidigare Carbon Disclosure Project) arbetar med att

MER OM STÅLTILLVERKNING OCH TEKNIKUTVECKLING

- **AOD (Argon Oxygen Decarburization):** En process för minskning av kolhalten i rostfria stål. Från en ljusbågs-ugn överförs flytande stål till en reaktor (AOD-konverter) där en blandning av ädelgasen argon och syrgas blåses in i smältan.
- **Bessemerprocessen:** Process för att tillverka stål som innebär att luft blåses genom smält tackjärn i en tippbar ugn (konverter). Huvuddelen av kolet i tackjärnet oxideras då och lämnar smältan i form av koloxid, vilket innebär att tackjärnet färskas till stål. Det flytande stålet kan därefter gjutas till göt i så kallade götkokiller, för att därefter valsas eller smidas till önskad form. Svensken Göran Fredrik Göransson (1819–1900), grundare av Sandvikens Jernverk, var den förste som lyckades genomföra bessemerprocessen i praktiken. Det skedde vid Edskens bruk i Gästrikland år 1858. Numera används främst syrgasstålprocesser, som är en utveckling av bessemerprocessen. Den sista bessemerugnen i Sverige togs ur bruk på 1960-talet.
- **Chargera:** Att insätta råvaror i en järn- eller stålugn (från franskans charge, last, börda). Den insatta mängden kallas charge. Ståltillverkning sker satsvis och varje charge utgör en sats.
- **CLU (Creusot-Loire-Uddeholm):** En variant av AOD-processen där man i stället för argon använder vatten-ånga. Utvecklades parallellt, men var för sig, av Uddeholms AB och det franska företaget Creusot-Loire under 1970-talet.
- **Corex:** Relativt modern process för tillverkning av flytande råjärn. Den första produktionsanläggningen togs i bruk 1989 i Sydafrika. I Corexprocessen charge-ras, det vill säga tillsätts, kol direkt och det krävs därmed ingen föregående koksning av kolet. Den typiska järnmalmssatsen består av 30 procent styckemalm och 70 procent pellets. Idag finns även anläggningar som använder Corexprocessen i Indien, Kina och Sydkorea.
- **Finex:** Process för tillverkning av flytande råjärn. Variant av Corex-processen där inte heller någon föregående koksning av kol behövs. Dock med skillnaden att även finmalen järnmalm, fines (100 procent), direkt kan tillsättas. Produktionsanläggningar finns i Sydkorea.
- **Hybrit (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology):** En direktreduktionsprocess under utveckling där förbehandlad järnmalm reduceras med enbart vätgas som framställts genom hydrolys av vatten. Processen är inte beroende av kol för reduktion av malmen.

Faktarutan fortsätter på sidan 23.

påvisa vilken påverkan olika företag, branscher och organisationer har på miljön. I en rapport om stålbranschen från 2016, *Nerves of steel: Who's ready to get tough on emissions?*, har CDP visat att stålföretagen behöver göra omfattande tekniska förändringar för att klara de klimatmål som fastställdes i Parisavtalet. Rapporten visar att utvecklingen har varit ojämn inom den globala stålindustrin som står för ca 7 procent av världens koldioxidutsläpp. I Kina produceras ungefär hälften av världens stål, men av landets 15 största stålproducenter är det bara en som öppet redovisar utsläppet av växthusgaser.

Enligt rapporten behöver stålindustrin minska utsläppen med ca 70 procent per ton producerat stål innan 2050 för att möta klimatmålen i Parisavtalet. Vidare står i rapporten att utvecklingen mot att realisera potentialen för kolavskiljning och lagring (CCS) har varit långsam. Inga CCS-pilotanläggningar pågår i stålindustrin och det finns

få tecken på framsteg inom den närmsta tiden. De senaste investeringsmeddelandena tyder på att flera stålproducenter idag ser mer potential för koldioxidinfångning och -utnyttjande (CCU) för ståltillverkning, även om det är oprövat hur mycket CCU kan minska utsläppen.

Under 2016 bildades svenska Hybrit som är ett joint venture-bolag och ägs av LKAB, SSAB och Vattenfall. Målet är att producera världens första fossilfria och malmbaserade stål från och med år 2035. I Luleå håller en pilotanläggning på att byggas som beräknas stå klar under 2020. Tillsammans med Energimyndigheten investerar bolagen 1,4 miljarder kronor i anläggningen. Principen är att utveckla processer för att producera stål med vätgas i stället för med kol (koks) i så kallad direktreduktion så att järnsvamp och vatten erhålls i stället för koldioxid (fig. 11).

Järnmalm (pellets) + vätgas -> järnsvamp + vatten

MER OM STÅLTILLVERKNING OCH TEKNIKUTVECKLING

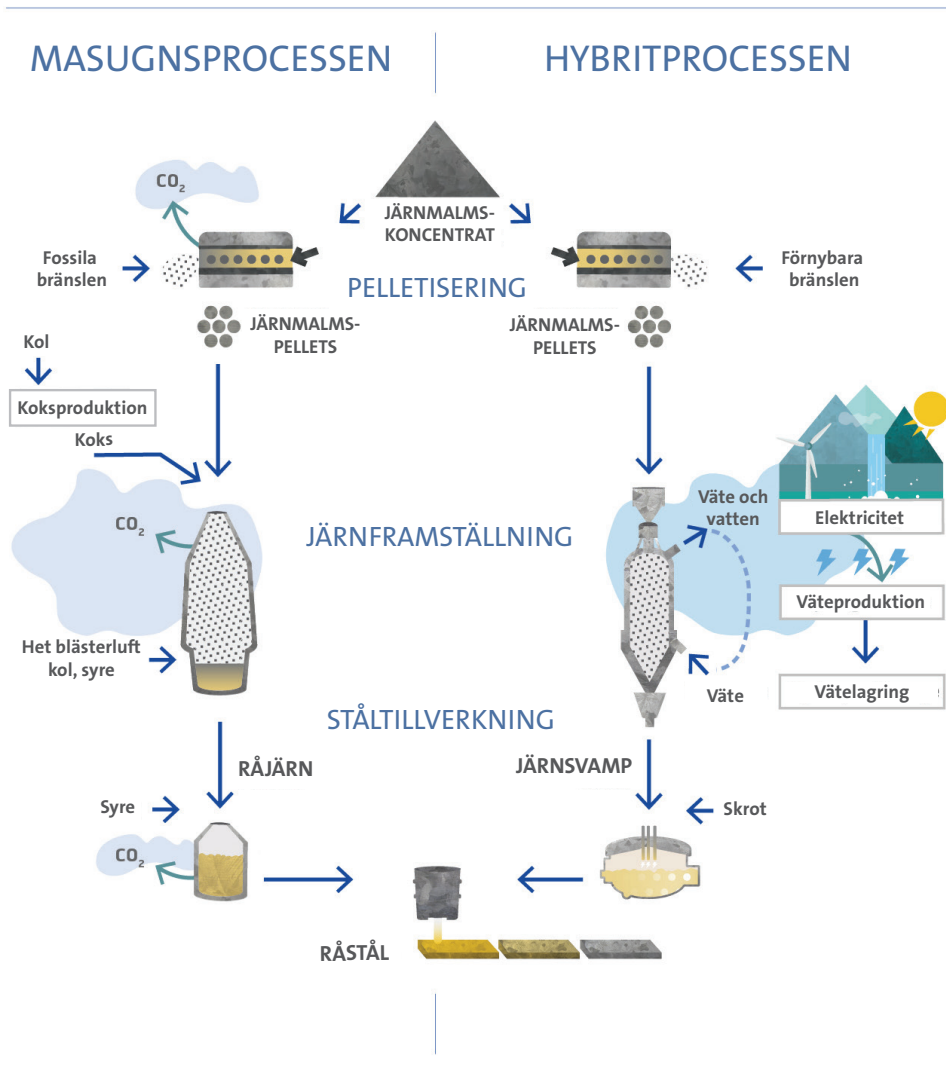
Fortsättning från sidan 22.

- **Kaldo:** Äldre syrgasprocess för färskning av tackjärn till stål. Påminner om LD-processen, men skiljer sig framför allt genom att ugnskroppen roterar. Utvecklades på 1950-talet av Bo Kalling vid Domnarvets Järnverk.
- **Lancashiresmide:** Äldre metod för framställning av välljärn. Metoden fördes in till Sverige från England på 1830-talet och var helt dominerande under andra hälften av 1800-talet. Metoden bidrog till att valsning kunde användas för järnets utformning i större utsträckning.
- **LD-konverter:** En reaktor eller behållare i vilken råjärn (flytande tackjärn) färskas till stål genom blåsning med syrgas. Värmen som då utvecklas används för att smälta skrot. LD-konvertern är den första egentliga syrgasstålprocessen. LD anses stå för Linz (österrikisk stålort) och Durrer (schweizisk stålforskare). Ofta härleds dock D till Donawitz, en annan österrikisk ort med stålindustri.
- **Martinprocessen:** Äldre metod för tillverkning av stål ur tackjärn och/eller skrot i gas- eller oljeeldade flamugnar, så kallade martinugnar. Den sista martinugnen i Sverige togs ur bruk 1981.
- **Osmundjärn:** Klumpar av smidbart järn, det vill säga stål med dagens terminologi, på cirka 300 gram.

Osmundjärn (osmundar) var den äldsta svenska järnhanteringens huvudprodukt och hade stor betydelse som exportvara. Vid 1600-talets början trängdes osmundjärnet ut av stångjärn.

- **Puddling:** Äldre metod för framställning av stål (välljärn, smidbart järn) ur tackjärn. Processen utvecklades vid slutet av 1700-talet och innebar bland annat att man använde stenkol i stället för träkol vid färskningen.
- **Thomasprocessen:** Variant av bessemerprocessen som tillät användning av tackjärn med upp till 2,5 procent fosfor (ett "gift" i stålsammanhang). Fosfor övergick i slaggen, som på grund av sina höga fosforhalter kunde användas som gödningsmedel (thomasfosfat). Thomasprocessen var i bruk i Sverige till början av 1970-talet.
- **Tysksmide:** Förhärskande metod för framställning av välljärn, före lancashiresmidet.
- **Välljärn:** Smidbart järn, det vill säga stål med modern terminologi, som framställdes i hårdar genom färskning av tackjärn med blästerluft vid hög temperatur. Det fanns flera olika välljärnsmetoder, dock i princip med likartade förfaranden; vallon-, tysk-, lancashiresmide med flera.

Källa: www.jernkontoret.se, www.primetals.com (Corex och Finex)



Figur 11. Jämförelse mellan masugnsprocessen och Hybritprocessen. Källa: Hybrit.
Comparison between the blast furnace process and the Hybrit process.

Det pågår forskning och utveckling inom en rad olika processteg inom ståltillverkningen, både nationellt och internationellt. Inom det strategiska innovationsprogrammet Metalliska Material som samlar Sveriges metallindustrier pågår ett flertal projekt om till exempel användning av biobaserad kolråvara (Probiostål), konvertering av bränsleeldade ugnar till eldrift (FlexVärmeStål) med mera. Andra forsknings- och utvecklingsområden är additiv tillverkning av stål, processtyrning, digitalisering och effektivare materialutnyttjande.



Block av bandad järnformation från Pilbararegionen i Australien. Foto: Copyright © 2018 Rio Tinto.

Banded iron formation from the Pilbara region, Australia.

Järn och stål i världen

Iron and steel in the world

TILLGÅNGAR AV JÄRNMALM I VÄRLDEN

De största reserverna av järnmalm finns i Australien. Enligt United States Geological Survey (2017) finns ungefär 52 miljarder ton av världens uppskattade 170 miljarder ton järnmalmreserver i Australien. Ungefär 90 procent av Australiens kända järnmalmstillgångar finns i västra Australien. Den största kallas för Yandi och förekommer i Pilbararegionen. Gruvan drivs av företaget BHP Billiton. Det är en klastisk sedimentär järnmalm av tertiär ålder, det vill säga en mycket yngre förekomst än någon av de svenska, och med ett annorlunda bildningssätt än såväl dessa som de stora bandade järnmalmformationerna i världen. Andra förekomster i Pilbararegionen och övriga Australien utgörs huvudsakligen av bandade järnformationer av prekambrisk ålder.

I Brasilien finns reserver som uppgår till 23 miljarder ton. Några av de största fyndigheterna ligger i delstaten Minas Gerais och är bandade järnformationer, huvudsakligen av typen itabirite. Vid Carajas i delstaten Pará i Norra Brasilien finns en av världens största järnmalmgruvor. Reserverna uppgår till 4,2 miljarder ton med en järnhalt på 65,6 procent (2016). Fyndigheten som utgörs av en arkeisk bandad järnformation rik på hematit upptäcktes 1967 och bryts av företaget Vale.

Ryssland har också ett antal stora järnmalmförekomster i ett område som bland geologer kallas "Kursk magnetiska anomali", nära gränsen till Ukraina. Området uppvisar en av världens största magnetiska anomalier. Då ryska metoder för att beräkna malmreserver skiljer sig från de konventioner som följs i väst

är det svårt att bedöma fyndigheternas storlek. Några av de viktigare förekomsterna bryts vid Mikhailovsky, Yakovlevsk och Lebedisky i området runt staden Kursk. Malmerna utgörs av bandade järnformationer. Ungefär 60 procent av Rysslands tillgångar förekommer i "Kursk magnetiska anomali" och ungefär 15 procent i Uralbergsområdet.

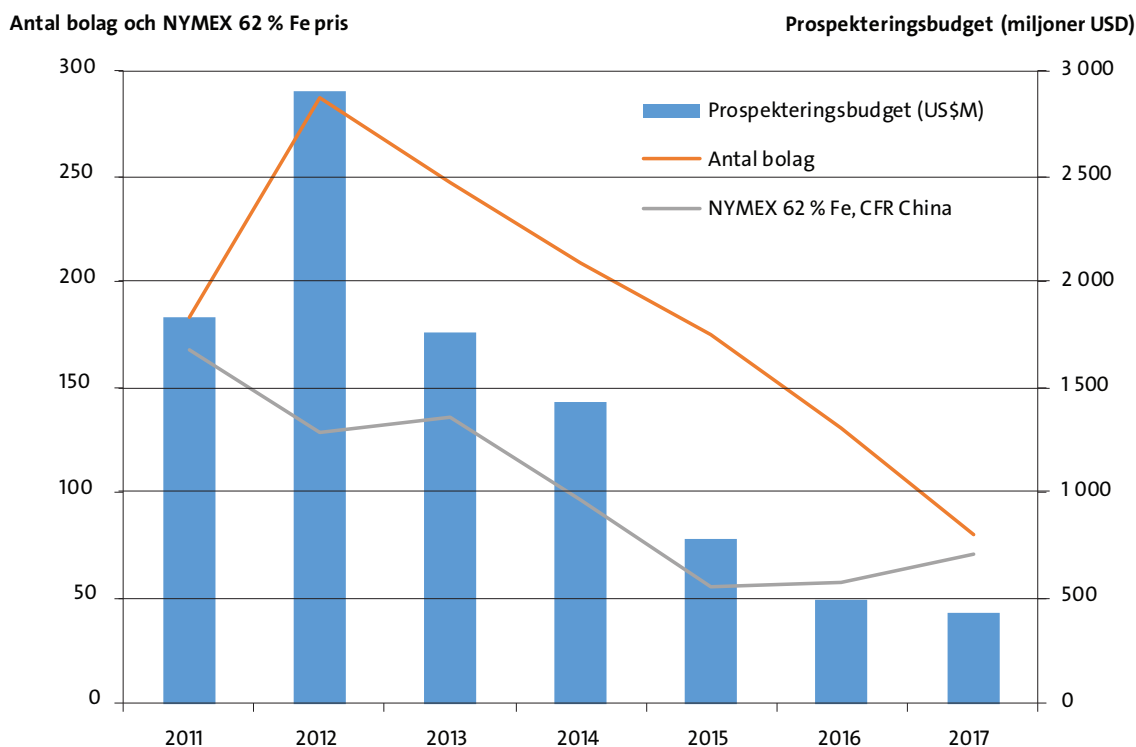
Mycket stora järntillgångar i form av bandade järnformationer finns också i Kanada. De flesta finns i Sokoman-formationen i "Labradorträget" som sträcker sig över västra Labrador och nordöstra Québec. Över 2 miljarder ton järnmalm har brutits i området. Ett par stora förekomster i området är Lac Otnuk och Sunny Lake. Vid Lac Otnuk finns en stor fyndighet av takonitisk bandad järnformation av Lake Superior-typ med en mineraltillgång på 27 miljarder ton och en järnhalt på 29,8 procent. Halten järn anses emellertid vara otillräcklig för gruvbrytning och fördelaktiga marknadsförhållanden inväntas. Vid Sunny Lake finns en

liknande förekomst med en mineraltillgång på 16 miljarder ton och 30 procent järn.

Den största kända tillgången i världen är Cerro el Mutún i östra Bolivia vid gränsen mot Brasilien med en tillgång på cirka 40 miljarder ton järnmineralisering med 50 procent järn. Det är en välbevarad bandad jaspilitisk järnformation där järnet förekommer i hematit, magnetit och siderit. Det statliga företaget Comibol äger fyndigheten som upptäcktes 1848. Brist på infrastruktur i denna del av Bolivia utgör en stor utmaning.

PROSPEKTERING EFTER JÄRNMALM I VÄRLDEN

Järnmalmprospekteringen i världen minskade mellan 2012 och 2017. Detta kan kopplas till en nedgång i järnmalmpriserna från 2012 till 2016, då priserna var lägre än på flera decennier (fig. 12). Den försiktighet som den långvariga nedgången gett upphov till hos företagen har dröjt sig kvar trots en återhämtning av järnmalmspri-



Figur 12. Prospekteringsbudget, antal företag och järnmalmpris per år i världen. Källa: S&P Global Market Intelligence.

Total exploration budget for iron ore, number of companies and the iron ore price per year in the world.

serna 2016 och 2017. Enligt S&P Global Market Intelligence hade 80 företag totalt budgeterat 433 miljoner USD för järnmalmprospektering 2017. Detta är en nedgång med 12 procent från 2016 då 131 företag budgeterade 492 miljoner USD för järnmalmprospektering. Räknat från 2012 är det en nedgång på 85 procent.

Australien har stått för nästan 50 procent av den globala budgeten för järnmalmprospekteringen sedan 2011. Brasilien ligger på andra plats där världens största järnmalmsbolag Vale står för 82 procent av Brasiliens totala budget för järnmalmprospektering på 57 miljoner USD. Indien har sedan 2016 övertagit tredje platsen från Kina.

Det företag som 2017 investerat mest inom järnmalmprospektering är BHP Billiton Group som avsatte 94 miljoner USD. Vale och Fortescue Metals Group (FMG) ligger på andra respektive tredje plats. Dessa tre bolag står 2017 för 42 procent av den totala budgeten för järnmalmprospekteringen i världen jämfört med 36 procent året innan. Prospekterings- och gruvbolag som inte har järnmalmgruvor skiftar fokus mot metaller som stigit mer i pris än järn och de stora företagen har i stor utsträckning begränsat prospekteringen av järnmalm till områden nära sina järnmalmgruvor.

VÄRLDENS JÄRNMALMSPRODUKTION

Enligt S&P Global Market Intelligence var världens samlade järnmalmproduktion drygt 2,1 miljarder ton under 2017. Två länder dominerar för närvarande järnmalmproduktionen: Australien med 40 procent och Brasilien med 20 procent av världsproduktionen (fig. 13). Järnmalmsbrytningen i dessa länder sker nästan uteslutande på bandade järnmalmer (eng. banded iron formation, BIF). I respektive land är det en handfull gruvor som står för huvuddelen av produktionen och dessa stora gruvor innehåller ett fåtal större gruvbolag: Vale S.A. i Brasilien samt Rio Tinto, BHP Billiton och FMG i Australien.

Även Kina, Indien och i viss mån Ryssland har stor produktion av järnmalm. Tillsammans stod de för 19 procent av världsproduktionen. I Kina och Indien sker produktionen från ett flertal mindre gruvor. Ingen av dessa har en andel av världsproduktionen som är större än 0,7 procent. Detta kan jämföras med Kirunagruvan i Sverige som ensam stod för ca 0,9 procent av världsproduktionen.

Kirunagruvan är den i särklass största järnmalmgruvan inom EU och den stora produktionen från Kiruna och Malmberget gör att Sverige intar elfte plats bland världens järnmalmproducerande länder med 1,3 procent av världsproduktionen. Kirunagruvan, och även gruvan i Malmberget, är unika såtillvida att järnmalmen bryts under jord och inte i dagbrott som övriga stora järnmalmgruvor runt om i världen. Att LKABs underjordsgruvor i Sverige ändå kan konkurrera på världsmarknaden beror på att järnmalmen därifrån är mycket rik på järn samt att mekanisering, effektivisering och automatisering har nått mycket långt i de svenska gruvorna.

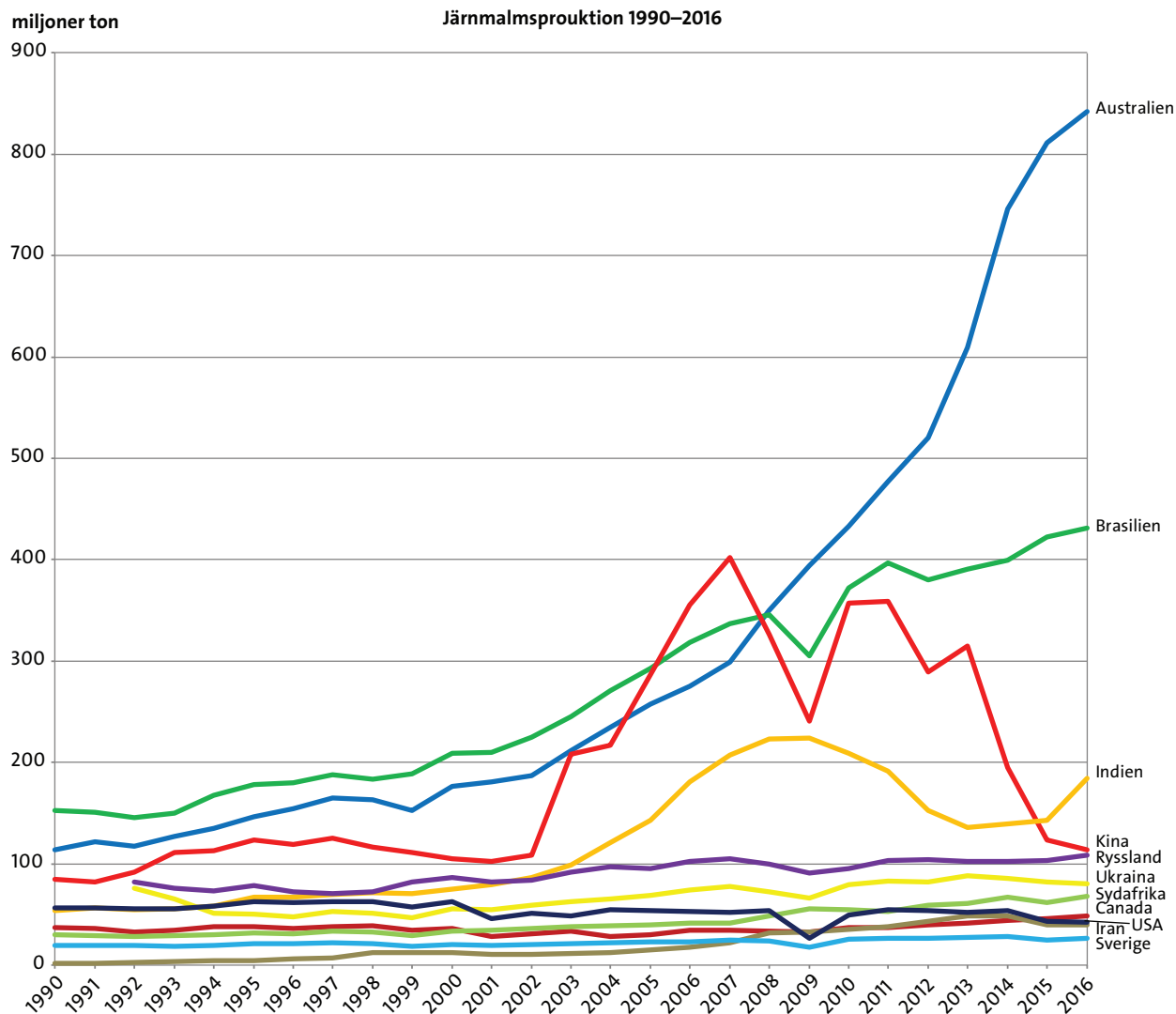
STÅLPRODUKTION I VÄRLDEN

Den globala produktionen av råstål under 2017 ökade med 5,4 procent till 1 691 miljoner ton enligt branschorganisationen World Steel Association. Den största råstålsproducenten, Kina, ökade med 5,7 procent till 832 miljoner ton. Kinas andel av världsproduktionen är nu 49,2 procent. En större ökning av produktionen skedde också i Indien med 6,2 procent till 101,4 miljoner ton. I Sydkorea ökade produktionen med 3,7 procent till 71 miljoner ton medan det i Japan skedde en mindre minskning till 105 miljoner ton.

Råstålsproduktionen i EU-28 ökade med 4,1 procent till 169 miljoner ton. I Nordamerika var produktionen 116 miljoner – 4,8 procent högre än 2016. I USA ökade produktionen med 4 procent till 82 miljoner ton stål.

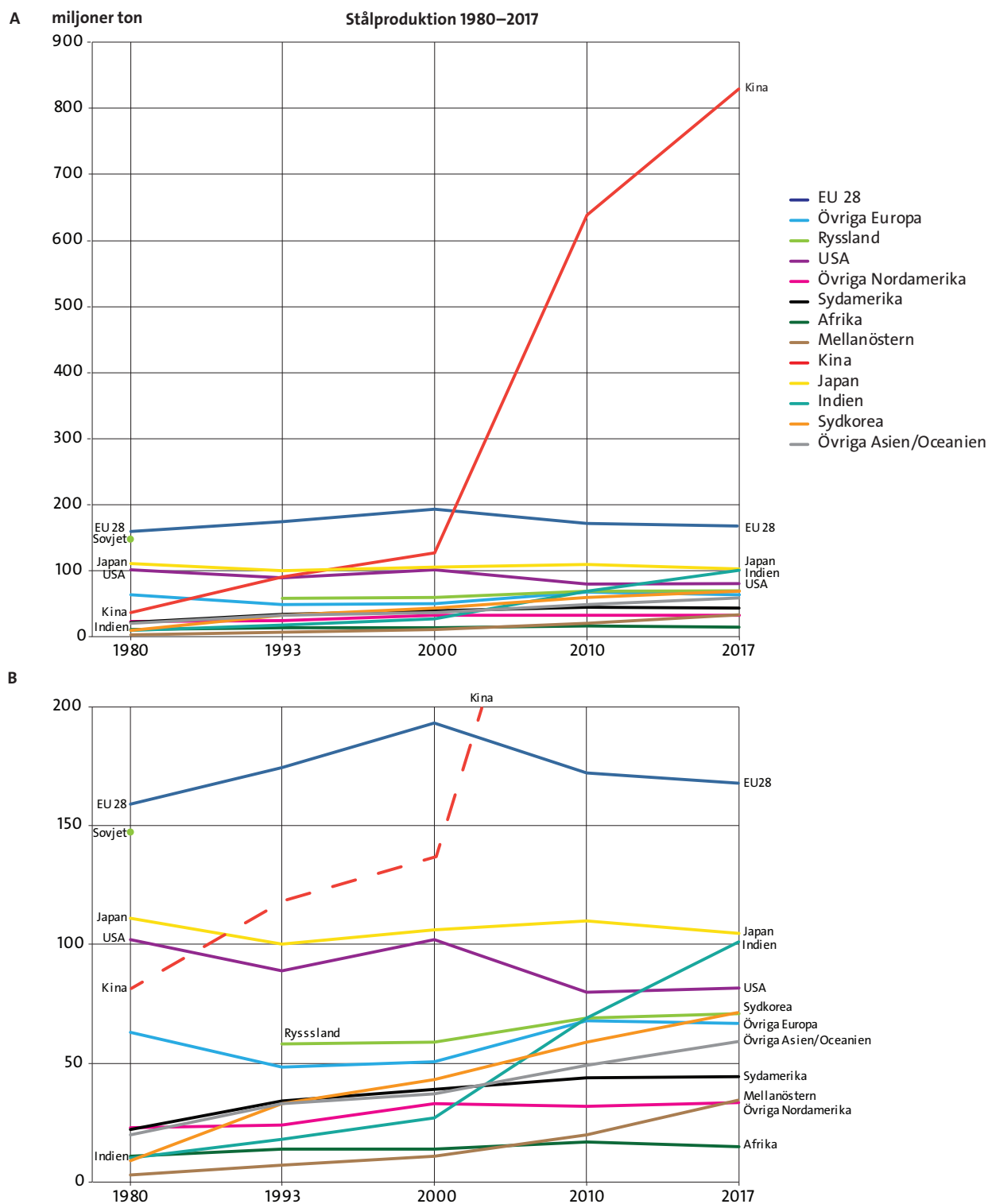
I Ryssland producerades 71 miljoner ton råstål under 2017, en uppgång med 1,3 procent jämfört med 2016. I Mellanöstern (Förenade Arabemiraten, Iran, Saudiarabien och Qatar) var stålproduktionen oförändrad med 32 miljoner ton.

I figur 14 visas stålproduktionens utveckling från 1980 och fram till 2017. Från år 2000 och framåt kommer det mesta av stålproduktionen från Kina. Ökningen mellan 2000 och 2017 är hela 480 procent eller 4,8 gånger. Även Indien har ökat sin produktion, med 300 procent, under samma period. Produktionsökningar har också skett i Sydkorea, Mellanöstern och Övriga Asien/Oceanien. Minsknings av stålproduktion har främst inträffat i äldre industrialiserade länder som USA, EU och Japan. Störst har nedgången sedan år 2000 varit i USA (-20 procent) och EU (-13 procent).



Figur 13. Produktion av järnmalm från de största järnmalmproducerande länderna 1990–2016. Australien ökade sin järnmalmproduktion med 180 procent efter 2007. Under samma period har Kina minskat sin produktion med 75 procent. Källa: Unctad, unctadstat.unctad.org.

Production of iron ore from the largest iron ore producing countries during 1990–2016. Australia increased its iron ore production with 180 percent after 2007. Meanwhile, China decreased its production by 75 percent.



Figur 14. A. Stålproduktion i världen 1980–2017. Källa: World Steel Association. **B.** Detaljbild av samma figur som i A.

A. Steel production in the world 1980–2017. B. Detail from A.

LEDANDE PRODUCENTER AV JÄRNMALM OCH STÅL

Tabell 2. De åtta största stålproducerande företagen i världen svarar för ca 25 procent av världens stålproduktion. Fyra av dem finns i Kina och ytterligare tre i Ostasien. Inget bolag är traditionellt västeuropeiskt. Källa: World Steel Association.

The eight largest steel producing companies in the world.

Största stålproducenter	Miljoner ton	Huvudkontor	Största ägare
1. ArcelorMittal	97,0	Luxemburg	Indien
2. China Baowu Group	65,4	Kina	Kina
3. NSSMC Group	47,4	Japan	Japan
4. HBIS Group	45,6	Kina	Kina
5. POSCO	42,2	Sydkorea	Sydkorea
6. Shagang Group	38,4	Kina	Kina
7. Ansteel Group	35,8	Kina	Kina
8. JFE Steel	30,2	Japan	Japan
Totalt	401,8		
Hela världen	1688,2		
Andel av världsproduktionen	24 %		



Figur 15. De 40 största järnmalmegruvorna i världen. Källa: S&P Global Market Intelligence.

The 40 largest iron ore mines in the world.

Järn och stål i Sverige

Iron and steel in Sweden

TILLGÅNGAR AV JÄRNMALM I SVERIGE

De största kända järnmalmstillgångarna i Sverige finns i Norrbotten där samtliga av Sveriges idag aktiva järnmalmshuggruvor förekommer. Det statliga gruvföretaget LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara AB) bryter malm i Kiruna, Malmberget och vid Leveäniemi i Svappavaaraområdet. Malmen i Kiruna är en apatitförande magnetitjärnmalm som bryts i världens största underjordsgruva för järnmalm. Malmkroppen är en lutande skiva som är ungefär 80 meter bred, fyra kilometer lång och sträcker sig minst två kilometer under jord. Sidobergarterna utgörs huvudsakligen av vulkaniska bergarter. Brytning sker 2017 huvudsakligen på 1 365 meters djup. Den bevisade malmreserven uppgår till 620 miljoner ton med 46,2 procent järn.

Även i Malmberget i Gällivare kommun sker brytning under jord. Ett 20-tal malmkroppar finns varav ett 10-tal bryts i dag. I östra delen bryts uteslutande magnetit och i västra delen huvudsakligen magnetit med en mindre andel hematit. Huvudnivån ligger på 1 250 meters djup. I Malmberget är den bevisade malmreserven 335 miljoner ton med 42,6 procent järn (2016). LKAB har även järnmalmshuggruvor i Gruvberget, Mertainen

och Leveäniemi i Svappavaaraområdet. Gruvberget och Mertainen bröts under 1950-talet. I Gruvberget återupptogs brytningen år 2013 men stängdes i slutet av 2018. Produktionskapaciteten flyttas då över till Leveäniemi där LKAB bröt järnmalm under åren 1964 till 1982. Brytning påbörjades igen 2016 och den bevisade malmreserven uppgår till 93 miljoner ton med 47 procent järn. Malmen som bryts i dagbrott består i huvudsak av massiv magnetit och malmbreccia i omgivande bergarter. Magnetiten är ställvis omvandlad till hematit. Enligt ett beslut som fattades 2010 skulle även järnmalmen i Mertainen brytas, men den efterkommande nedgången i marknaden ledde till att projektet lades i malpåse i väntan på bättre marknadsförutsättningar.

Vid Kaunisvaara i Pajala kommun påbörjades brytning av järnmalm 2012. Brytningen avbröts 2014 efter att gruvföretaget Northland Resources begärdes i konkurs. Ny ägare är företaget Kaunis Iron AB som återupptog brytning av Tapuligruvan i juli 2018. De brytvärda förekomsterna vid Kaunisvaara utgörs av tre från varandra skilda malmkroppar, Tapulivuoma, Stora Sahavaara och Södra Sahavaara. Fyndigheterna som ligger i en sedimentär formation har betraktats som skarnmineraliseringar



LKABs järnmalmshuggruva i Kiruna. Foto: Fredric Alm/Alm & ME.

The iron ore mine in Kiruna, owned by the Swedish company LKAB.



Svappavaara samhälle med företaget LKABs gruvor Leveäniemi och Gruvberget. Foto: Fredric Alm/Alm & ME.

LKAB's mines Leveäniemi and Gruvberget together with the Svappavaara community.

och malmineralet utgörs av magnetit som förekommer tillsammans med mineralet serpentin. Magnetiten har en för dessa fyndigheter karakteristiskt hög magnesiumhalt.

Vid Kallak i Jokkmokks kommun finns ett antal bandade kvartsrika järnmineraliseringar. Två av dessa, Kallak norra och Kallak södra, har undersökts av företaget Jokkmokk Iron Mines som sedan 2010 utfört borrhningar, mineraltillgångsberäkningar och provbrytning. En indikerad mineraltillgång på 118,5 miljoner ton på 27,5 procent järn beräknades. Företaget ansökte om bearbetningskoncession i april 2013. Ärendet har dragit ut på tiden då ett antal statliga myndigheter har synpunkter som måste beaktas. Ärendet ligger för närvarande hos Regeringen för avgörande.

I Ludvika bergslag har företaget Nordic Iron Ore flera bearbetningskoncessioner i ett område som sträcker sig cirka 25 kilometer från Blötberget i söder till Håksberg i norr. De historiska gruvorna Blötberget och Håksberg har brutits på järn i omgångar från 1600-talet fram till 1979 då båda gruvorna stängdes. Den kända och indikerade mineraltillgången för Blötbergssprojektet är 55,1 miljoner ton med 40,7 procent järn och 0,5 procent fosfor (2017). Fyndigheten i Blötberget är mycket lik apatitjärnmalmerna i Kiruna och Malmberget. I Håksberg är fyndigheten däremot kvarts- och

skarnbandad samt fosforfattig. Malmineralen utgörs av både magnetit och hematit.

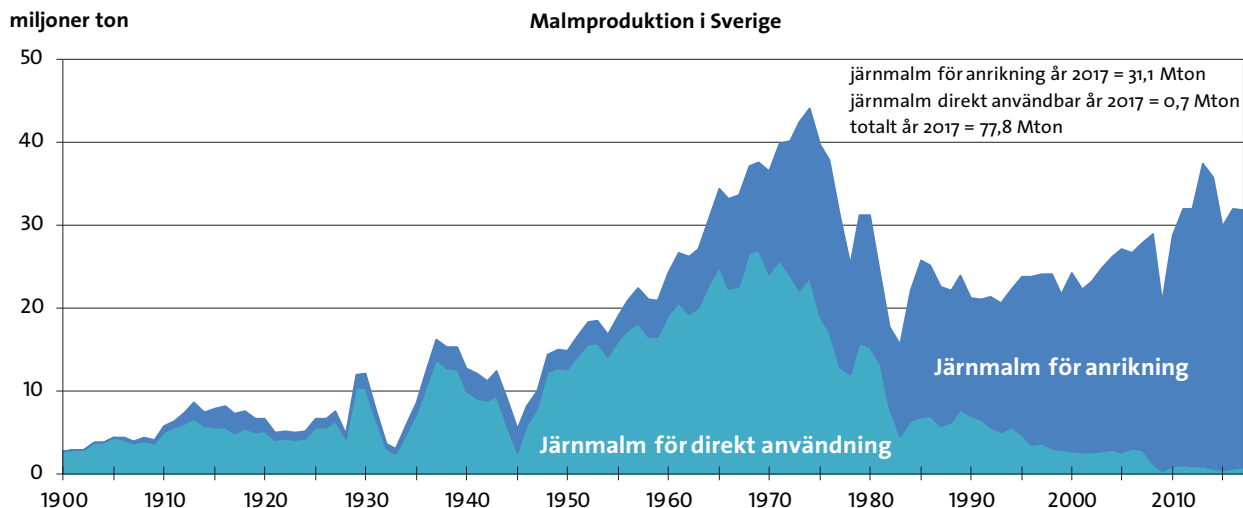
I Grängesberg sex kilometer sydväst om Blötberget finns vad som var Sveriges tredje största järnmalmsgruva fram till nedläggningen 1990. Företaget Grängesberg Iron har sedan 2013 en bearbetningskoncession över området. En beräkning av kvarstående historiska mineraltillgångar gjordes 2014 och gav 115,2 miljoner ton indikerad mineraltillgång med 40,2 procent järn och 0,78 procent fosfor. I Grängesberg finns apatitjärnmalm liknande den som finns i Blötberget.

PROSPEKTERING I SVERIGE

I Sverige finns enligt Bergsstaten för närvarande ca 50 gällande undersökningstillstånd enligt minerallagen där järn anges i första eller andra hand (oktober 2018). Det statliga gruvbolaget LKAB fokuserar sin prospektering till gruvnära områden omkring sina aktiva järnmalmsgruvor. Det finns dock även andra aktörer som prospekterar efter järnmalm i Sverige (se kapitel *Tillgångar av järnmalm i Sverige*).

SVERIGES JÄRNMALMSPRODUKTION

De senaste åren har järnmalmsproduktionen präglats av stora prisrörelser på järnmalm (fig. 16). Efter finans-



Figur 16. Malmproduktion i Sverige 1900–2017. År 2017 var mängden järnmalm för direkt användning 0,7 Mton och mängden järnmalm för anrikning 31,1 Mton. Källa: Bergverksstatistik 2017, SGU.

Ore production in Sweden 1900–2017.

krisen 2008 steg järnmalmpriserna och nådde en topp 2011 med nästan 200 USD/ton för priserna på fines, finkornig malm som är direkt användbar efter sortering. De ökande järnmalmpriserna gjorde att intresset för svenska järnmalmsfyndigheter ökade. År 2011 återöppnade Dannemora gruva och dessutom startade en helt ny gruva år 2012 i Tapuli (Kaunisvaara) i Pajala kommun. Dessutom började LKAB öka produktionen genom tre nya dagbrott: Gruvberget (2010), Leveäniemi (2015) och Mertainen (2015).

Efter 2012 då priset på fines stod i 140 USD/ton sjönk priserna under de kommande två åren för att 2016 ligga på 40 USD/ton. Prisnedgången skapade stora problem för de svenska gruvorna och både Dannemora och Tapuli stängdes efter konkurs för bolagen Dannemora Mineral respektive Northlands Resources. LKABs projekt i Mertainen lades också i malpåse. Efter 2016 har priserna stigit och under hösten 2018 låg de på ca 70 USD/ton. Tapuligruvan i Pajala återstartade sommaren 2018 med den nya ägaren Kaunis Iron AB.

Produktionen av järnmalmsprodukter vid LKABs järnmalmsgruvor i Malmberget, Kiruna, Gruvberget, och Leveäniemi (de två sistnämnda i Svappavaara) i Norrbotten uppgick till 27,2 miljoner ton under 2017 (26,9 miljoner ton år 2016). Totalt levererade

LKAB 27,6 miljoner ton järnmalmsprodukter under 2017, varav 83 procent utgjordes av pellets. Det var en ökning jämfört med 2016 då leveransen var 27,0 miljoner ton, varav 84 procent utgjordes av pellets. Den totala leveransen av pelletsprodukter låg på 22,9 miljoner ton 2017.

SVERIGES STÅLPRODUKTION

I Sverige producerades det 4,9 miljoner ton råstål 2017 vilket var en ökning med 2,3 procent jämfört med 2016 (tabell 3). Under 2018 producerades 4,7 miljoner ton råstål vilket är en minskning med 4 procent jämfört med 2017 (tabell 3, fig. 17). De två viktigaste råvarorna vid tillverkning av stål är järnmalm och skrot. Omkring två tredjedelar av den totala råstålsproduktionen är malmbaserad.

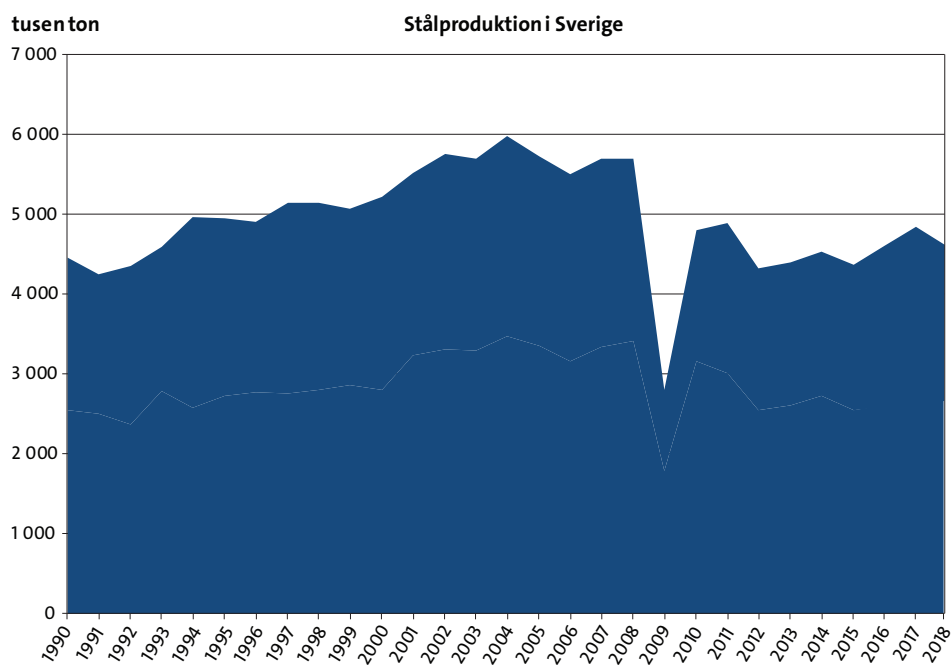
För att bibehålla sina positioner på den globala marknaden har svenska stålföretag riktat in produktionen på mer avancerade stålqualiteter. Det har inneburit att andelen legerade stål – som även omfattar de rostfria stålerna – ständigt har ökat (fig. 18). Idag utgörs omkring 60 procent av produktionen av legerade stål. I övriga världen är andelen av producerat legerat stål betydligt lägre, omkring 10–15 procent i övriga EU samt USA och Japan och ännu lägre i resterande delar av världen.

Tabell 3. Råstålsproduktion i Sverige, tusen ton/månad. Källa: Jernkontoret.

Crude steel production in Sweden, thousand tonnes/month.

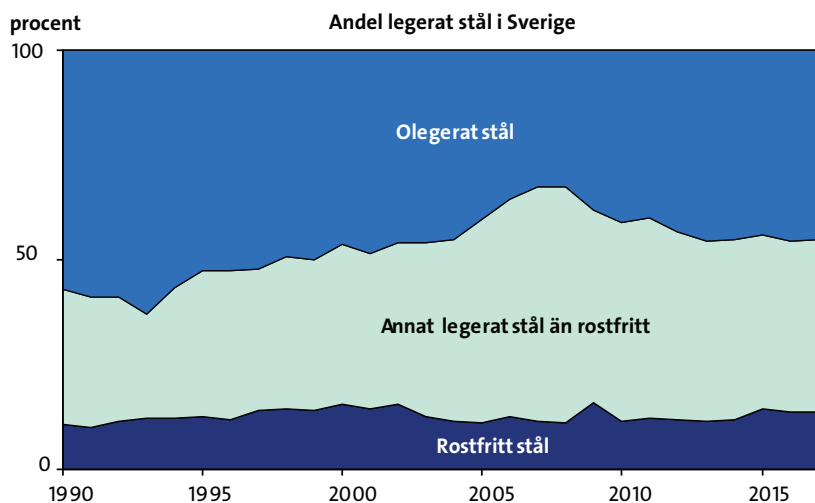
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018/2017 %
jan	369,6	386,1	442,3	395,1	447,1	461,0	3,1
feb	337,0	366,0	424,8	400,1	393,5	357,6	-9,1
mar	390,3	429,9	481,2	408,5	447,3	433,2	-3,1
apr	399,2	420,6	465,2	431,1	445,1	452,9	1,8
maj	403,7	409,8	475,4	433,8	393,8	447,6	13,7
jun	369,5	412,7	288,4	422,2	388,0	397,6	2,5
jul	281,2	232,7	180,4	337,1	352,8	349,3	-1,0
aug	316,6	305,7	239,6	387,9	301,8	344,8	14,3
sep	368,0	392,3	381,4	423,0	441,2	280,1	-36,5
okt	401,6	394,0	451,6	377,3	461,9	394,0	-14,7
nov	404,1	404,9	376,7	386,8	436,1	333,4	-23,6
dec	351,2	379,2	350,2	413,9	417,9	402,2	-3,8
kv 1	1 096,8	1 182,0	1 348,3	1 203,7	1 287,8	1 251,8	-2,8
kv 2	1 172,5	1 243,0	1 229,0	1 287,1	1 226,9	1 298,1	5,8
kv 3	965,8	930,7	801,3	1 148,0	1 095,8	974,2	-11,1
kv 4	1 156,9	1 178,0	1 178,5	1 178,0	1 316,0	1 129,6	-14,2
helår	4 391,9	4 533,8	4 557,1	4 816,8	4 926,5	4 653,7	-5,5

Fotnot: Höganäs Halmstad ingår i statistiken från och med januari 2015.



Figur 17. Svensk stålproduktion 1990–2016. Källa: Jernkontoret.

Steel production in Sweden.



Figur 18. Andel legerat stål i Sverige. Källa: Jernkontoret.

Proportion of alloy steel in Sweden.

VÄRLDSLEDANDE SVENSKA FÖRETAG

Svenska stålföretag som är världsledande inom sina respektive områden:

Rostfritt stål

- Sandvik – störst på sömlösa rör.
- Outokumpu Stainless Tubular Products – en av de största på svetsade rör för processindustrin.
- Outokumpu Stainless – ledande på rostfri plåt och höglegerade specialstål.
- Fagersta Stainless – bland de ledande specialisterna på valstråd i Europa.
- Carpenter Powder Products – störst på pulverstål.

Verktägsstål

- Uddeholm – störst.

Snabbstål

- Erasteel Kloster – störst.

Kullagerstål

- Ovako – störst

Handelsstål

- SSAB – ledande på extra höghållfasta stål och störst på slitstål

Järnlegeringar för motståndsvärmning

- Sandvik Heating Technology (Kanthal) – störst

Järnpulver

- Höganäs – störst

Med stålindustrin närbesläktade företag:

Ventilfjädrertråd

- Suzuki Garphyttan – störst

Kätting (grov)

- Ramnäs – störst

Källa: Jernkontoret

VÄRLDSLEDANDE STÅLPRODUCENTER I SVERIGE

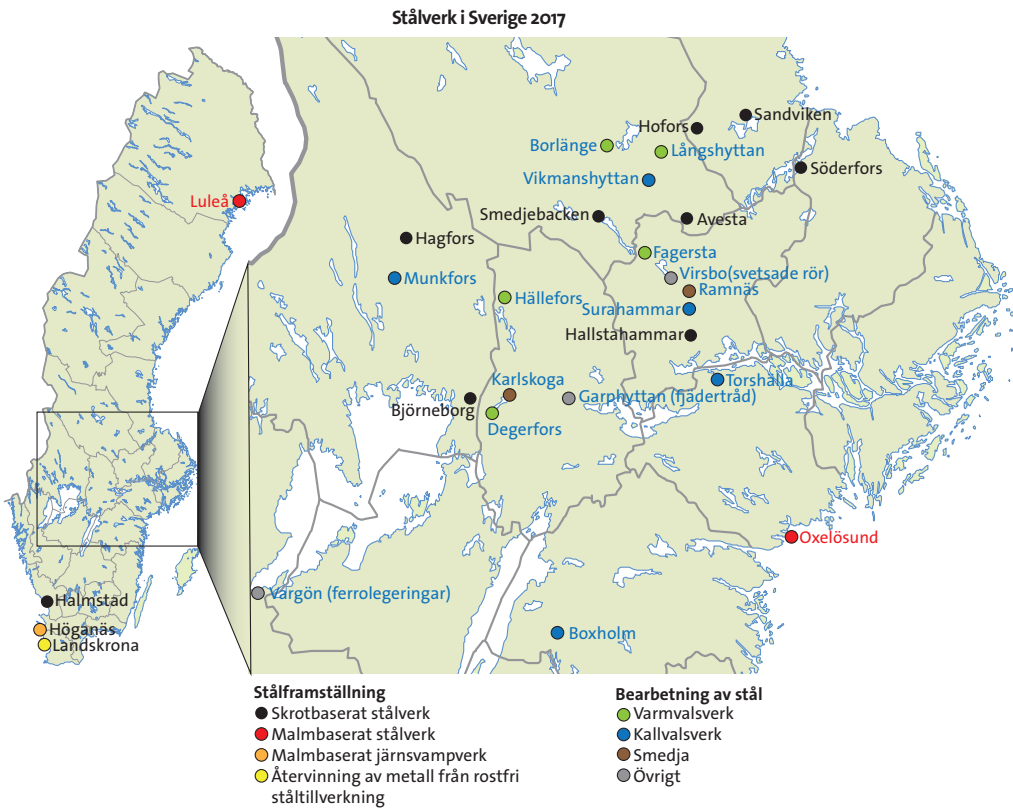
Stål (råstål och stålpulver) framställs vid tretton anläggningar i Sverige (tabell 4 och fig. 19). Vid tio av dessa är produktionen skrotbaserad och två producerar malmbaserat stål. Dessutom framställs järnpulver vid en anläggning.

Utöver de produktionsanläggningar som finns upptagna i tabell 4 finns sexton bearbetningsanläggningar med till exempel valsverk, trådtrageri eller rörverk.

Många svenska stålföretag är världsledande inom sina respektive områden. Se faktaruta *Världsledande svenska företag*.

Tabell 4. Anläggningar för produktion av stål i Sverige. Källa: Jernkontoret
Facilities for production of steel in Sweden.

Produktionsställe	Ägare	Malmbaserat stål	Skrotbaserat stål	Järnpulver
Luleå	SSAB AB	x		
Oxelösund	SSAB AB	x		
Halmstad	Höganäs AB		x	
Hagfors	Uddeholms AB		x	
Hallstahammar	AB Sandvik Heating Technology		x	
Björneborg	Scana Steel Björneborg AB		x	
Sandviken	AB Sandvik Materials Technology		x	
Smedjebacken	Ovako Bar AB		x	
Hofors	Ovako Hofors AB		x	
Avesta	Outokumpu Stainless AB		x	
Söderfors	Erasteel Kloster AB		x	
Torshälla	Carpenter Powder Products AB		x	
Höganäs	Höganäs AB			x



Figur 19. Stålverk i Sverige år 2017. Källa: Jernkontoret.
Steel production facilities in Sweden 2017.

Återvinning

Recycling

Människan insåg tidigt att uttjänta metallvaror enkelt gick att återvinna ett oändligt antal gånger. Det var redan från början ett bra sätt att spara på pengar och energi. Återvinning, som i huvudsak innebär omsmältning, började redan för ca 10 000 år sedan. Då hade människan lärt sig att kontrollera och använda eld för smältning och omsmältning av metaller.

Stål är det i särklass mest återvunna materialet i världen. Den totala råstålsproduktionen under 2016 uppgick till 1,6 miljarder ton, varav över 560 miljoner ton gjordes från sekundära råvaror (se figur 14, avsnitt *Stålproduktion i världen*). Förutom spill i industrin är de vanligaste återvunna produkterna behållare, fordon, apparater, industrimaskiner och byggmaterial. Användningen av metallskrot har blivit en integrerad del av den moderna stålindustrin, vilket förbättrar branschens lönsamhet och minskar miljöpåverkan. Jämfört med metallproduktionen från malm innebär användningen av stålskrot mindre koldioxidutsläpp, energi- och vattenförbrukning samt luftföroreningar.

Eftersom järn inte är lika oxiderande som legeringsmetallerna och eftersom det förekommer föroreningar som stålskrot, är det en fördel att skrot som inte kan kategoriseras som rostfritt renas helt i omsmältningsprocessen. Ett rent järn är lättare att hantera för att tillverka stål med bra egenskaper. Exempelvis ger en allt för hög andel koppar i stålet en sämre kvalitet, vilket innebär att det är viktigt att kontrollera kopparhalten.

ÅTERVINNINGSPROCESSERNA

I allmänhet är metallåtervinning en pyramidformad bransch med många små företag i botten som samlar in skrotet och ett fåtal stora företag i toppen som driver den industriella verksamheten. Skrotet delas in i tre grupper beroende på ursprung:

- **Internt skrot (home scrap)** uppstår redan i stålverket vid tillverkningen och återgår direkt till produktionen. En fördel med detta skrot är att sammansättningen är känd.

- **Verkstadsskrot (new scrap)** uppstår vid bearbetning av stål, till exempel i verkstäder eller inom byggnadsindustrin.
- **Insamlingsskrot (old scrap)** är uttjänta stålprodukter som tagits tillvara.

Processen från stål till återvinning går över flera steg, vilka visas i figur 20. Det första stålskrotet, internt skrot (home scrap), uppstår som spill i stålverket vid både tillverkning av råstål och handelsfärdigt stål. 2016 var det ca 23 procent av allt världens skrot. Det interna skrotet återvinns inom några månader.

Det handelsfärdiga stålet säljs vidare till verkstadsindustrin som tillverkar olika typer av varor baserade på stål. Från verkstadsindustrin sker spill av stål som säljs tillbaka till stålverken. År 2016 var andelen verkstadsskrot (new scrap) 25 procent av allt skrot. Inom ett år har verkstadsskrotet återvunnits.

De färdiga produkterna från verkstadsindustrin har en hållbarhetstid på allt från 1 år för förpackningar till minst 80 år för stål i byggnader. Av det material som är möjligt att återvinna, återvinns mellan 70 och 90 procent. Därutöver finns skrot som inte är möjligt att återvinna på grund av att det rostat bort eller är oåtkomligt av andra anledningar. Insamlingsskrotet (old scrap) och var 2016 ca 42 procent av allt stålskrot och 64 procent av allt insamlat skrot.

När skrotet har samlats in forslas det till närmaste återvinningsanläggning. Först kontrolleras skrotråvaran, därefter bearbetas den i flera processer till en slutprodukt som blir råvara till stålindustrin. Vissa komplexa produkter, som till exempel bilar, passerar genom fler processer som fragmenteringsanläggningar.

Stålåtervinning består av några eller samtliga av följande steg: sortering, fragmentering, finsortering, sammanpressning och smältning.

Skrotet kontrolleras, sorteras och klassificeras

När skrotet anländer till återvinningsanläggningen görs en mottagningskontroll. Främmande material och farligt avfall sorteras ut, exempelvis får eventuella oljee-

Icke-magnetiska metaller går vidare till en flota-tionsanläggning som separerar magnesium, aluminium, koppar, mässing, zink och rostfritt stål. Den lilla mängd skrotråvara som inte kan återvinnas går till energiutvinning eller deponi.

De flesta speciallegeringar är mycket lika till utseendet. För att separera dessa används en mer sofistikerad identifiering, inklusive röntgenspektrometri. Återvinning av rostfritt stål genomgår en liknande process och följer i stort sett samma arbetsmoment som för vanlig stålåtervinning.

Sammanpressning

Det färdigsorterade stålskrotet pressas samman i stora balar och block för att underlätta hantering och transport. Metallspånor pressas ihop till 12 kg tunga bricketter. Skrotet är färdigt att användas som råvara och skickas till smältverk eller gjuterier där det smälts ned och blir nya produkter.

Smältning

Det återvunna materialet smälts samman i en ugn. Vilken process som används bestäms av vilken grad av renhet som krävs av det framtida användningsområdet för den sekundära råvaran. Produkter som är tillverkade av återvunnet stål inkluderar

- byggmaterial för vägar, järnvägar, infrastruktur och byggnader
- elektriska apparater
- burkar och behållare
- bilar och andra fordon
- kontorsmaterial.

ÅTERVINNING I SVERIGE OCH VÄRLDEN

Återvinningsgraden av stål i världen ligger mellan 70 och 90 procent (EOL/RR). Det definieras av hur mycket av den möjliga återvinningsbara mängden järn- och stål som i realiteten återvinns. Utöver detta finns det järn och stål som rostas bort eller på annat sätt inte är möjligt att återvinna, till exempel att det är tekniskt komplicerat eller att kostnaden är för hög. Utvecklingen går mot att allt mer material återvinns. På senare tid har exempelvis återvinningen av armeringsjärn och annat järn och stål från rivningar av byggnader blivit allt mer effektiv.

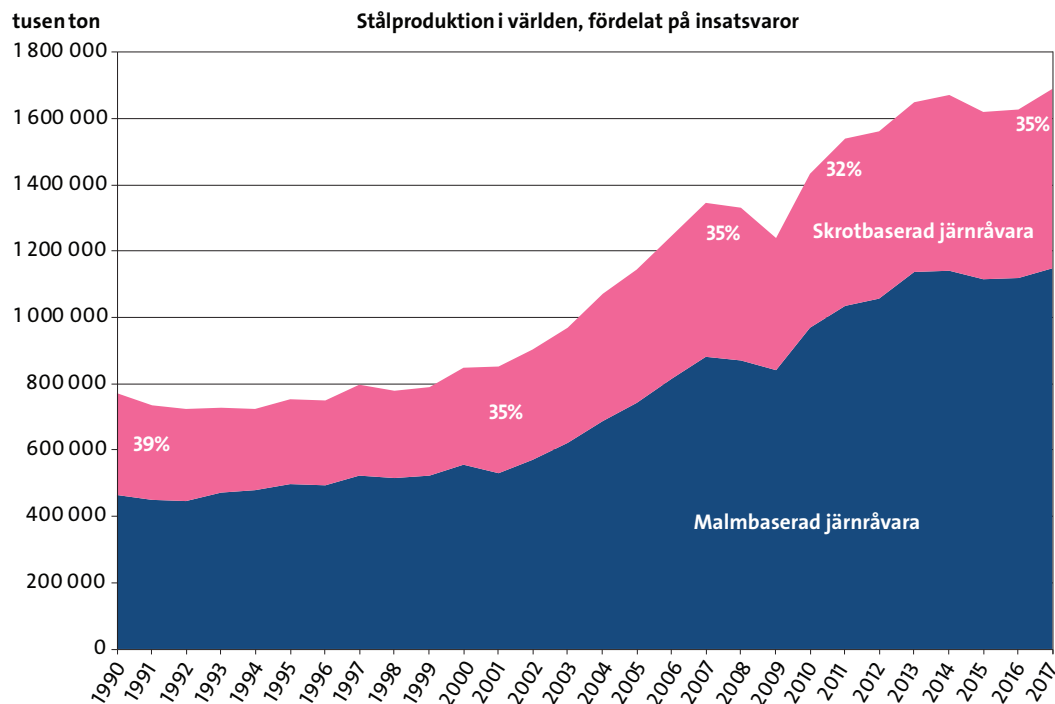
ÅTERVINNINGSAKTA

- Omkring 35 procent av världens stålproduktion är tillverkad av skrot.
- Återvinning av ett ton stål sparar 1,4 ton järnmalm, 800 kilo kol och 55 kilo kalksten.
- CO₂-utsläppen reduceras med 58 procent genom användning av järnskrot.
- Återvinning av ett ton stål sparar 642 kWh energi, 1,8 fat (287 liter) olja, och 2,3 kubikmeter deponiutrymme.
- Återvinning av stål använder 75 procent mindre energi jämfört med att tillverka stål från järnmalm.
- En bil innehåller minst 25 procent återvunnet stål och en typisk elektrisk apparat är oftast tillverkad av 75 procent återvunnet stål. Stålburkar består av minst 25 procent återvunnet stål.

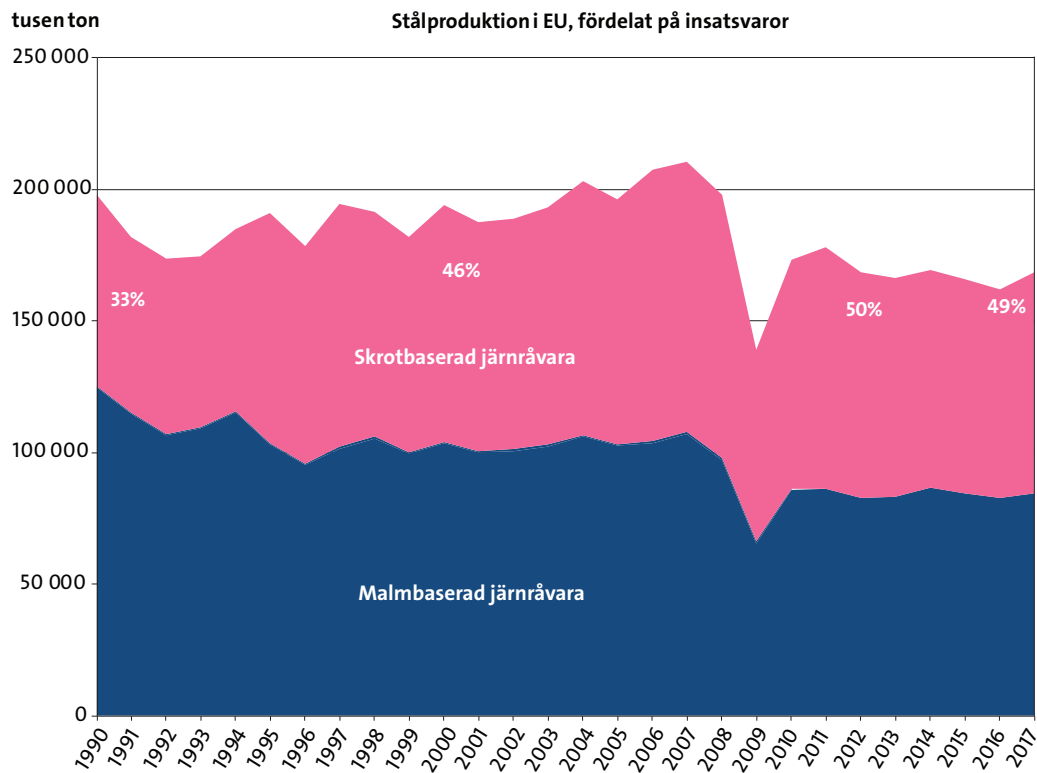
Källa: World Steel Association

Figurerna 21 till 25 visar stålproduktionen och fördelningen mellan malmbaserad råvara och skrotbaserad råvara. För världen som helhet utgjorde 2017 den skrotbaserade råvaran 35 procent, sedan 1991 en minskning från 39 procent. Förändringen beror på att sedan 2000-talets början har det skett en expansion av metallbaserad varuproduktion i världen och främst i Kina. Det är också stora skillnader mellan olika delar av världen. I länder med långvarig industriell verksamhet tenderar andelen skrotråvarubaserad råvara vara hög medan den malmbaserade råvaran utgör den största delen i sent industrialiserade länder med hög tillväxt. I USA är det över 70 procent skrotbaserad råvara, i EU 49 procent och i Sverige 41 procent. Sverige har EUs största järnmalmsproduktion.

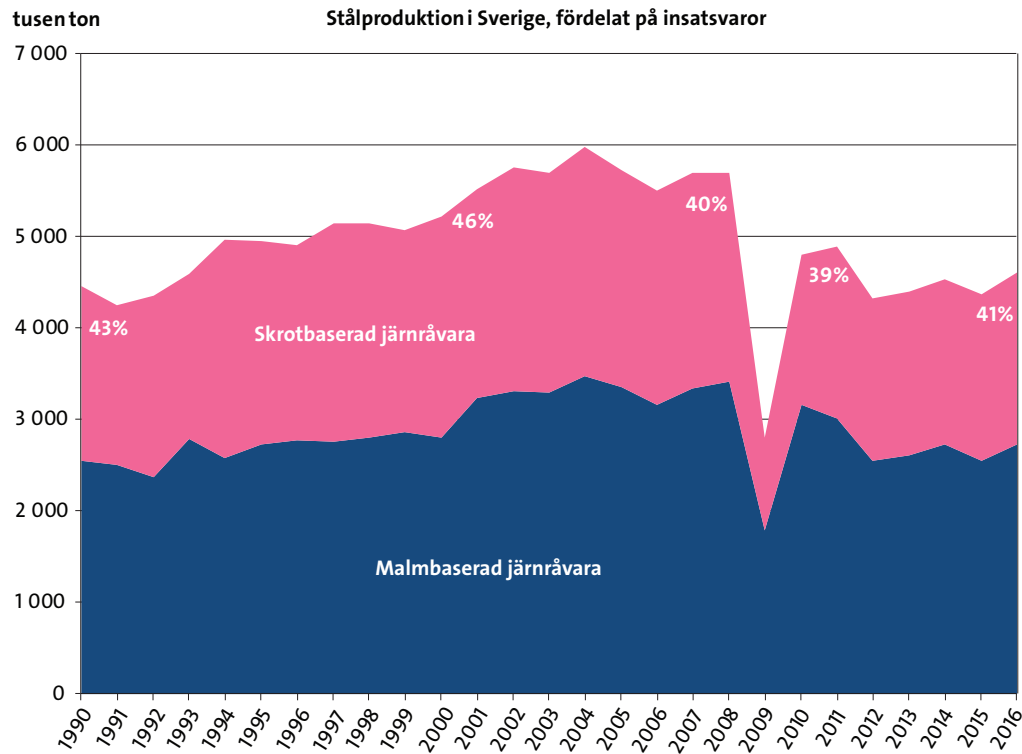
I Kina utgör den skrotbaserade råvaran endast 11 procent. Kina som är världens största exportör av stål och med en expansiv ekonomi har sedan 1990 haft en tillväxt med minst 7 procent per år. Under många perioder har tillväxten varit över 10 procent. Den skrotbaserade råvaran räcker inte på långa vägar till. I USA, där stålproduktionen har minskat med 20 procent efter 2008, blir det naturligt att den skrotbaserade råvaran ökar i andel. Finanskrisen 2009 påverkade också fördelningen mellan skrotbaserat och malmbaserat i USA, från 64 procent skrotbaserat till 70 procent skrotbaserat.



Figur 21. Stålproduktionen i världen, insatsvaror. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018. Steel production in the world.

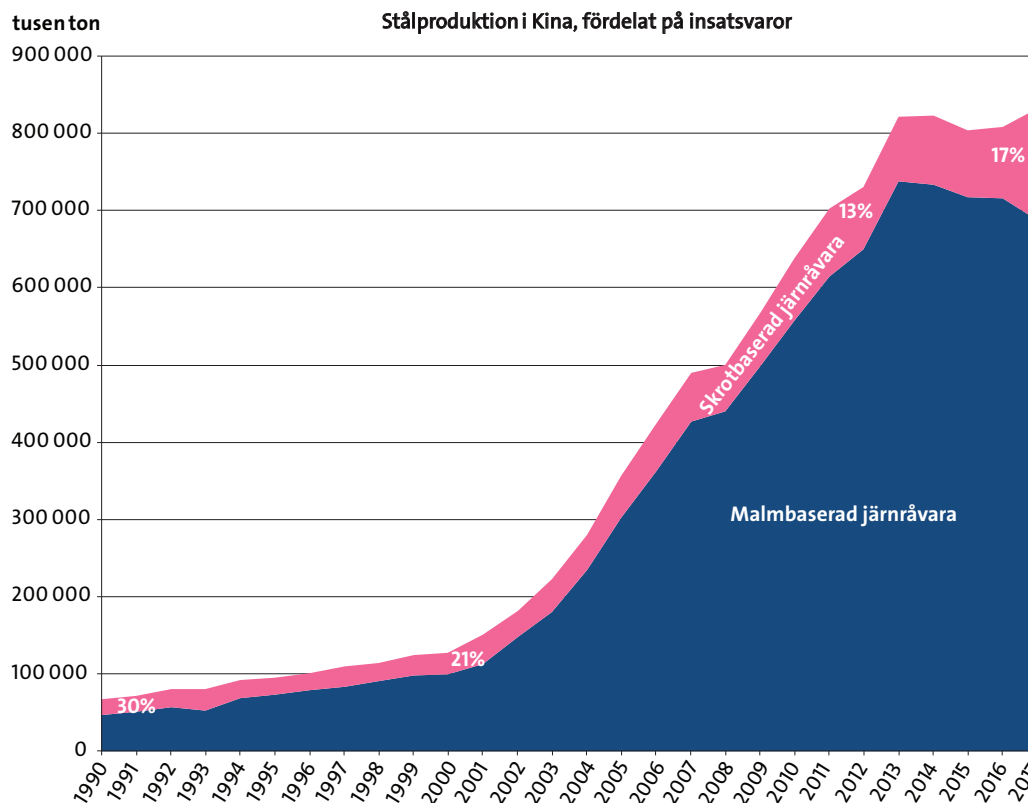


Figur 22. Stålproduktionen i EU28, insatsvaror. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018. Steel production in EU28.



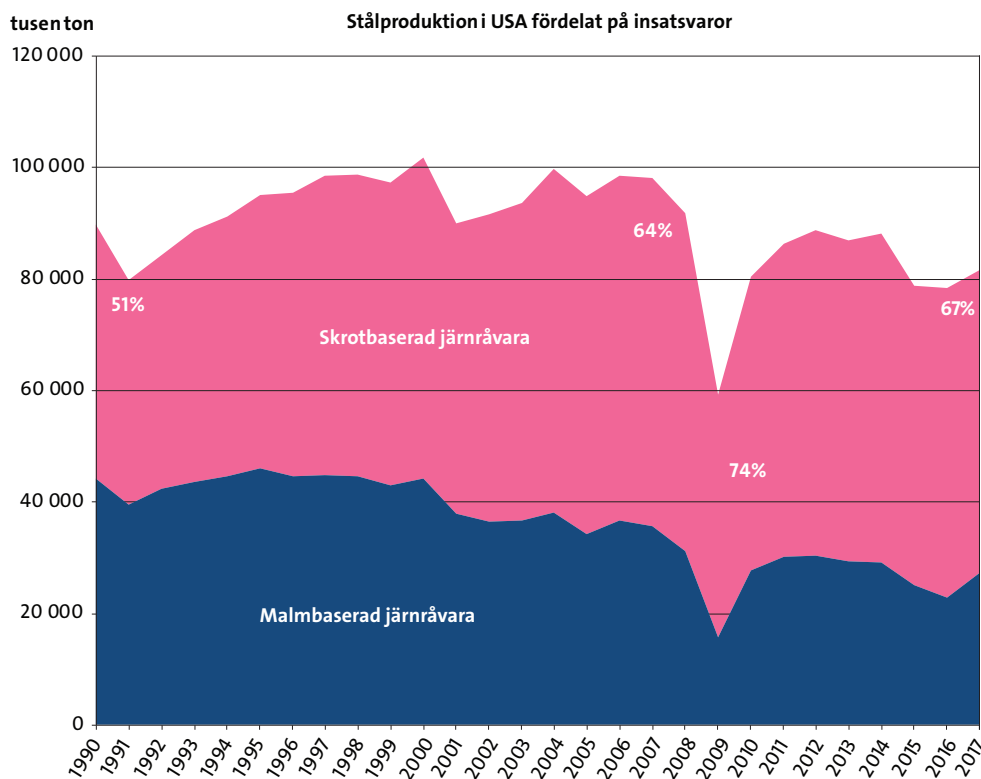
Figur 23. Stålproduktionen i Sverige, insatsvaror. Källa: Jernkontoret.

Steel production in Sweden.



Figur 24. Stålproduktionen i Kina, insatsvaror. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018.

Steel production in China.



Figur 25. Stålproduktionen i USA, insatsvaror. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018.

Steel production in USA.

TEKNIKUTVECKLING ÅTERVINNING

Återvinning är ett stort forsknings- och utvecklingsområde som drivs av både miljö- och vinstintressen. Målet är ofta att ta fram tekniker och metoder som innebär att maskiner kan producera mer effektivt, vara mer kostnadseffektiva och energieffektiva samt hantera olika volymer, ämnen eller legeringar samtidigt som miljönyttan är stor.

Stål är generellt sett enkelt att återvinna och innebär idag ofta höga utbyten. Utmaningar finns dock i att samla upp, sortera och använda så mycket skrot som möjligt i ståltillverkningen, så att inte mindre stål fastnar på soptippar och deponier. Forskning inom detta område består bland annat av att göra så kallade materialflödesanalyser för att identifiera hur stål används och återvinns i olika industriella processer. Med kunskap om hur stålet hanteras kan justeringar göras för att öka återvinningen, både på detaljnivå och i stort.

För att kunna återvinna och smälta om stålet för rätt ändamål behövs effektiv sortering av stålskroten. Som tidigare nämnts i kapitel *Legeringen stål* finns det tusen-

VILL DU VETA MER ...

Stålkretsloppet var ett forskningsprogram som pågick 2004–2012 och fokuserade på miljöförbättringar inom hela stålets kretslopp, från tillverkning och användning till återvinning. Läs mer: www.jernkontoret.se/sv/publicerat/forskning/stalkretsloppet/

tals olika stålrecept. För att ”källsortera” de olika stälen används olika sorteringstekniker. Nya metoder använder ofta olika lasrar eller andra tekniker som använder ljus för att snabbt analysera innehållet i stålet. Genom att analysera ljusvåglängder från en laser som träffar ett stålföremål kan mängderna legeringsämnen bestämmas. Med dessa tekniker kan sorteringen ske mycket snabbt, där en laser kan analysera ett föremål som färdas på ett transportband på en bråkdel sekund och automatiskt omdirigera föremålet till lämplig sortering. Sådan forskning pågår bland annat vid svenska forskningsinstitut och företag, som Swerim, SSAB och Stena Recycling.

Miljö-, hälso- och klimatpåverkan

Effects on environment, health and climate

All gruvbrytning påverkar miljön på olika vis, och kan även i vissa fall påverka vår hälsa. Även ståltillverkning och återvinning kan påverka miljö och hälsa. Industrin har även en klimatpåverkan.

MILJÖ- OCH HÄLSOPÅVERKAN AV JÄRNMALMSBRYTNING

Miljö- och hälsopåverkan från en gruva beror i första hand på vad som bryts och hur det hanteras. Även lokala förutsättningar spelar in, som geologi, topografi, klimat och känsligheten i recipienter, det vill säga ytvatten eller grundvattenmagasin som tar emot föroreningar. Vilka mineral som finns i malmen och avfallet avgör vilka ämnen som kan släppas ut till miljön. Vissa mineral och ämnen förknippas med större miljöpåverkan än andra. För att bedöma potentiell miljöpåverkan av gruvan görs en så kallad karakterisering, där mineralen i malmen och avfallet beskrivs. Karakteriseringen ligger sedan till grund för en miljökonsekvensbeskrivning, där hanteringen av malm och avfall även beskrivs. I villkoren för miljötillståndet för gruvan så anges vilka mängder föroreningar som verksamhetsutövaren får släppa ut till luft och vatten.

Metaller till vatten

Den i särklass största källan till miljöpåverkan vid brytning och hantering av mineral är så kallade sura lakvatten, på engelska benämnt AMD, acid mine drainage. Lakvatten är vatten som förorenats, exempelvis efter att ha passerat genom en deponi. Sura lakvatten bildas ofta som ett resultat av vittring av särskilda sulfidmineral i gruvavfall, vilka kan bära på metaller som är skadliga för miljön.

Sulfidmineral är mineral som består av svavel i förening med en eller flera metaller. Sulfidmineral som exempelvis pyrit vittrar lätt i kontakt med syre, vilket gör att pH i vatten sjunker och att metaller lakas ut. Vilka metaller som frigörs beror på mineralen, det kan bland annat vara järn, koppar, kadmium, zink och så vidare. För att förhindra detta täcks ofta gruvavfall under vatten eller under jordlagringar för att minska

syretillförseln. En åtgärdsmetod är att använda så kallat buffrande mineral, som kalk, för att motverka vitteringen. De buffrande mineralen neutraliserar vattnet. I vissa fall innehåller berget buffrande mineral i så stor mängd att det balanseras ut av sig självt.

Olika typer av järnmalmer innehåller olika mängder sulfidmineral. Vissa typer av järnmalm, som skarnjärnmalm, kan innehålla sulfidmineral i sådan mängd att surt lakvatten kan bli ett problem. För andra malmer, som de apatitjärnmalmer som bryts i Norrbotten, finns inte sulfidmineral i betydande mängder (se avsnitt *Malmtyper och geologi*).

Generellt gäller att järnmalm innehåller en mindre mängd sulfidmineral än sulfidmalm, och har på så sätt generellt en mindre risk för att generera sura lakvatten än sulfidmalmsgruvor. Bland annat koppar och zink bryts i sulfidmalmsgruvor.

Effekten på miljö och hälsa på grund av utsläpp av sura lakvatten varierar. Utsläpp av metaller i recipienter kan innebära att flora och fauna påverkas negativt, bland annat att fiskbestånd minskar. Påverkan på människor kan bland annat komma från intag av fisk, eller om recipienterna knyter an till dricksvattenkällor. Påverkan beror på vilken mängd metaller som sprids, vilka metaller det gäller och hur känslig recipienten är. Även lokala förutsättningar spelar in, som flödeshastighet, topologi och geologi.

Andra ämnen till vatten

Förutom metaller kan även andra ämnen och mineral bidra till miljö- och hälsopåverkan. Dessa kan komma från berget eller från processer inom brytningen, som exempelvis sprängämnen.

Kväve och kväveföreningar som nitrat, nitrit och ammoniak är ämnen och föreningar som kan vara skadliga för miljön. Kväve är ett näringsämne som kan bidra till övergödning. Nitrat, nitrit och ammoniak är kväveföreningar som kan ge toxiska effekter i recipienter. Dessa föreningar finns ofta i de sprängämnen som används vid brytningen, och kan läcka ut till recipienter genom sprickor i berg eller under transport och lagring

av malm och gråberg. Kväveutsläpp kan minskas genom noggrann rutin av laddning och sprängning, men även genom val av sprängämne och reningsmetoder.

I apatitjärnmalmerna som bryts i Norrbotten finns betydande mängder fosfor, huvudsakligen från mineralet apatit. Fosfor är, liksom kväve, ett näringsämne som kan bidra till övergödning vid utsläpp till recipienter.

Sulfat kan bildas när vissa mineral bearbetas, som anhydrit och gips. Dessa mineral är vanliga i vissa järnmalm. Sulfat kan ge toxiska effekter i ytvatten.

Det kan även förekomma andra ämnen, som fluor och klor. Detta är dock inte lika vanligt, och de förekommer ofta i mindre mängder. Fluor och klor följs upp för att förebygga och förhindra utsläpp.

Föroreningar till luft

Gruvbrytning, anrikning och pelletisering kan också ge utsläpp av föroreningar till luft, bland annat stoft men även koldioxid, kväveoxid, svaveldioxid, fluorid och klorväten. Utsläppen sker i huvudsak vid olika processer i framställningen av järn och pellets, bland annat vid svavelreningen och i pelletsverken. För att begränsa utsläppen används bland annat filter och rökgasrenare.

Föroreningar kan spridas till mark och vatten eller i vissa fall andas in av arbetare och allmänhet. Flera av de luftburna föroreningarna bidrar till försurning, och kan i vissa fall vara toxiska för vattenlevande organismer. Luftburna föroreningar har minskat drastiskt de senaste hundra åren i samband med ökade krav från myndigheter och bättre teknik för bland annat rökgasrening.

Landskapspåverkan

Brytning av järnmalm har som all utvinningsindustri påverkan på marken och landskapsbilden. Generellt finns ett samband mellan halten av den ekonomiskt intressanta metallen i berggrunden och landskapspåverkan. Lägre halter leder till att större volymer berg måste brytas, vilket skapar större tomma utrymmen och större mängder material som inte innehåller den eftersökta metallen. Dagbrott ger en större landskapspåverkan än underjordsgruvor, både på grund av ett större ingrepp i marken samt generellt större mängd gruvavfall i form av gråberg. Svensk lag uppmuntrar att avfall används för att återfylla håligheter uppkomna av gruvdrift, så kallad backfylling, om det anses ekonomiskt och miljömässigt försvarbart.

VILL DU VETA MER ...

... om miljöpåverkan från järnmalmsbrytning och vad som görs för att förebygga miljöpåverkan?

Läs mer på LKABs webbplats: www.lkab.com/sv/hallbarhet/miljo/

VILL DU VETA MER ...

... om miljöpåverkan från stålproduktion och vad som görs för att förebygga miljöpåverkan?

Läs mer på Jernkontorets webbplats: www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/processernas-miljopaverkan/

MILJÖ- OCH HÄLSOPÅVERKAN AV STÅLTILLVERKNING

Tillverkning av stål kan påverka miljön på olika sätt. Den största mängden utsläpp från ståltillverkning är till luft, främst i form av så kallade förbränningsavgaser och stoft. Koldioxidutsläpp uppkommer vid olika processer, främst från kol som används i järnmalmsreduktionen. Koldioxid är en växthusgas som påverkar klimatet, men har även en effekt på lokal miljö bland annat genom att bidra till försurning i sjöar och hav.

Ståltillverkning ger även upphov till utsläpp av kväveoxider och svaveldioxid vilka kan ge upphov till försurning, men kan också irritera luftvägar vid inandning. Kväveoxider kan även ge upphov till övergödning.

Stoft bildas vid flera processer i masugnar, koksverk och stålverk. Stoftet kan innehålla metaller och ämnen som är skadliga för miljön. Den största mängden stoft kan filtreras bort och återanvändas för dess metallinnehåll, men en viss del släpps ut.

Tillverkning av stål kräver också stora mängder vatten. Den största mängden vatten används i kylningsprocesser, för att sedan renas och återcirkuleras. När vattnet lämnar systemet kan dock utsläpp ske, bland annat i form av metaller och kväveföreningar. Detta kan även ske i andra delar av ståltillverkningen, som vid gasrening eller lakning av deponier.

MILJÖ- OCH HÄLSOPÅVERKAN AV ÅTERVINNING

Återvinning har en lägre miljöpåverkan än tillverkning från järnmalm, bland annat då återvinning är mer energieffektiv. Återvinning reducerar såväl behovet av primär utvinning (gruvbrytning) och som skrotmängder. Stål är som exempel 100 procent återvinningsbart teoretiskt sett, och kan fortsätta att återvinnas ett oändligt antal gånger. Återvinning kan däremot ha viss miljöpåverkan.

I vissa fall kan skrotet innehålla föroreningar, till exempel tungmetaller som kvicksilver. Skrotet kan också innehålla eller ge upphov till bildandet av de miljö- och hälsofarliga ämnena polyklordibenzodioxin/-furan (PCDD/F, eller kort dioxiner) och polyklorbifenyl (PCB). Genom inspektion av skrotet kan dock föroreningar upptäckas och hanteras innan skrotet går iväg till tillverkning av nytt stål.

KLIMATPÅVERKAN

All industri påverkar klimatet. Gruvor, stålproduktion och återvinning påverkar på olika vis. Exempelvis genom att använda fossila bränslen i processer, transporter eller maskineri – eller genom att konsumera elenergi.

Gruvor använder till stor del maskiner som drivs av fossila bränslen samt stora mängder el, och har således en påverkan på miljön. LKAB, som innehar den största mängden järnmalmsproduktion i Sverige idag, är även en av Sveriges största elkonsumenter och står för omkring 1,5 procent av landets totala elförbrukning. Järnmalmsbrytning skiljer sig dock inte avsevärt från annan brytning i detta avseende.

Stora mängder kol (i form av koks) används för att producera stål, framför allt vid reducering av järnmalm till järn. Processen ger upphov till stora utsläpp av koldioxid, som i sin tur påverkar klimatet. Forskning bedrivs för att ersätta koks i reduceringsprocessen (se avsnitt *Teknikutveckling – järnframställning och ståltillverkning*).

2016 gav järn- och stålindustrin upphov till omkring 6 miljoner ton koldioxidekvivalenter, vilket är 11 procent av Sveriges totala utsläpp på 52,9 miljoner ton. Två tredjedelar uppgörs framför allt av förbrän-

VILL DU VETA MER ...

... om hur järn- och stålindustrin arbetar med att minska sin energiförbrukning och avtrycket på klimatet?

Läs mer på Jernkontorets webbplats om hur branschen arbetar med frågorna: www.jernkontoret.se/sv/energi--miljo/

VILL DU VETA MER ...

... om utsläpp av växthusgaser från industrin?

På Naturvårdsverkets webbplats kan man se och jämföra utsläppen från järn- och stålindustrin genom åren: www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/

ning och restgaser inom stålindustrin medan en tredjedel är från processutsläpp inom järnproduktion.

BIOLOGISKA EFFEKTER

Järn bygger upp flera viktiga protein och enzymer hos människor och djur. Hemoglobin och myoglobin byggs upp av järn och är några av de viktigaste protein som finns i våra kroppar eftersom de ansvarar för att transportera och binda syre. Brist på järn är den vanligast förekommande näringsbristen hos människor, och drabbar framför allt barn. Järnbrist kan enligt Center for Disease Control and Prevention orsaka bland annat trötthet och svaghet i muskler och i värsta fall vara dödligt.

Järn tas i huvudsak upp i kroppen via mat och vatten. Överskott på järn kan förekomma bland annat vid höga intag av järn via mat, vatten eller supplement eller i relation till sjukdomar eller behandlingar, som blodtransfusioner. Vid överskott av järn kan enligt Blodcancerförbundet kronisk järnförgiftning utvecklas, vilket kan ge symptom som magsmärtor, trötthet och skador på vitala organ.

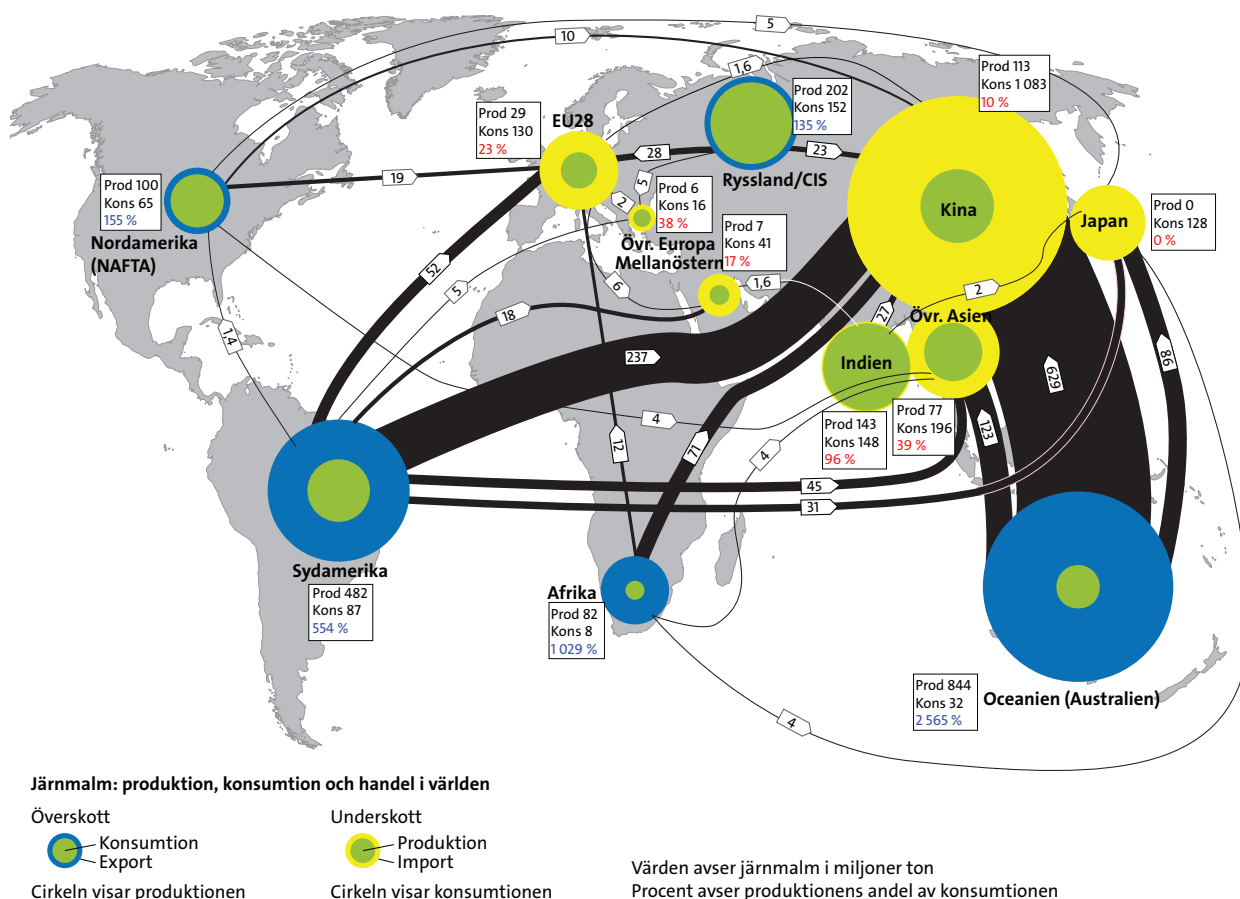
Handel och priser

Trade and prices

HANDEL MED JÄRNMALM

Efterfrågan på järnmalm i världen illustreras i figur 26 uppdelat på större marknader, vilket visas med gulgröna eller gröna cirkclar. Den överlägset största efterfrågan finns i Kina med ca 1 100 miljoner ton. Därefter kommer Indien med 140 miljoner ton samt EU och Japan

med vardera ca 130 miljoner ton. Stor efterfrågan finns också i länder i Sydostasien. Produktionen av järnmalm sker främst i Australien och Brasilien. Överskott av järnmalm som innebär export är illustrerat med blå färg medan underskott och därmed import är illustrerat med gul färg. Störst underskott av järnmalm har Japan



Figur 26. Efterfrågan på järnmalm i världen uppdelat på större marknader. Procent avser produktionens andel av konsumtionen. Överskott av järnmalm som innebär export är illustrerat med blå färg medan underskott och därmed import är illustrerat med gul färg. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018.

Demand for iron ore in the world, divided in larger markets. Percent show the share of consumption of the production. Excess iron ore for export is illustrated in blue, while deficits and therefore import is illustrated in yellow.

som helt saknar produktion (100 procent). Därefter kommer Kina med ett underskott på 90 procent och EU med ett underskott på 77 procent.

Skillnader i produktion och konsumtion genererar handel. De största handelsströmmarna går från Australien till Kina, Japan och Sydostasien samt från Brasilien till Kina, Japan, Sydostasien och EU. Mindre handel förekommer mellan Kina och Indien samt från Ryssland till Kina och EU. Jämfört med för tio år sedan är den största skillnaden den markant ökande handeln med Kina och en avtagande handel från Brasilien till Nordamerika. USA är numera nettoexportör från att tidigare ha varit en importör av järnmalm. Australien har fördubblat sin export från 2009 till 2016.

EUs malmproduktion kommer med ca 90 procent från de svenska gruvorna i Kiruna och Malmbärg. Merparten av den svenska järnmalmsexporten går över Narvik till stålproducenter i EU, främst till Tyskland och Beneluxländerna. En mindre mängd exporteras även utanför EU – till Kina, Sydostasien och Mellanöstern. Från hamnen i Luleå skeppas malm jämnt fördelat till SSABs stålverk i Oxelösund och som export till Brahestad i norra Finland.

HANDEL MED STÅL

Stål framställs från råjärn eller återvunnet skrot. I första ledet tillverkas råstål (eng. crude steel). Detta bearbetas sedan till handelsfärdigt stål. Stål finns i olika produkttyper och kvaliteter. Produktionen är till hög grad diversifierad över världen vilket innebär att handeln med stål är omfattande. Eftersom transportkostnaderna är höga är det till största delen de högkvalitativa och nischade stålprodukterna som exporteras längre sträckor. I Sverige tillverkas stål med hög legeringshalt till skillnad från i Japan, EU och USA där större andel enklare stålsorter framställs.

Figur 27 visar handeln med handelsfärdigt stål och halvfabrikat. Den största handeln med stål går till Sydostasien, främst till Sydkorea och Taiwan. Från Kina är nettoexporten 57 miljoner ton till Sydostasien, från Japan är det netto 19 miljoner ton. Andra stora handelsströmmar är från Ryssland/CIS till EU, från Ryssland/CIS till Mellanöstern och Afrika. Det går även stora handelsströmmar från Kina och övriga Asien till Syd- och Nordamerika. Anmärkningsvärt är att Kina producerar allt sitt behov av stål och därför inte har någon nämnvärd import. EU exporterar stål till olika

platser i världen, varav 6 miljoner ton går till övriga Europa, 6 till Nordamerika och 7 till Afrika. Importen är 16 miljoner ton från Ryssland, 6 från Kina och 7 från övriga Asien.

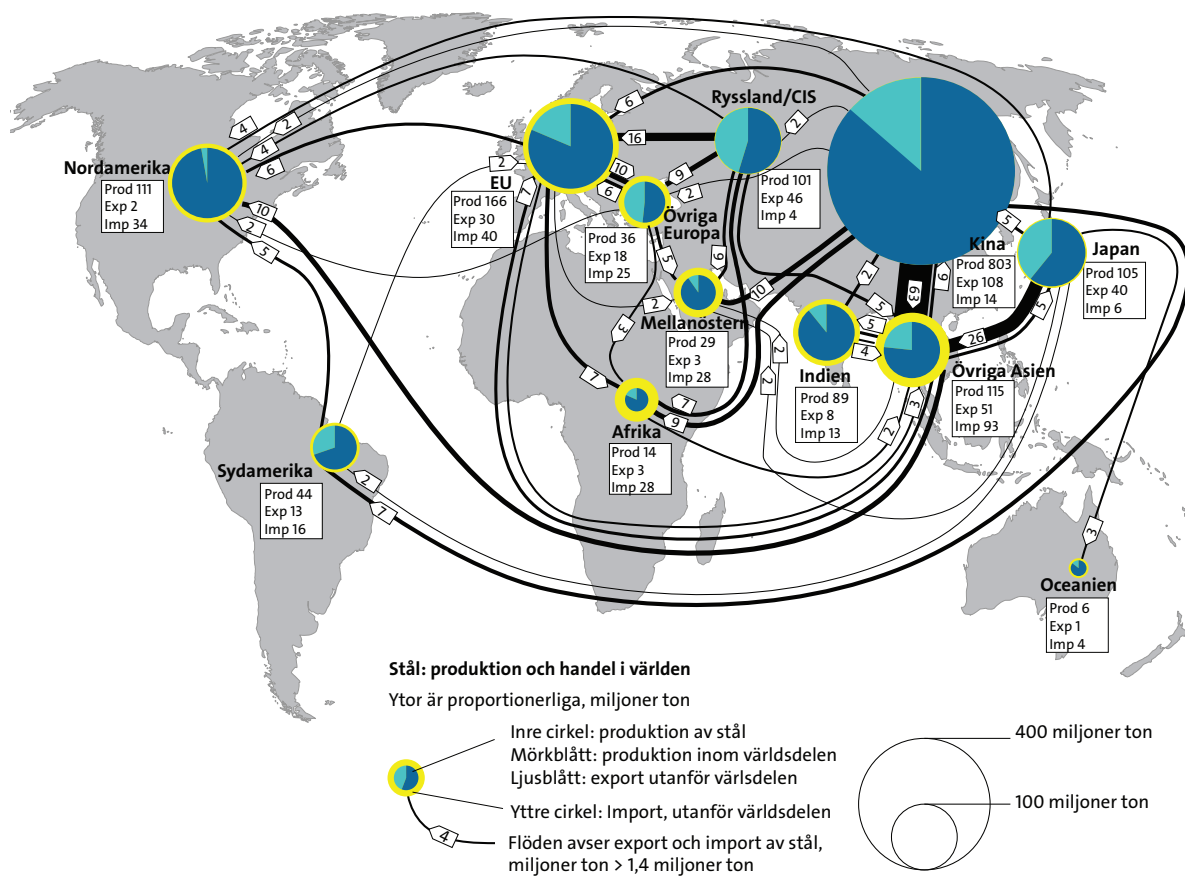
De största nettoexportörerna i världen är Kina med en export på 94,5 miljoner ton, Japan på 34,5, Ryssland på 26,9, Ukraina på 17,1 och Brasilien på 11,5 miljoner ton. De största nettoimporterande länderna är USA med en import på 21,7 miljoner ton, Vietnam på 17,0, Thailand på 16,1, Indonesien på 11 samt EU på 10,5 miljoner ton.

Marknaden för stål har förändrats dramatiskt under 2000-talet. År 2000 rådde en jämvikt mellan Europa/Nordamerika/Ryssland och Asien med 46 procent respektive 48 procent av produktionen. Numera är det Kina som är den helt dominerande stålproducenten, fyra gånger större än EUs råstålsproduktion (se figur 14, i avsnitt *Stålproduktion i världen*).

Sverige exporterade och importerade år 2017 3,6 miljoner ton handelsfärdigt stål (fig. 28). Med tanke på att den totala produktionen var 4,1 miljoner ton är både exportandelen och importandelen mycket höga, 87 procent av den totala mängden stål. Det hänger samman med den nischade marknaden, men beror även på att en viss in- och utförsel sker mellan stålbolag med verksamhet i flera länder. Värdet på exporten var år 2017 ca 49 miljarder kronor medan värdet på importen var ca 10 miljarder kronor lägre. Som högst var exporten år 2008 med ett värde på ca 70 miljarder kronor.

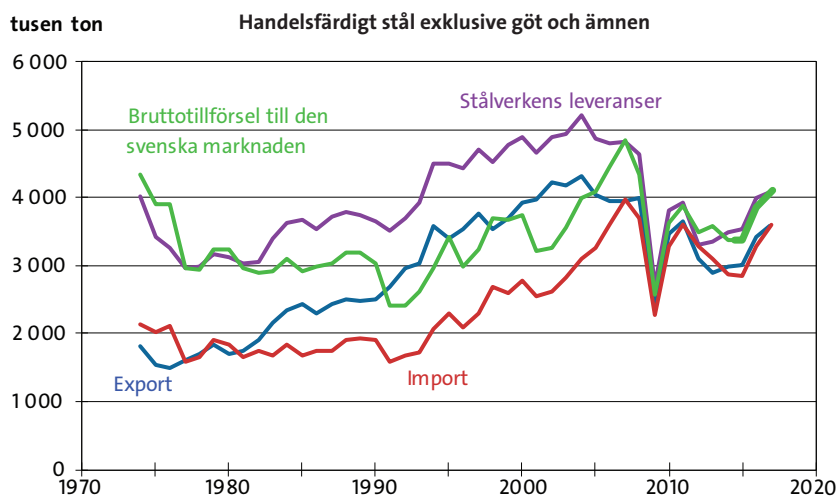
Över tid var det en kontinuerlig ökning av exporten sedan 1970-talet fram till finanskrisen 2009. Exportens ökning hör samman med den allt ökande specialiseringen av stål där Sverige producerar och exporterar främst legerat stål och importerar olegerat stål. Efter finanskrisen 2009 har den svenska exporten minskat i värde medan den i tonnage räknat är ungefär detsamma. Den allt ökande konkurrensen, främst från Kina och stålverk i Asien, har medfört ett ökat utbud som lett till lägre priser, vilket också drabbat legerade stålprodukter.

Den svenska stålexporten går huvudsakligen till länderna i vår närmaste omgivning (fig. 29). Sålunda gick 2017 ca 15 procent till Norden räknat på värdet, 22 procent till Tyskland och ca 57 procent till EU-länder. Bland övriga länder kan nämnas att exporten till USA utgjorde 8 procent av värdet. På senare år har exporten till Kina ökat kraftigt. År 2017 var den 5 procent beräknat på värdet.



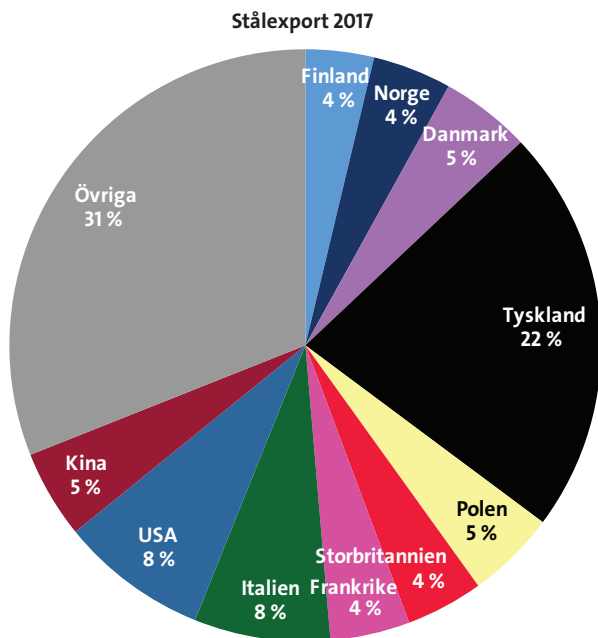
Figur 27. Handeln med handelsfärdigt stål i världen. Områden som har brist på råstål är markerade med gult och områden med överskott är markerade med blått. Procent avser handelsstålets andel av råstålet. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018.

Trade with finished steel in the world. Regions with deficits of crude steel are marked in yellow and regions with excess crude steel are marked in blue. Percent show the share of crude steel that goes to making finished steel.



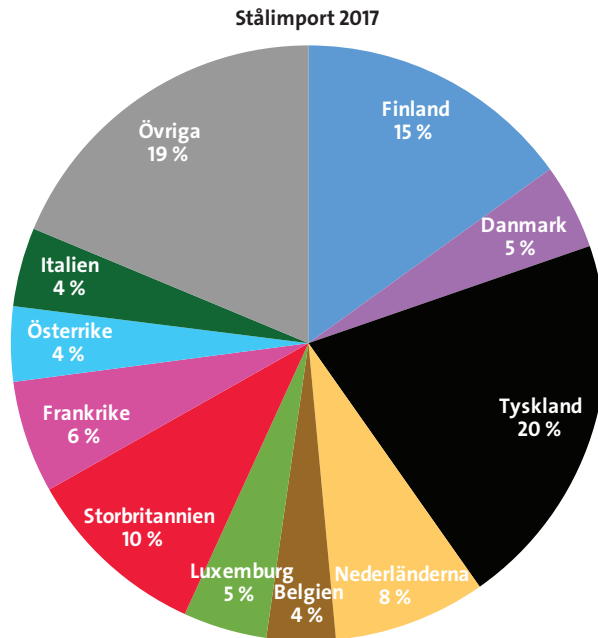
Figur 28. Handelsfärdigt stål exklusive göt och ämnen. Källa: Jernkontoret

Finished steel, excluding ingots and elements.



Figur 29. Sveriges stålexport hade år 2017 ett värde av 51,1 miljarder kronor inklusive göt och ämnen. Källa: Jernkontoret.

Year 2017, the Swedish steel export had a value of 51.1 billion Swedish kronor, including ingots and elements.



Figur 30. Sveriges stålimport hade år 2017 ett värde av 33,5 miljarder kronor inklusive göt och ämnen. Källa: Jernkontoret.

Year 2017, the Swedish steel import had a value of 33.5 billion Swedish kronor, including ingots and elements.

År 2017 kom över 80 procent av importen från EU-länderna (fig. 30). Den största handelspartnern när det gäller stål är Tyskland och importen utgjorde 21 procent. Från Finland importerades 15 procent och från Storbritannien 10 procent av stålet.

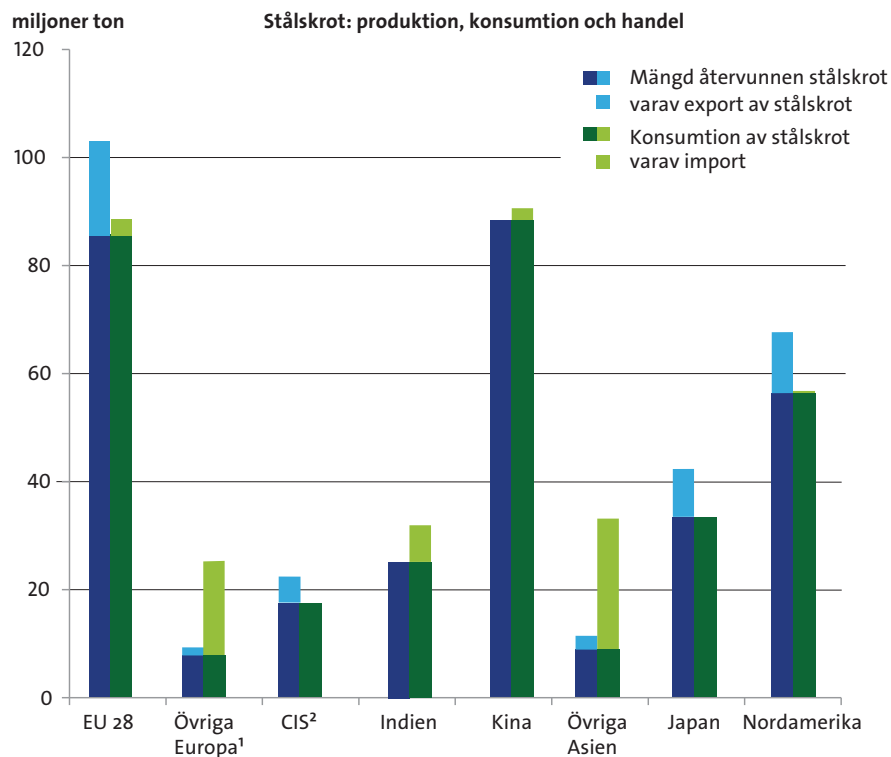
HANDEL MED SKROT

Trots att hela 89 procent av Kinas stålproduktion är malmbaserad är ändå skrotanvändningen i volym räknat den största i världen med 90 miljoner ton 2016. Därefter följer mer naturligt de gamla industrialiserade länderna i EU och Nordamerika där mängden tillverkat stål historiskt är stor. I EU användes 88 miljoner ton stålskrot år 2016 och i Nordamerika var användningen ca 57 miljoner ton. Sedan följer Japan och Indien med en konsumtion av 33 miljoner ton skrotstål.

Handeln med stålskrot är omfattande. De största exportörerna räknat per område är EU med 17,4 miljoner ton följt av Nordamerika 11,3 miljoner ton och Japan 8,7 miljoner ton (fig. 31). De områden som importerar mest stålskrot är övriga Asien med 24,2 miljoner ton (här ingår

Sydkorea och Vietnam), övriga Europa med 18 miljoner ton, främst är det till Turkiet. Samt Indien med en import av stålskrot på 6,7 miljoner ton. Stålskrothandeln är måttlig i Afrika (ca 5 miljoner ton), Sydamerika, Japan och Kina. Handeln är liten i Mellanöstern och Oceanien.

Användningen av stålskrot i Sverige är ca 1,6 miljoner ton. Sverige är en nettoexportör av skrot då ca 1,3–1,5 miljoner ton exporteras medan ca 0,1–0,3 miljoner ton importerats. Att Sverige har större export än import av skrotråvaror beror på att den svenska stålindustrin är inriktad på högkvalitativt stål och där fungerar inte uttjänta inhemska stålprodukter lika bra som för de stålproducenter som gör stål med lägre kvalitet i andra länder. Återvinningen i Sverige ligger runt 3 miljoner ton. Figur 32 visar utvecklingen av handeln med skrot till och från Sverige. Fram till finanskrisen i slutet av 2008 ökade exporten och minskade importen av stålskrot stadigt. Efter 2009 har utvecklingen cementerats på nivåer för exporten kring 1,4 miljoner ton och för importen på 0,2 miljoner ton. Efter 2014 har det skett en svag uppgång för importen.

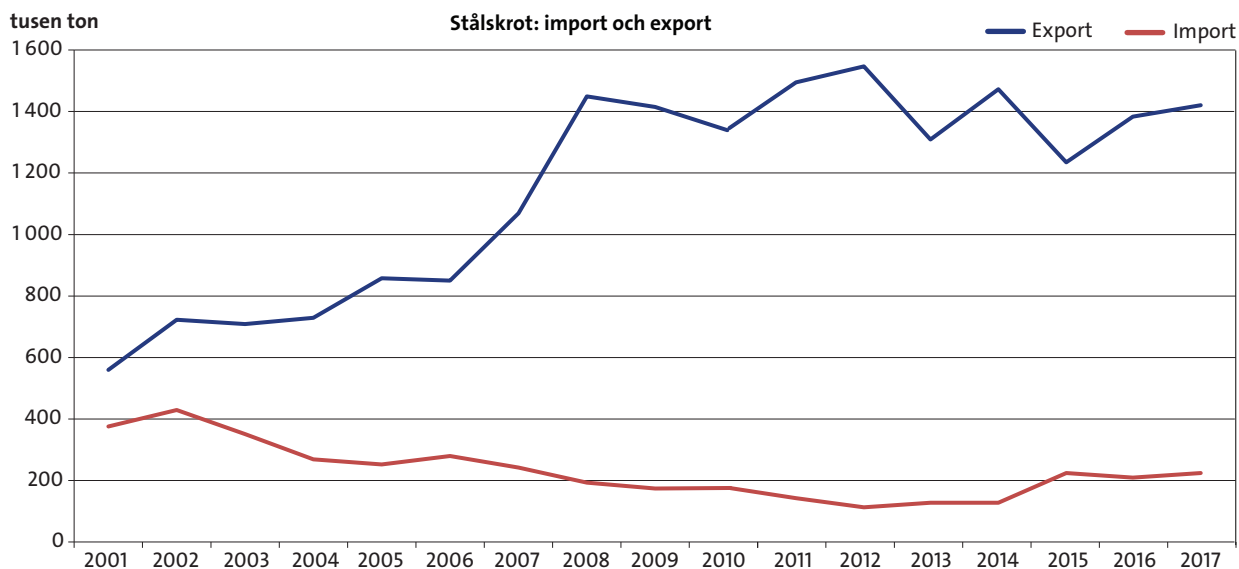


¹ Här ingår även Turkiet.

² Commonwealth of Independent states (Ryssland och forna Sovjetunionen)

Figur 31. Världens handel med stålskrot i miljoner ton. Källa: Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018. World Steel Recycling I Figures 2013–2017.

World trade with steel scrap in million tonnes.



Figur 32. Sveriges import och export av stålskrot. Källa: Jernkontoret.

Sweden's import and export of steel scrap.

PRISER

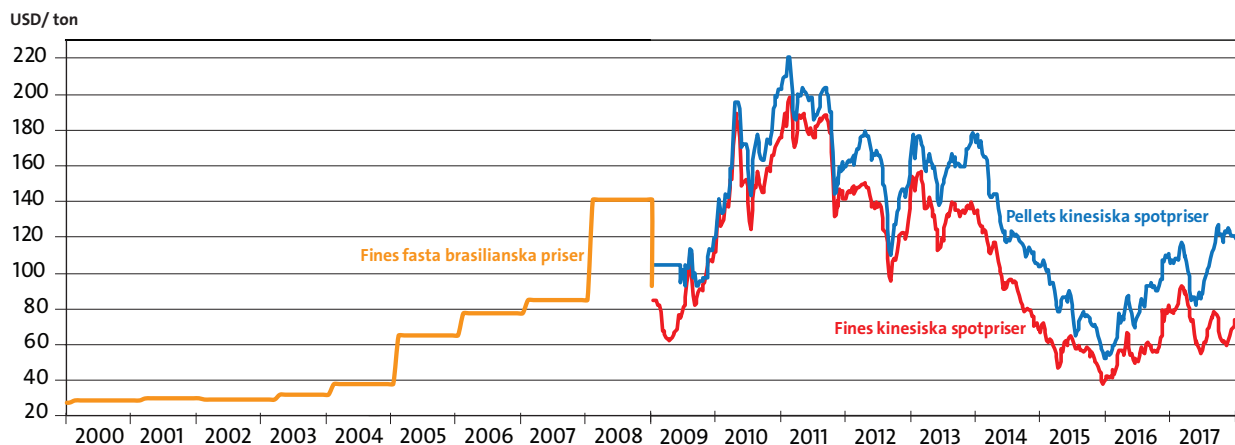
Järnmalmpriser

Järnmalmpriserna har traditionellt gjorts upp i årliga förhandlingar (benchmarkpriser) mellan säljare och köpare. Priserna angavs fram till 2009 oftast i US cent per unit (USc per unit eller c/u), där unit motsvarar järnhalten i procent. Till exempel får man 24 USD per ton för en slig med 60 procent järn som betalas med 40 cents per unit ($60 \times 40 \text{ cent}/100$). Under 2010 övergick dock de flesta av världens järnmalmproducenter till att teckna indexbaserade kvartalskontrakt med sina kunder. Priserna anges i USD per DMT (dry metric tonne).

Det finns för närvarande tre dagligen publicerade index som alla baseras på spotpriser till Kina inklusive frakt (CFR, Kina). Dessa är Platts (IODEX 58 procent, IODEX 62 procent), The Steel Index (TSI 58 procent, TSI 62 procent) och Metal Bulletin (MBIO 62 procent). Högre halt av järn i produkten ger mer betalt (premium). Det nya systemet anses bättre spegla förändringen i marknaden – balansen mellan tillgång och efterfrågan – samt skillnaden i produktkvalitet. Det finns dock ett par järnmalmproducenter, bland

annat LKAB, som har fortsatt att teckna traditionella årskontrakt med sina kunder. Figur 33 visar indexpriser på fines och pellets.

Från slutet av 1980-talet fram till början av 2000-talet var priserna mer eller mindre konstanta och låg på nivåer omkring 20 USD per ton för fines och omkring 30 USD per ton för pellets. Det var först 2004–2005 som priserna började stiga och efter 2009 skedde en markant ökning av priset till upp mot 200 USD/ton för fines. Därefter hölls en relativ hög prisnivå fram till 2013 då priset föll ned till 40 USD/ton, vilket är jämförbart med 2004 års prisnivå. Därefter har priserna stigit och finespriset var vintern 2018 uppe i 80 USD/ton. Prisförändringarna hör samman med den ökande efterfrågan av järnmalm främst från stålverk i Kina och Asien men även generellt i världen. Efterfrågeökningen på stål beror i sin tur på ökat byggande och ökad produktion av industriella produkter. Starkare ekonomier i Kina, Asien men även i Sydamerika och Afrika är grundorsaken till efterfrågeökningen. Prisnedgången efter 2013 beror på det ökade utbudet av järnmalm. Främst från den australiensiska produktionen av järnmalm som fördubblades på några år (se fig. 13 i kapitel *Järn och stål i världen*).



Figur 33. Järnmalmpriser från 2009 och framåt: USD per dry metric tonne (USD/dmt), cfr main port Shanghai (63,5 % Fe). Källa: Metal Bulletin. Järnmalmpriser 2000–2008: US cents per dry metric tonne unit (USc/dmtu) med 67,55 % Fe, fines, contract price to Europe, FOB Ponta da Madeira. Källa: Steelonthenet.com Commodity Prices.

Iron ore prices from 2009 onwards: USD per dry metric ton (USD / dmt), cfr main port Shanghai (63.5% Fe). Iron ore prices 2000–2008: US cents per dry metric ton unit (USc / dmtu) with 67.55% Fe, fines, contract price to Europe, FOB Ponta da Madeira.

Stålpriser

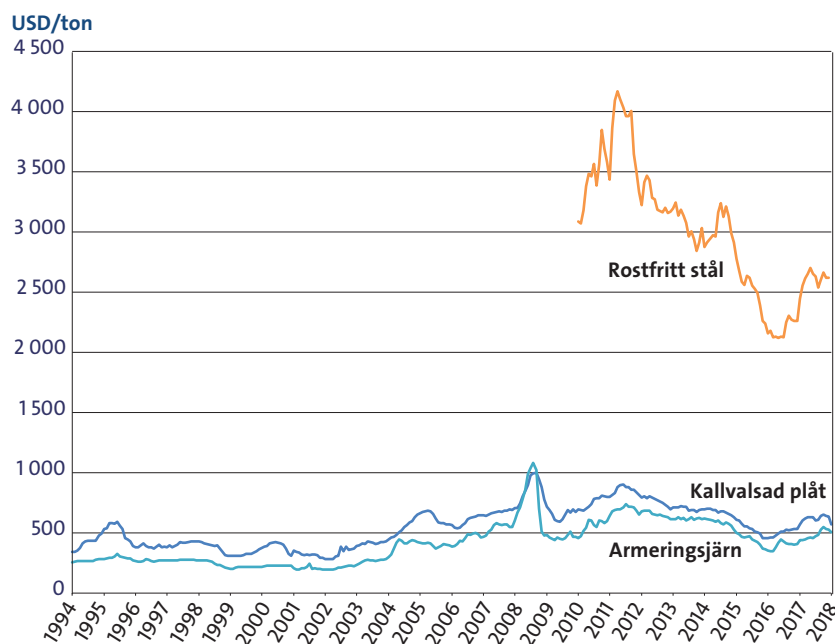
Stålpriserna steg markant fram till finanskrisen år 2009. Figur 34 visar två olegerade stålsorter samt rostfritt stål, vars prisutveckling speglar stålbranschen i stort. Rostfritt stål och andra legeringsstål är avsevärt dyrare än olegerat stål. Sverige producerar och exporterar i hög grad legerat stål. Efter det kraftiga prisfallet i samband med finanskrisen steg priserna fram till 2011. Därefter har priserna sjunkit fram till 2016 då botten nåddes. Procentuellt sett sjönk priserna något mindre på rostfritt stål än på olegerat stål. Från 2016 och framåt har priserna åter stigit. Prisutvecklingen beror i stort på den internationella konjunkturen. Prisnedgången beror också på ett ökat utbud av stål i världen.

Skrotpriser

Skrotpriserna är självfallet mycket olika beroende på vilken skrotsort det gäller. Figur 35 visar prisutvecklingen för ett vanligt svenskt skrot benämnt klass 11, vilket är ett gammalt skrot som kan vara rostigt och bestå av

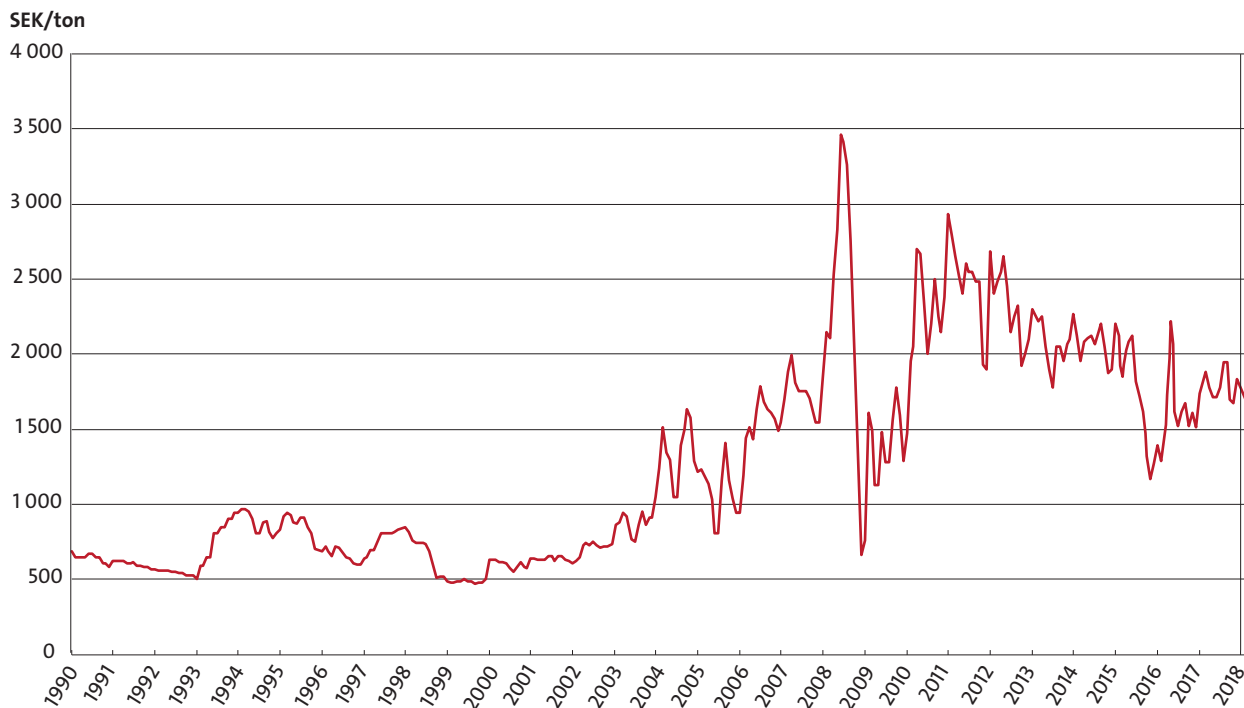
allehanda vardagsdetaljer – exempelvis fälgar till bilar. Som synes har prisutvecklingen varit stigande fram till finanskrisen 2009 vilket är samma tendens som för stålpriserna. Under 2011 steg priserna under första halvåret för att sedan åter falla. Priset rekapitulerade och steg till över 2 500 kr/ton 2011 för att sedan åter falla och var som lägst 2015. De senaste åren har priset åter stigit. Skrotpriset följer stål- och järnmalmpriserna.

Skrotpriserna är känsligare än järnmalmpriserna. För att illustrera detta jämförs skrotpriser i dollar med spotpriserna för råjärnet, det järn som framställts från masugnar där järnmalm är råvaran (fig. 36). Råjärnet är 50–100 USD/ton dyrare än stålskrotet, vilket beror på en högre efterfrågan på råjärn. Det är råjärnets höga renhet som efterfrågas (se kapitel *Återvinning*). Kurvan visar också att vid ned- och uppgångar i konjunkturen reagerar skrotpriserna tidigare än priset på råjärn. Oftast är det enklare att ställa om produktionen vid skrotbaserade stålverk än vid malmbaserade stålverk.



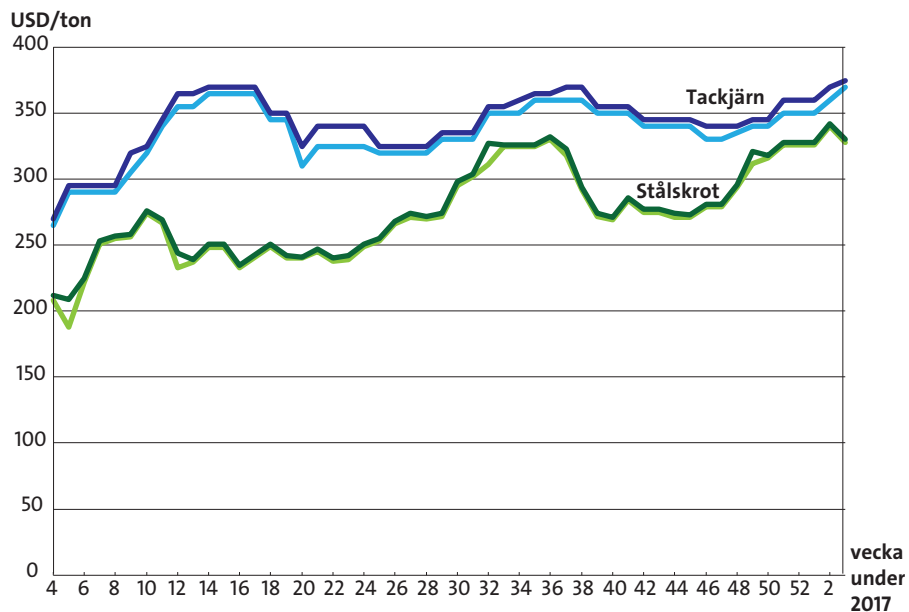
Figur 34. Stålprisets utveckling perioden 1994–2011. Källa: Steelonthenet.com.

Steel price development during the period 1994–2011.



Figur 35. Skrotprisets utveckling perioden 1994–2017. Källa: JBF.

Steel scrap price development during the period 1994–2017.



Figur 36. Stålskrotpriser jämfört med råjärnspriser under 2017. Nyanser av färger visar högt respektive lågt pris. Källa: Steelonthe-net.com.

Steel scrap prices compared to price of crude steel. Shades of colour show high or low price.

Prognos och efterfrågan

Forecast and demand

Återvunnet stålskrot utgjorde 33 procent av insatsvarorna till stålproduktionen för år 2010. Är det i framtiden möjligt att återvinningen av stålskrot helt kan ersätta gruvproduktionen? SGU har tagit fram en prognos fram till 2050 baserat på uttjänt stål i världen och räknat med olika tillväxttakt för efterfrågan av stål.

Med ett antagande om årlig tillväxt på två procent kommer stålproduktionen år 2050 att ha ökat till ca 3 500 miljoner ton. Andelen återvunnet stålskrot kommer samtidigt att ha ökat till 44 procent. Det beror främst på att andelen skrot som är möjlig att återvinna beräknas vara betydligt större 2050 än vad den var 2010 (fig. 37). I prognosen för år 2050 ingår exempelvis fartygsskrot från tillverkningsår 2010 (40 år) och för år 2010 ingår fartygsskrot från tillverkningsår 1970. År 2010 tillverkades omkring tre till fyra gånger fler fartyg än 1970.

Det finns en brytpunkt när tillväxten av användningen av metaller är ungefär 1 procent. Vid denna tillväxttakt kommer gruvproduktionens andel att bli detsamma för år 2050 som för år 2010. Under denna nivå, ned mot en nolltillväxt, kommer andelen järn från gruvproduktionen att minska. Vid en nolltillväxt kommer stålskroten år 2050 att stå för 60 procent av den totala mängden insatsvara. Järnproduktionen från gruvor kommer att vara på en nivå motsvarande produktionen år 2003. Det är inte troligt med en konstant nolltillväxt fram till år 2050. Mellan åren 2000 och 2010 var världens tillväxt av stålanvändning ca 6 procent per år. Efter 2010 var tillväxten ca 5 procent per år, men efter 2012 stagnerade stålproduktionen och tillväxten var i genomsnitt 1,2 procent per år.

Trots en svag tillväxt av stålproduktion och konsumtion i Europa och i USA har vi nu en situation där tillväxten globalt fortfarande är stark. Det är inte enbart Kina och Sydostasien som har kraftig tillväxt. I de forna utvecklingsländerna i Sydamerika och Afrika sker

också en välfärdsökning som driver en ökad efterfrågan på järn och stål. Utvecklingen i världen, den växande globala populationen och människors välbefinnande driver fram en ökad användning av metaller, vilka under överskådlig tid till stor del kommer att komma från gruvbrytning. Figur 38 A–D visar prognoser för stålproduktion vid olika tillväxttakt.

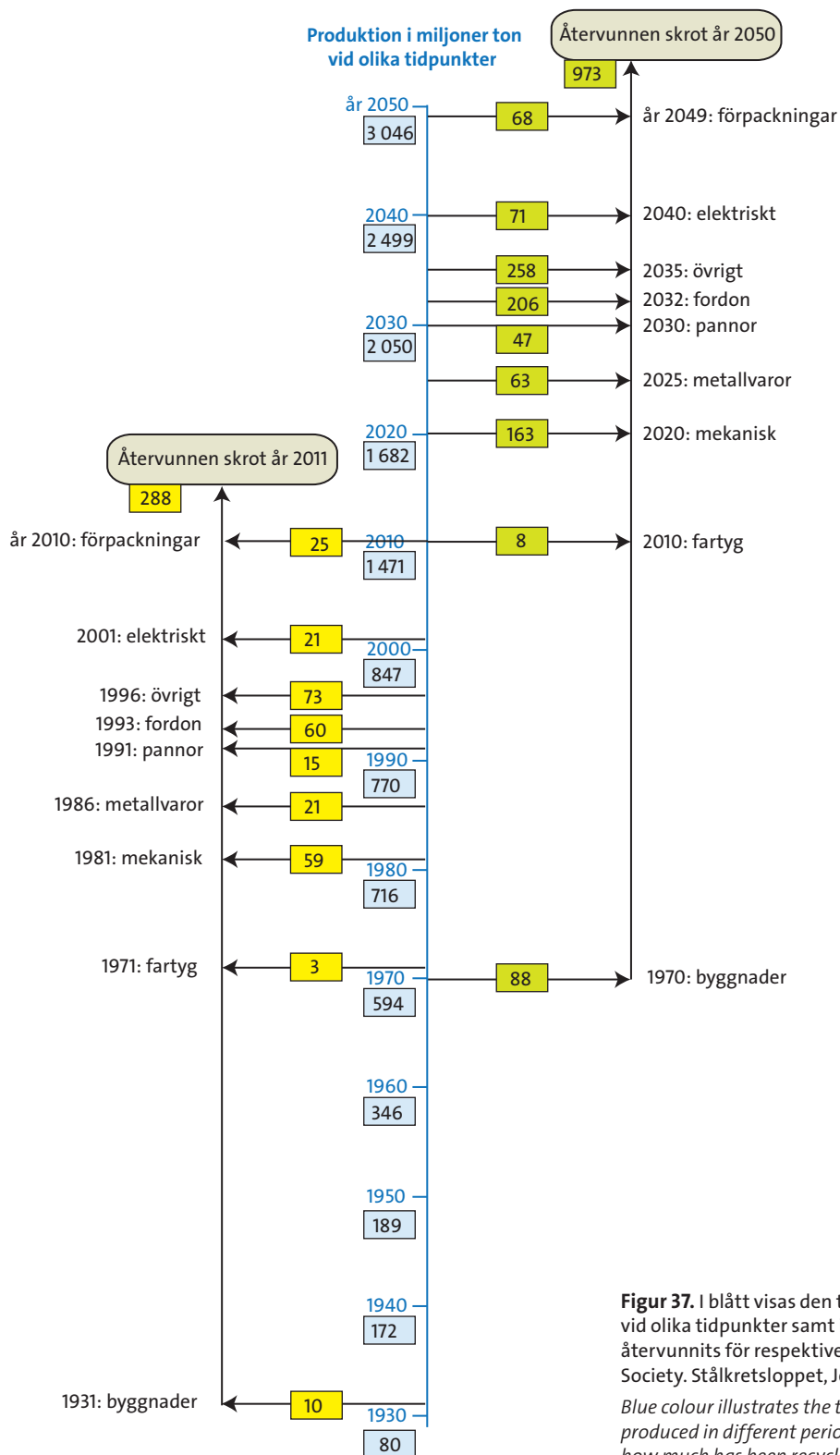
UNDERLAGET TILL PROGNOSEN

Det historiska datamaterialet har hämtats från *Steel Statistical Yearbook*. För de fem senaste åren samt för andelar av cirkulationsskrot, nytt skrot och gammalt skrot har data hämtats från *World Steel Recycling in Figures 2006–2010*. Fördelningen mellan olika stålprodukter samt förbrukningstid har hämtats från artikeln *Recycling of Steel in the Society* som ingår i Jernkontorets forskningsprojekt Stålkretsloppet.

I prognosen har gjorts några förenklingar och antaganden:

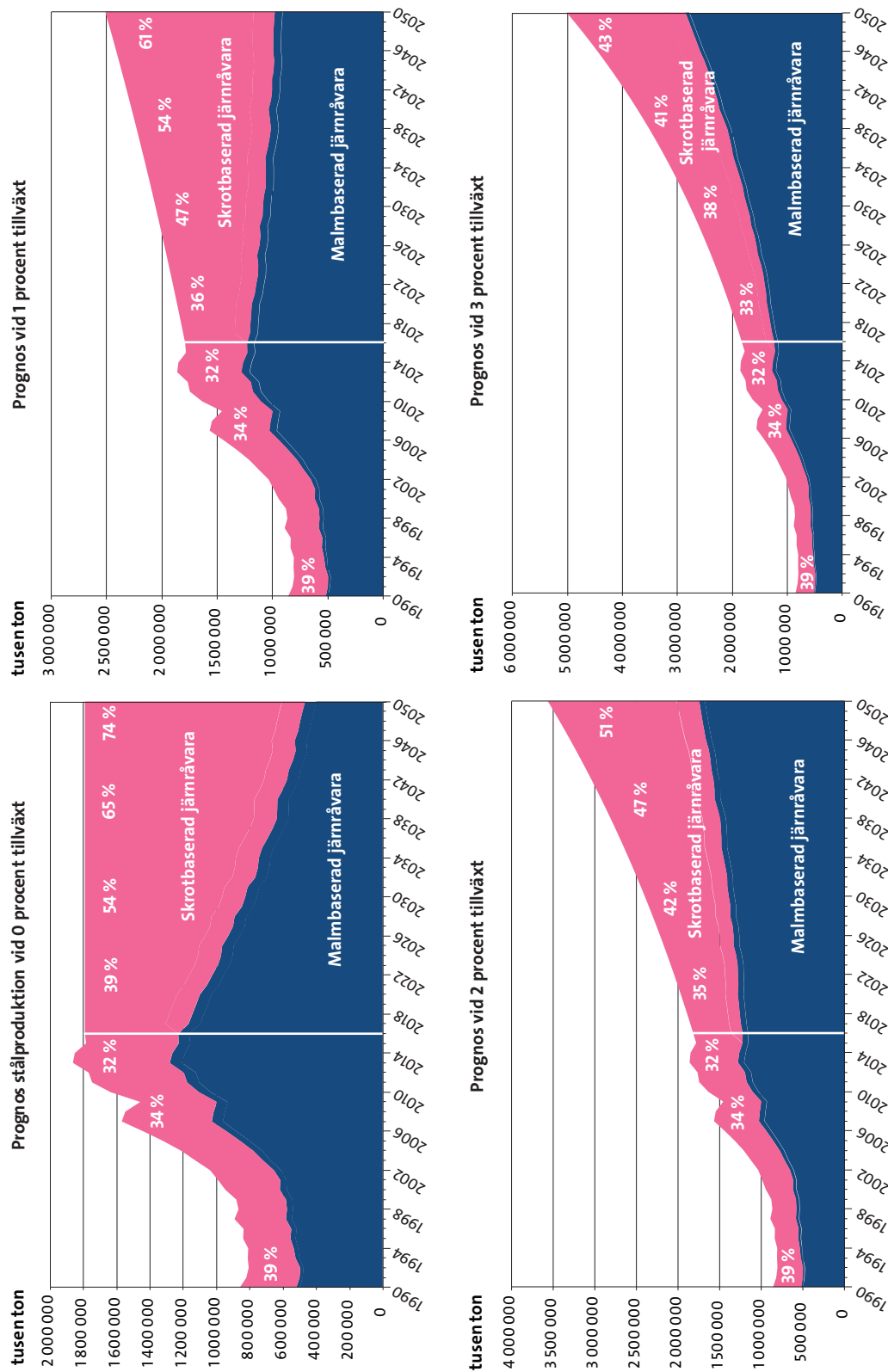
- Fördelningen mellan stålets slutprodukter antas vara likartad över tiden.
- Återvinningens andel antas för 2011 vara 70 procent, för år 2050 90 procent och däremellan en stigande procentuell utveckling från 70 procent till 80 procent.
- Summan av insatsvarorna stålskrot och malm-baserat järn överstiger den faktiska stålproduktionen med 15 procent.
- Ingen bedömning har gjorts om möjliga substitut eller förändrad prisbild för järnmalm eller stålskrot.
- Modellen har kalibrerats mot åren 2010–2016.

Vid en jämförelse mellan prognosen och faktiskt utfall för åren 2010–2016 finner man en god överensstämmelse, med avvikelse 2–5 procent.



Figur 37. I blått visas den totala mängd stål som producerats vid olika tidpunkter samt i gult exempel på hur mycket som återvunnits för respektive år. Källa: Recycling of Steel in the Society. Stålkretsloppet, Jernkontoret.

Blue colour illustrates the total amount of steel that has been produced in different periods of time, while yellow illustrates how much has been recycled each year.



Figur 38 A–D. Prognos för stålproduktionen i världen, vid olika tillväxt. Källa: Utgångsvärden Steel Statistic Yearbook. World Steel in Figures 2018. Prognos: SGU.
Forecast for steel production in the world, at a growth of 0 percent.

Vidare läsning

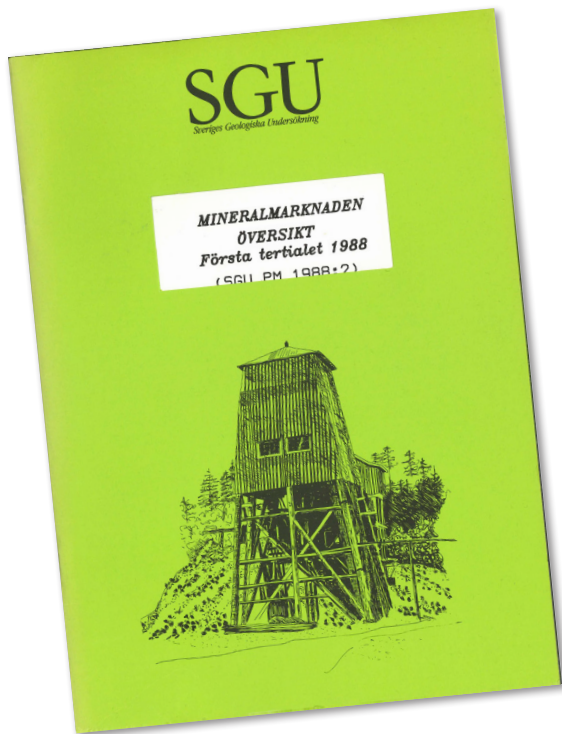
Further reading

- **bir.org** – The Bureau of International Recycling (BIR) är en internationell sammanslutning av ca 800 återvinningsföretag och branschorganisationer världen över. De ger ut *World Steel Recycling In Figures*.
- **cdp.net** – CDP (tidigare Carbon Disclosure Project) är en internationell, icke-vinstdrivande organisationen som arbetar med att påvisa vilken påverkan olika företag, branscher och organisationer har på miljön. På deras webbplats finns bland annat rapporten *Nerves of steel: Who's ready to get tough on emissions?* att läsa.
- **hybritdevelopment.com** – Svenska Hybrit är ett joint venture-bolag som ägs av LKAB, SSAB och Vattenfall. Målet är att producera världens första fossilfria och malmbaserade stål från och med år 2035. Läs mer på deras webbplats.
- **jernkontoret.se** – Jernkontoret är den svenska stålindustrins branschorganisation. På deras webbplats finns mer information om hur stål produceras och används, men också om återvinning och forskningsutveckling. Där finns även länk till stålindustrins *Klimatfärdplan*.
- **LKAB.com/sv/** – LKAB är Sveriges största producent av järnmalm. Mer information om LKAB och deras gruvor finns att läsa på deras webbplats. Där finns även information om hur järnmalm bryts och förädlas.
- **metalliskamaterial.se** – Metalliska material är ett strategiskt innovationsprogram för Sveriges metallindustrier, som syftar till att förverkliga den strategiska forsknings- och innovationsagendan Nationell samling kring metalliska material.
- **naturvardsverket.se** – Naturvårdsverket är en svensk myndighet med ansvar för miljöfrågor. På Naturvårdsverkets webbplats finns bland annat statistik över olika industriers utsläpp, inklusive järn- och stålindustrin.
- **sgu.se** – SGU är en svensk myndighet med ansvar för frågor om berg, jord och grundvatten. På SGUs webbplats finns mer information om Sveriges gruvor och bland annat geologi, återvinning och miljöpåverkan från gruvor.
- **sgu.se/bergsstaten** – Bergsstaten har till uppgift att handlägga ärenden som rör prospektering och utvinning av mineral. Bergsstaten är ett särskilt beslutsorgan som organisatoriskt tillhör Sveriges geologiska undersökning (SGU), men har en oberoende ställning avseende sin myndighetsutövning. På Bergsstatens webbplats finns information om prospektering och lagstiftning.
- **SSAB.se** – SSAB är ett globalt stålföretag som bildades i Sverige 1978. Deras webbplats innehåller mer information om stål och olika ståltyper.
- **stenametall.se** – Stena Metall är ett av de ledande stålföretagen i Sverige. På deras webbplats finns information om ståltillverkning, hållbarhet och återvinning.
- **swerim.se** – Swerim är ett forskningsinstitut i Sverige som bland annat arbetar med stålframställning och återvinning. Mer information finns på deras webbplats.
- **worldsteel.org** – Worldsteel Association ger ut *Steel Statistical Yearbook* där SGU hämtat den internationella statistiken avseende stål och handel med stålprodukter. Worldsteel är en sammanslutning av stålbolag, nationella branschföreningar och forskningsinstitut världen över med kontor i Bryssel och i Beijing.

SGUs periodiska publikationer

1987:1	Grus och sand m m. Produktion och tillgångar 1985	1999:2	Mineralmarknaden, juni 1999 (Tema Titan)
1987:2	Bergverksstatistik 1978-1984	1999:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 1998.
1987:3	Berg och malm i Örebro län	1999:4	Mineralmarknaden, december 1999 (Tema Silver)
1987:5	Grus och sand m m. Produktion och tillgångar 1986	2000:1	Bergverksstatistik 1999
1988:1	Järnmalsrevy 1987	2000:2	Naturgrus eller morän
1988:2	Mineralmarknaden, maj 1988	2000:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 1999
1988:3	Bergverksstatistik 1986	2000:4	Mineralmarknaden, december 2000 (Tema Magnesium)
1988:4	Mineralmarknaden, september 1988	2001:1	Bergverksstatistik 2000
1988:5	Grus och sand m m. Produktion och tillgångar 1987	2001:2	Mineralmarknaden, juni 2001 (Tema Platinametallerna)
1989:1	Mineralmarknaden, januari 1989 (Tema Platina)	2001:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2000
1989:2	Bergverksstatistik 1987	2001:4	Mineralmarknaden, december 2001
1989:3	Järnmalsrevy 1988	2002:1	Mineralmarknaden, april 2002 (Tema Järnmalm)
1989:4	Mineralmarknaden, maj 1989 (Tema Diamanter)	2002:2	Bergverksstatistik 2001
1989:5	Mineralmarknaden, september 1989 (Tema Volfram)	2002:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2001.
1990:1	Grus och sand m m. Produktion och tillgångar 1988	2002:4	Mineralmarknaden, november 2002 (Tema Stål)
1990:2	Mineralmarknaden, februari 1990 (Tema Sällsynta Jordartsmetaller)	2003:1	Bergverksstatistik 2002
1990:3	Mineralmarknaden, juni 1990 (Tema Litium)	2003:2	Mineralmarknaden, juni 2003 (Tema indium, gallium & germanium)
1990:4	Bergverksstatistik 1988 och 1989	2003:3	Mineralmarknaden, september 2003 (Tema Uran)
1990:5	Grus och sand m m. Produktion och tillgångar 1989	2003:4	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2002
1990:6	Mineralmarknaden, november 1990 (Tema: Irak/Kuwait; Kina)	2003:5	Mineralmarknaden, december 2003 (Tema Koppar)
1991:1	Mineralmarknaden, februari 1991 (Tema Krom)	2004:1	Bergverksstatistik 2003
1991:2	Mineralmarknaden, juni 1991 (Tema Kvicksilver)	2004:2	Mineralmarknaden, juni 2004
1991:3	Bergverksstatistik 1990	2004:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2003
1991:4	Järnmalsrevy 1989-1990	2004:4	Mineralmarknaden, oktober 2004
1991:5	Mineralmarknaden, september 1991 (Tema Tenn)	2004:5	Mineralmarknaden, december 2004 (Tema Zink)
1991:6	Grus och sand m m. Produktion och tillgångar 1990	2005:1	Mineralmarknaden, april 2005 (Tema Aluminium)
1992:1	Mineralmarknaden, februari 1992 (Tema Kobolt)	2005:2	Bergverksstatistik 2004
1992:2	Järnmalsrevy 1991	2005:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2004
1992:3	Mineralmarknaden, juni 1992 (Tema Mangan)	2005:4	Mineralmarknaden, oktober 2005 (Tema Arsenik)
1992:4	Bergverksstatistik 1991	2006:1	Mineralmarknaden, maj 2006 (Tema Bly)
1992:5	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1991	2006:2	Bergverksstatistik 2005
1992:6	Mineralmarknaden, december 1992 (Tema Industrimineral)	2006:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2005
1993:1	Mineralmarknaden, maj 1993 (Tema Zink)	2006:4	Mineralmarknaden, dec 2006 (Tema Niob och tantal)
1993:2	Järnmalsrevy 1992	2007:1	Mineralmarknaden, april 2007 (Tema Nickel)
1993:3	Mineralmarknaden, november 1993 (Tema Nickel)	2007:2	Bergverksstatistik 2006
1994:1	Mineralmarknaden, mars 1994 (Tema Molybden)	2008:1	Mineralmarknaden, mars 2008 (Tema Wolfram)
1994:2	Järnmalsrevy 1993	2008:2	Bergverksstatistik 2007
1994:3	Bergverksstatistik 1992	2008:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2007
1994:4	Mineralmarknaden, juni 1994 (Tema Koppar)	2008:4	Mineralmarknaden, december 2008 (Tema: Molybden)
1994:5	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1992	2009:1	Bergverksstatistik 2008
1994:6	Bergverksstatistik 1993	2009:2	Mineralmarknaden, juni 2009 (Tema Litium)
1994:7	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1993	2009:3	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2008
1994:8	Mineralmarknaden, december 1994 (Tema Aluminium)	2009:4	Mineralmarknaden, december 2009 (Tema Guld)
1995:1	Mineralmarknaden, mars 1995 (Tema Zirkonium)	2010:1	Bergverksstatistik 2009
1995:2	Bergverksstatistik 1994	2010:2	Grus, sand och krossberg 2009
1995:3	Järnmalsrevy 1994	2011:1	Mineralmarknaden, april 2011 (Tema Specialmetaller)
1995:4	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1994	2011:2	Bergverksstatistik 2010
1995:5	Mineralmarknaden, oktober 1995 (Tema Bly)	2012:2	Bergverksstatistik 2011
1995:6	Mineralmarknaden, december 1995 (Tema Selen och Tellur)	2013:1	Grus, sand och krossberg 2011
1996:1	Mineralmarknaden, mars 1996 (Tema Diamanter)	2013:2	Bergverksstatistik 2012
1996:2	Bergverksstatistik 1995	2014:1	Grus, sand och krossberg 2012
1996:3	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1995	2014:2	Bergverksstatistik 2013
1996:4	Mineralmarknaden, juni 1996 (Tema Diamanter del II)	2014:3	Grus, sand och krossberg 2013
1996:5	Järnmalsrevy 1995	2015:1	Bergverksstatistik 2014
1997:1	Mineralmarknaden, januari 1997 (Tema Guld)	2015:2	Grus, sand och krossberg 2014
1997:2	Bergverksstatistik 1996	2016:1	Bergverksstatistik 2015
1997:3	Grus, sand och industrimineral. Produktion och tillgångar 1996	2016:2	Mineralmarknaden 2015 (Tema Energimetaller)
1997:4	Järnmalsrevy 1996	2016:3	Grus, sand och krossberg 2015
1998:1	Bergverksstatistik 1997	2017:1	Bergverksstatistik 2016
1998:2	Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 1997	2017:2	Grus, sand och krossberg 2016
1998:3	Järnmalsrevy 1997	2018:1	Bergverksstatistik 2017
1998:4	Industriella mineral och bergarter – en branschutredning	2018:2	Grus, sand och krossberg 2017
1999:1	Bergverksstatistik 1998		

SGUs periodiska publikationer kan fås från SGUs kundtjänst, tel: 018-17 92 00.



Mineralmarknaden firar 50 nummer!

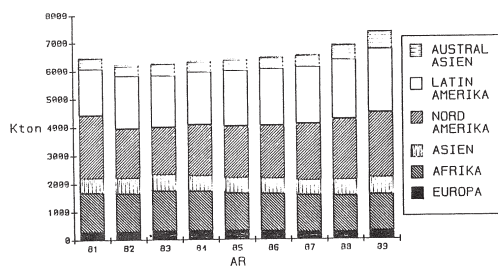
Mineralmarknaden 2018 Tema: Järn och stål är den femtionde upplagan av publikationen Mineralmarknaden. Den första Mineralmarknaden gavs ut i maj 1988 av Bergverkssektionen inom SGU. Syftet med rapporten beskrevs i det inledande förordet: "Rapporten är ett led i SGUs bevakning av gruv- och mineralindustrin och utgör en del av informationsutbytet mellan SGU och andra myndigheter, industrin m fl. organ."

Den första publikationen bestod av en översikt av mineralmarknaden som kom att kompletteras efter något år av en temadel där en metall, mineral eller annan mineralrelaterad verksamhet beskrevs systematiskt. Ofta var Mineralmarknaden tidigt ute. Rapporten hade sällsynta jordartsmetaller som tema redan 1990 fast metallerna blev på modet först 2011.

Omslaget på den allra första rapporten i SGUs serie Mineralmarknaden.

The cover of the very first report in SGU's series The Mineral Market.

Diagram 7 GRUVPRODUKTIONEN AV KOPPAR I VÄST SEDAN ÅR 1981 SAMT PROGNOSEN FÖR 1988-89 (Kton)



Källor: WBMS utfall tom 1986, Shearson ber. utfall 1987 samt prognos 1988-89 (SGU diagram)

Exempel på ett diagram från 1988, vilket visar gruvproduktionen av koppar 1981-1987 samt en prognos för 1988-1989.

Example of a diagram from 1988, which shows the mining production of copper 1981-1987 and a forecast for 1988-1989.



Sveriges geologiska undersökning
www.sgu.se

Villavägen 18
Box 670
751 28 Uppsala
018-17 90 00