

Stålindustrin gör mer än stål

Handbok för restprodukter 2018

Denna handbok presenterar de material som produceras parallellt med stål. Stålindustrin är en viktig del av den cirkulära ekonomin, både genom stålkretsloppet och genom att restprodukterna kommer till nytta i många andra industrier och sektorer.



Stålindustrin gör mer än stål

Handbok för restprodukter 2018

Handbokens fotografier och bilder

Framsida: Ovako syrgashyvelgranulat SHV, foto Peter Phillips för Ovako.

Övrigt fotografier är tagna av personer som arbetar i något av de företag som tagit fram handboken, dvs. Ovako, SSAB, Outokumpu och Höganäs eller är hämtade från deras bildbanker. Samtliga har godkänt användningen av dessa fotografier. För Bild 1 och 15 är fotografen Peter Phillips och fotograf för Bild 3 är Mikael Ullén.

Utgivare: Jernkontoret
Jernkontorets teknikområde 55, Restprodukter

Projektgrupp: Kjell Pålsson, Ovako Sweden AB, Jeanette Stemne, SSAB Merox AB, Gunnar Ruist, Outokumpu Stainless AB och Eva Blixt, Jernkontoret.

© Jernkontoret
Distribution: Jernkontoret, Box 1721, 111 87 Stockholm, tfn 08-679 17 00
www.jernkontoret.se

Stockholm, juni 2018

ISBN 978-91-982397-1-3

Sammanfattning

Syftet med denna handbok är att tydliggöra den potential som finns i järn- och stålindustrins restprodukter, deras unika egenskaper och användningsområden. Svensk stålindustri är en viktig del av den cirkulära ekonomin genom stålkretsloppet och nyttiggörande av restprodukter. Det är egenskaper och funktion hos den slutliga produkten som är det viktiga, inte materialets ursprung. Alla material ska ha samma förutsättningar i ett givet sammanhang och användas så att de bidrar med så stor samhällsnytta som möjligt vid varje tillfälle.

Det är tredje gången en handbok för restprodukter görs¹ och den är baserad på av Jernkontoret insamlad statistik för järn- och stålverken från 2015, som noggrant bearbetats. Under 2015 producerades knappt två miljoner ton restprodukter, varav 70 procent var metallurgiska slaggar. Årets handbok lyfter fram den starka utvecklingen mot allt mer specialiserade applikationer för allt fler branscher. Forskning, standardisering och egenskapstestning spelar här en stor roll men särskilt viktig är samarbete i olika värdekedjor.

Genom användning av biprodukter, återanvändning av interna material och återvinning av metallinnehåll, minskas uttaget av jungfruliga råvaror avsevärt, både i intern och extern användning. Branschen arbetar med att säkerställa *optimal* användning av materialen där olika egenskaper nyttiggörs i olika applikationer med målet att substituera en del av de traditionella jungfruliga materialen med alternativa material och därmed minska råvaruuttaget.

År 2050 används resurser så effektivt att bara samhällsnyttiga produkter lämnar den svenska stålindustrin enligt det tredje åtagandet i stålindustrins vision². Både samhällsnyttiga produkter och samhällsnytta är relativa begrepp. Dessa måste tolkas på kort och lång sikt, lokalt och globalt samt för både produkter och processer. I ett långsiktigt samarbete mellan stålindustrin och Stockholm Environment Institute (SEI)³ har begreppet analyserats och kvantifierats⁴ med hjälp av FN:s 17 globala mål⁵. En prototyp av en Agenda 2030-kompass har tagits fram inom projektet. Den kan användas för att jämföra olika alternativ av material, produkter, och processer, för att avgöra hur olika mål påverkas och påverkar varandra i flera led och vad som bidrar till relativt störst samhällsnytta.

I en hållbar samhällsutveckling är det nödvändigt att se helheten för att inte suboptimera. För frågan om giftfria och resurseffektiva kretslopp landar svaret ofta på innehåll och mängder farliga ämnen utan att se på samhällsnyttan, resurseffektivitet och om någon exponering för risk finns. Handboken ger här vägledning för ett bredare angreppssätt för bland andra olika användare, myndigheter, lagstiftare och policyutveckling där många fler mål och aspekter ingår.

¹ Stålindustrin gör mer än stål, Handbok för restprodukter 2012, ISBN: 978-91-977783-2-9

² <https://www.jernkontoret.se/visionen>

³ Rankas 2018 som världens andra mest inflytelserika institut på miljö och utveckling: <http://www.thinktankwatch.com/2017/01/2017-think-tank-rankings-cheat-sheet.html>

⁴ <https://www.sei.org/publications/a-societal-value-compass-for-the-swedish-steel-industry/>

⁵ <http://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/stal-och-stalindustri/meeting-the-un-global-goals/?id=9800>

Innehållsförteckning

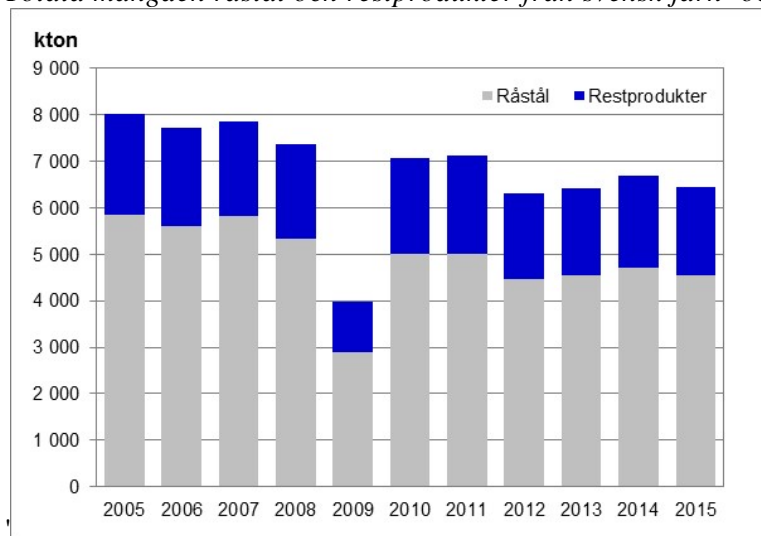
Sammanfattning	5
1. Restprodukter och samhällsnytta	9
2. Metallurgiska slaggar – stålindustrins tillverkade mineral	14
2.1 Produktion och processteg	14
2.2 Tillverkade mineral	15
2.3 Olika typer av slaggar och använda mängder	16
2.4 Slaggar från övrig metallindustri	18
3. Användning av metallurgiska slaggar	19
3.1 Alternativa eller traditionella material	19
3.2 Vägkonstruktion	19
3.2.1 Slitlager (slaggasfalt) och bundet bärlager	20
3.2.2 Övriga lager	21
3.3 Övriga applikationer för metallurgiska slaggar	22
3.3.1 Cement	22
3.3.2 Betong	23
3.3.3 Vattenrening	23
3.3.4 Stenull	25
3.3.5 Ridbanematerial	26
3.3.6 Hårdgjorda ytor	26
3.3.7 Konstruktionsmaterial för deponier	26
3.4 Insatser för ökad användning och samhällsnytta	27
3.4.1 Gemensam forskning inom Teknikområde 55, Restprodukter	27
3.4.2 Forskningsprojekt inom Teknikområde 55 i urval	28
3.4.3 Standardisering	30
3.4.4 Funktionsupphandling	30
4. Övriga restprodukter	31
4.1 Glödskal	32
4.2 Metallhydroxidslam	33
4.3 Regenerering av betsyror	33
4.4 Gasreningsstoff och -slam	34
4.5 Stoff och spån från bearbetning	34
4.6 Eldfasta material	34
4.7 Biprodukter från kokswerk	35
5. Avfall och deponering	37
5.1 Deponerade mängder	37
5.2 Metallutvinning ur deponier, ”Landfill mining”	39
6. Restprodukter och lagstiftning	41
6.1 Avfallshierarkin och avfallsminimering	41
6.2 Biprodukt eller avfall?	42
6.3 Cirkulär ekonomi	43
Bilaga 1 Produktionsprocesser och restprodukter	45
Bilaga 2 Stålindustrins slaggar, innehåll och tillverkning	46
Masugnsslagg (Hyttsten, Hyttsand)	46
LD-slagg (LD-sten)	46
Ljusbågsugnsslagg	47
AOD-slagg	47
Skänkslagg	48
Avsvavlingsslagg	48
Tunnelugnsslagg	48
Bilaga 3 Slaggar från övrig metallindustri	50
Bilaga 4 Mängder producerade restprodukter 2015 i ton	51
Bilaga 5 Kemikaliesäkerhetsbedömning av slagg	52
Bilaga 6 Uppgiftslämnande företag och kontaktpersoner	54

1. Restprodukter och samhällsnytta

Parallellt med tillverkningen av järn- och stålprodukter produceras restprodukter och mängderna följer i princip producerad mängd stål. Därför blir dessa framförallt konjunkturberoende, se Diagram 1, där till exempel lågkonjunkturen 2009 gav mycket mindre mängd restprodukter i ton, men procentuellt ungefär detsamma som andra år. I handboken presenteras branschens restprodukter, vilket innebär de biprodukter, material för återanvändning och återvinning, samt avfall som produceras. Termen restprodukter har ingen legal innebörd utan är ett sätt att sammanfatta allt det som produceras utöver huvudprodukten.

Diagram 1

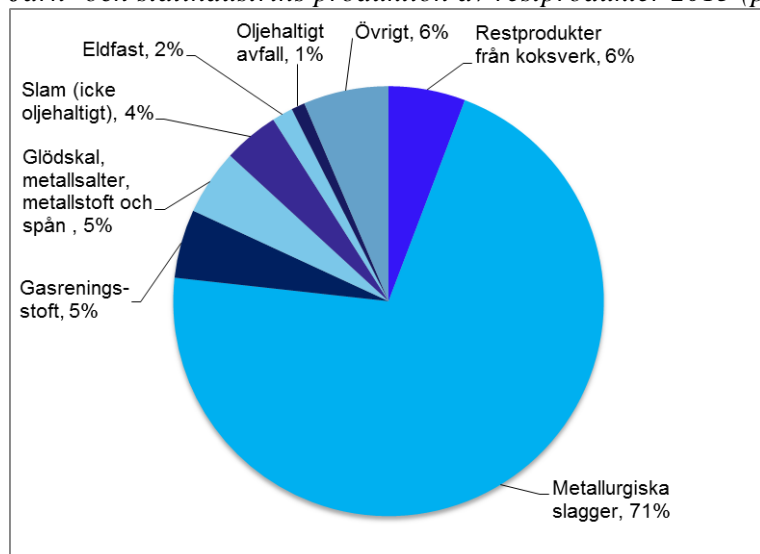
Totala mängden råstål och restprodukter från svensk järn- och stålindustri 2008–2015.



Handboken baseras på av Jernkontoret insamlad statistik från järn- och stålverken för 2015. Statistiken har noga bearbetats och framgår i sin helhet i Bilaga 4. Några övriga metallföretag finns också med i handboken men ingår inte i statistiken. Samtliga uppgiftslämnande företag framgår av Bilaga 6. Under 2015 producerades knappt två miljoner ton restprodukter och i Diagram 2 framgår fördelningen på olika sorters restprodukter, där metallurgiska slaggar är den enskilt största posten.

Diagram 2

Järn- och stålindustrins produktion av restprodukter 2015 (procent av total producerad mängd).



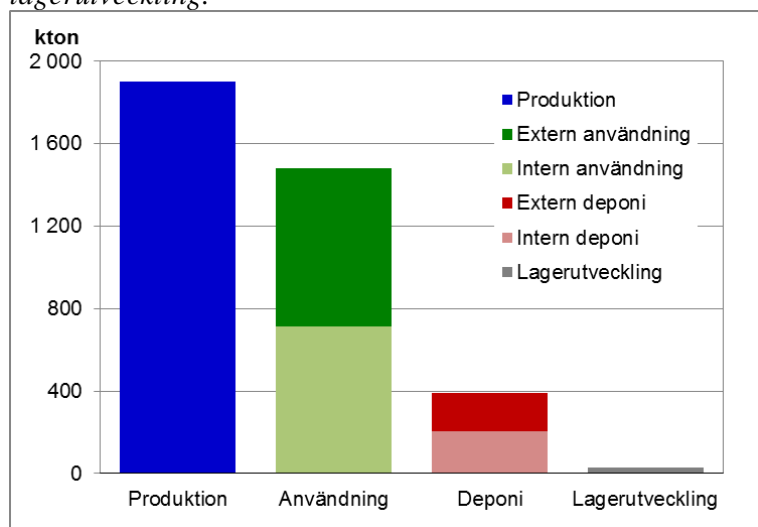
Restprodukterna är grupperade efter vilka stålsorter anläggningen producerar⁶:

- **Låglegerat**: anläggningar som tillverkar låglegerat stål via malmbaserad tillverkning i masugn och LD-konverter⁷ eller via skrotbaserad tillverkning i ljusbågsugn.
- **Höglegerat**⁸: anläggningar som tillverkar höglegerat respektive rostfritt stål via skrotbaserad tillverkning i ljusbågsugn.

Diagram 3 visar producerad mängd restprodukter under 2015 och hur dessa mängder har använts eller deponerats, externt eller internt. Posten lagerutveckling visar nettoförändringen av lagrat material under året. Posten varierar med efterfrågan på material och kan växla stort mellan åren.

Diagram 3

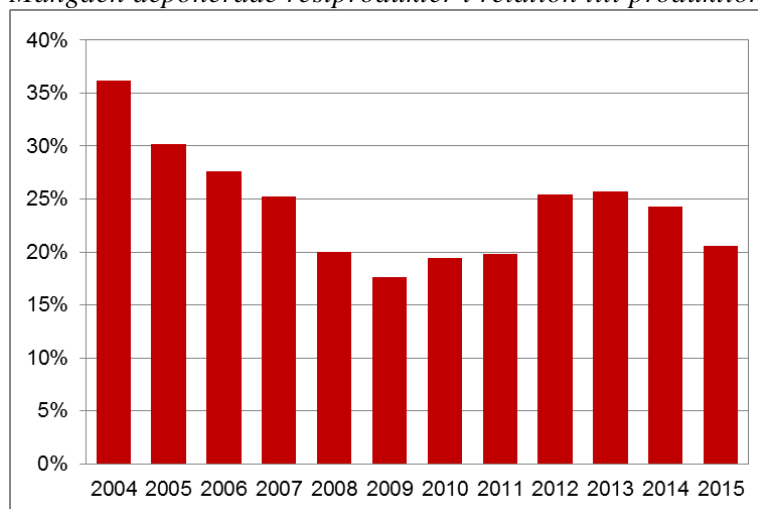
Järn- och stålindustrins produktion av restprodukter 2015 fördelat på användning, deponi och lagerutveckling.



Sett över en rad år är trenden tydlig, mängden deponerat material är sjunkande i Diagram 4. I mitten av 2000-talet var de deponerade mängderna över 35 procent och 2015 är dessa drygt 20 procent. Detta är dock högre än de flesta europeiska länder. Det finns flera skäl till detta, till exempel att stålverk i andra länder har sinterverk där restprodukter återförs till processen och att tillgången till jungfruliga material är generellt lägre i andra länder.

Diagram 4

Mängden deponerade restprodukter i relation till produktion av restprodukter 2004–2015.



⁶ Se Bilaga 1 för de olika stålprocesserna och var restprodukterna uppstår.

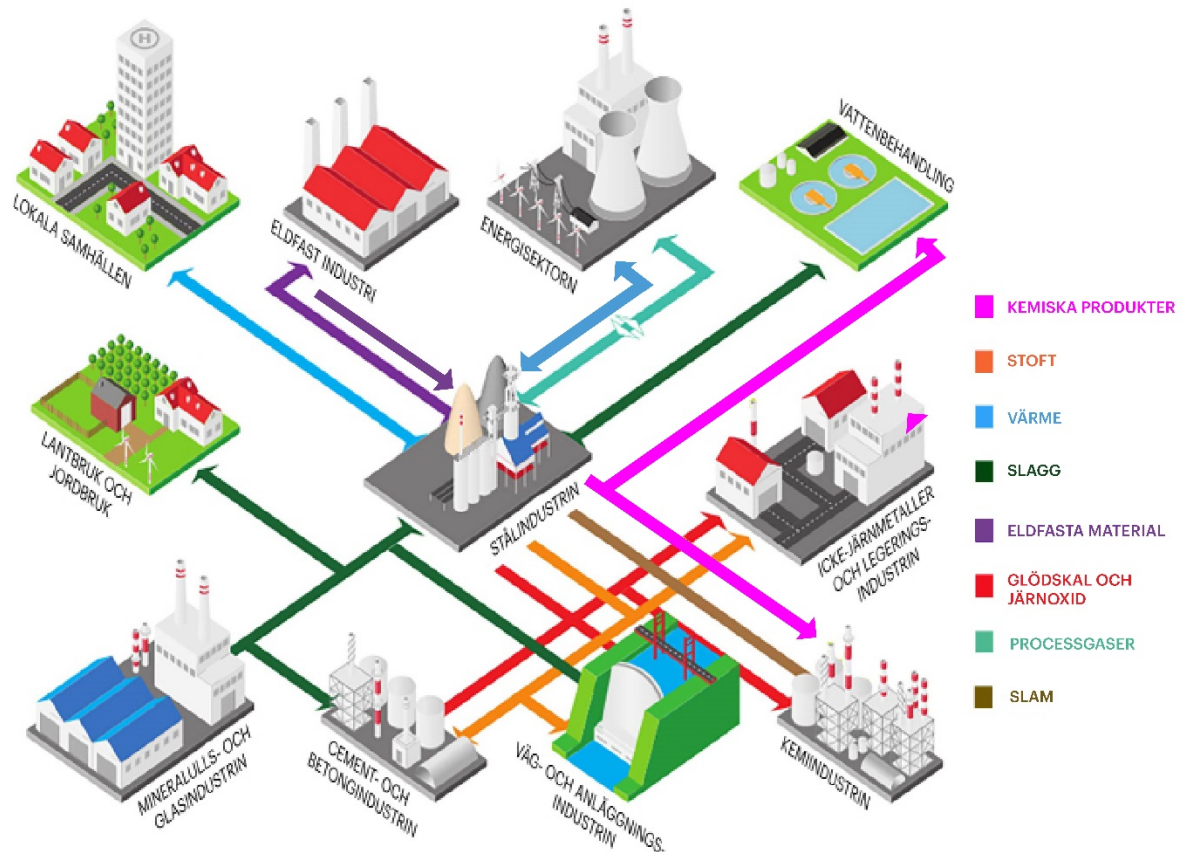
⁷ LD är en österrikisk process från Linz Donawitz (LD), med behållare och lans för behandling med syrgas.

⁸ Höglegerat och rostfritt har mer än 8 procents legeringsinnehåll.

Genom användning av biprodukter, återanvändning av interna material och återvinning av metallinnehåll minskas uttaget av jungfruliga material avsevärt. Branschen arbetar med att säkerställa optimal användning av materialen där de olika egenskaperna nyttiggörs i olika applikationer. Målet är att substituera en del av de traditionella jungfruliga materialen med alternativa material för minskad resursanvändning och förbättra applikationernas egenskaper. Figur 1 illustrerar de sektorer som använder branschens restprodukter i olika applikationer och de återflöden som finns, se avsnitt 4.6.

Figur 1

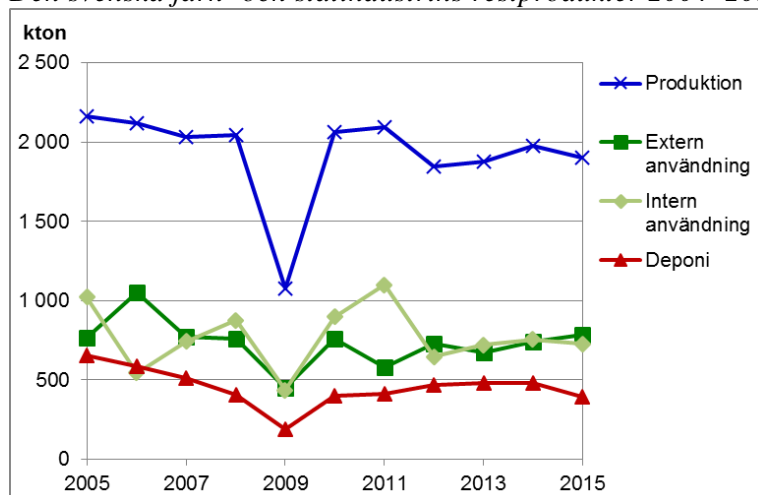
Industriell symbios – många sektorer i samhället använder stålindustrins restprodukter⁹.



⁹ Figuren är baserad på en presentation gjord av den europeiska stålindustrins branschorganisation Eurofer (där både Jernkontoret och stålföretag deltar). Den illustrerar hur restproduktsflödena nyttiggörs av andra branscher – så kallad industriell symbios – och har justerats för svenska förhållande.

Diagram 5

Den svenska järn- och stålindustrins restprodukter 2004–2015.

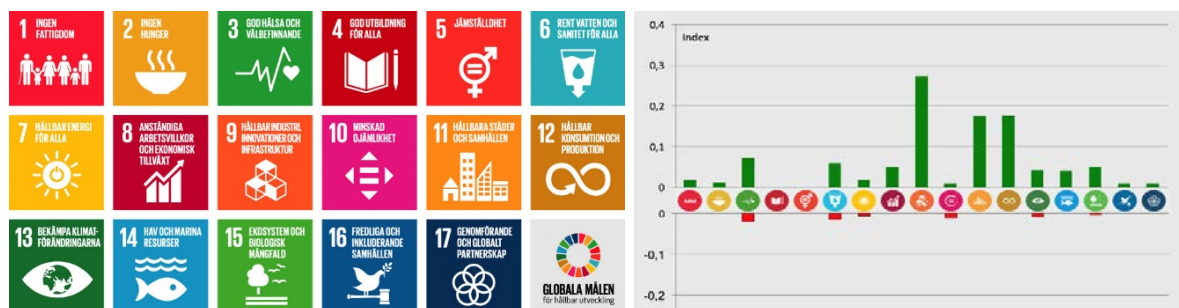


År 2050 används resurser så effektivt att bara samhällsnyttiga produkter lämnar den svenska stålindustrin enligt det tredje åtagandet i stålindustrins vision¹⁰. Både samhällsnyttiga produkter och samhällsnytta är relativa begrepp. Dessa måste tolkas på kort och lång sikt, lokalt och globalt samt för både produkter och processer. Jernkontoret och stålindustrin inledde ett samarbete med Stockholm Environment Institute (SEI) 2015, i ett projekt finansierat av Hugo Karlssons Stiftelse, för att få en djupare förståelse för begreppet samhällsnytta. Det är lättare att definiera vad som inte är samhällsnyttigt, såsom utsläpp och avfall, än vad som är det. Projektet resulterade i en handlingsplan med tio strategiska punkter om vad stålindustrin och andra måste göra för att bidra till ett hållbart samhälle samt en scenarioreport till 2050.

Hösten 2016 startade nästa fas¹¹ med avstamp i handlingsplanen, med syfte att utveckla en samhällsnyttokompass som styr mot åtagandet om samhällsnytta genom FN:s 17 globala mål i Agenda 2030, se Figur 2. Restprodukter var ett särskilt utpekad område i projektet. Kompassen kan användas för att jämföra alternativ för olika åtgärder, material, produkter och processer i olika länder och olika år. En översiktlig första samlad målbildsanalys, se Diagram 6, för åtta restprodukter visar att alla mål utom *Mål 4 Utbildning* och *Mål 5 Jämställdhet* påverkas. Det finns särskilt stor positiv påverkan i tre av målen, *Mål 9 Hållbar industri*, *Mål 11 Hållbara städer* och *Mål 12 Hållbar konsumtion och produktion*. Det finns också restriktioner att ta hänsyn till bland annat för *Mål 6 Vatten* och *Mål 3 God hälsa*, för några av applikationerna.

Figur 2 och Diagram 6¹²

FN:s globala mål och hur åtta olika sorters restprodukter påverkar målen



¹⁰ <https://www.jernkontoret.se/sv/vision-2050/samhallsnytta/>

¹¹ <https://www.sei-international.org/publications?pid=3094>

¹² Diagram 6 är framtaget 2017 med de ikoner som då gällde för globala målen.

Det är viktigt att se helheten vid beslutsfattande och kompassen är en navigator som visar hur olika åtgärder påverkar samtliga mål och deras korskopplingar för att nå Agenda 2030. Kompassen, se Figur 3, visar olika färger och siffror för hur förstärkande eller försvårande olika mål är för varandra. Den visar i grundläget de utmaningar som kvarstår (rött) och var möjligheter till utveckling finns (grönt). Kompassbilden kompletteras också med en resultatfil med detaljer när man jämför olika alternativ.

Figur 3

Agenda 2030-kompass (mer grönt innebär mer samhällsnyttigt, vilket också en högre siffra indikerar).



Kompassen prövades vid en intern workshop i en samskapandeprocess för att jämföra olika alternativ och för olika marknader. Eftersom det var den allra första testkörningen måste resultaten tolkas med försiktighet och ska bara ses som en illustration på hur kompassen kan användas för att systematiskt analysera ett alternativ i relation till samtliga mål och visa positiv och negativ samhällsnytta. När en slaggsten används i en avancerad applikation, slaggasfalt, se avsnitt 3.2.1, och jämförs med bergskross, i relation till samtliga mål och i Sverige, blir den relativa samhällsnyttan lite mer positiv om än marginellt. Skälet är givetvis att en sådan liten åtgärd i Sverige bara marginellt bidrar till de målen. Danmark pekades ut som det land som skulle ha störst nytta av slaggasfalt. Åtgärden gav också ett större positivt bidrag till *Mål 3 God hälsa*, till exempel genom mindre buller, färre partikelsläpp och färre omläggningar (mindre trafikproblem) utöver de mer förväntade effekterna på till exempel *Mål 9 Hållbar industri och infrastruktur* och *Mål 11 Hållbar samhällen*.

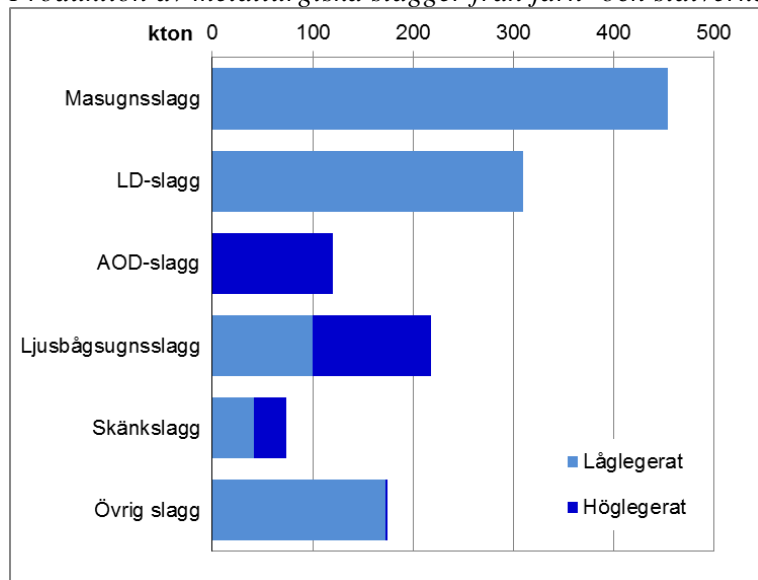
2. Metallurgiska slagger – stålindustrins tillverkade mineral

2.1 Produktion och processteg

Totalt producerades 1 350 167 ton metallurgisk slagg hos järn- och stålverken i Sverige under 2015. Denna produktion fördelas på en rad olika slaggtyper i Diagram 7. De största mängderna, över 70 procent, kom från den malmbaserade tillverkningen i masugn¹³ och LD-konverter¹⁴. I Bilaga 1 och 2 finns mer detaljerad kunskap om processerna och egenskaperna hos de olika slaggen samt olika användningsområden.

Diagram 7

Produktion av metallurgiska slagger från järn- och stålverken 2015.



Slagg är en styrd aktiv komponent i de metallurgiska processerna som bidrar till att ge stålet önskade egenskaper och tar bort oönskade ämnen från järnråvaran. Slaggens kemiska sammansättning bestäms av vilka råvaror som används samt hur processen körs. De råvaror som styr slaggens sammansättning är slaggbildare, järnråvaror och legeringsämnen. Tillsatserna av alla dessa råvaror är noggrant styrda enligt recept varför metallurgiska slagger normalt har konstanta egenskaper. Utöver detta har slaggen bland annat till uppgift att förbättra energiöverföringen till stålmältan och att skydda ugnens infodring. Mängden producerad slagg följer i princip mängden producerat stål.

Tillverkning av slagg görs på olika sätt på olika anläggningar. Figur 4 visar vilka delmoment som kan ingå, även om inte alla förlopp ser exakt likadana ut. Först tillsätts råvaror som smälts i olika metallurgiska processer. Under slaggtömning kan vatten spridas över slaggen för snabbare kylning, till exempel för masugnsslagg bidrar det till att ge slaggen cementegenskaper.

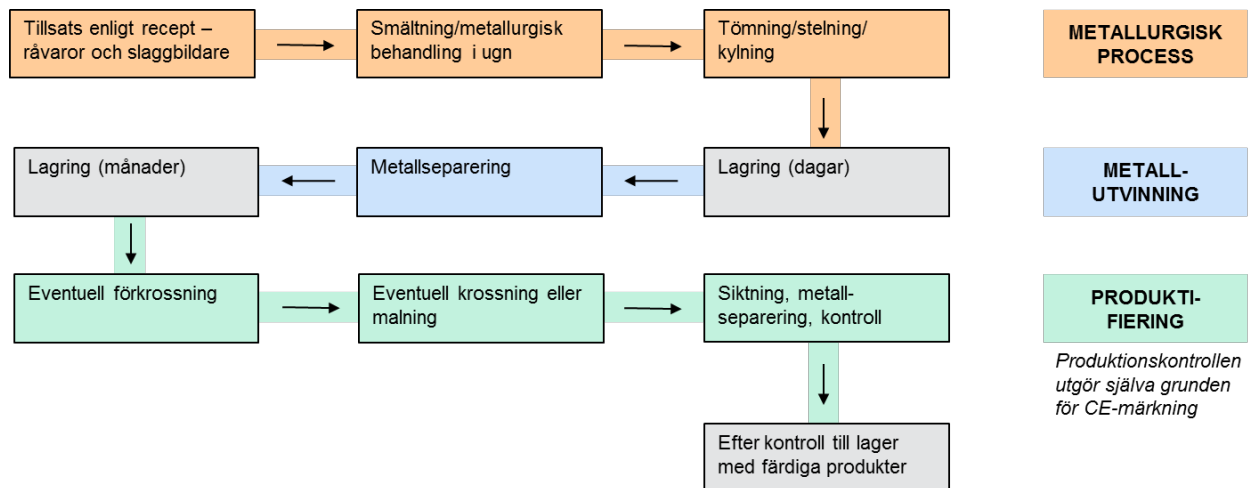
Efter den metallurgiska processen innehåller slaggen rester av stål. För att tillvarata metallvärden (järn och legeringselement) är det vanligt med olika typer av metallutvinning i slagghanteringskedjan (magnetisk eller gravimetrisk). Ofta behöver slaggen lagras en viss tid för att säkerställa volymstabilitet innan den så småningom ska användas. I ett sista, ofta separat, processteg sker produktifieringen som ser olika ut beroende på användningsområde. I det här steget sker produktkontroll, grunden för CE-märkning, enligt tillämpliga normer, till exempel för ballast, se avsnitt 3.4.3 Standardisering.

¹³ Under ett kvartal av 2015 renoverades en av SSABs masugnar och användes inte.

¹⁴ En del av posten övrig slagg räknas också in denna summa. I posten övrig slagg ingår bl.a. avsvavlingslagg och tunnelugnsslagg, se Bilaga 2.

Figur 4

Övergripande processteg och produktifiering av en slagg.



2.2 Tillverkade mineral

Likt många bergarter består samtliga metallurgiska slaggar av ett antal olika mineral och de har även gemensamt med många bergarter att de bildats på samma sätt, det vill säga stelnat från en smälta, vilket illustreras med en närbild på en ljusbågsugnsagg i Bild 1. Varje slaggtyp har sitt eget "fingeravtryck" i formen uppsättning mineral. De enskilda mineralen har alla sina egenskaper och slaggens egenskaper blir därför summan av de enskilda ingående mineralens egenskaper. Det betyder att slaggenas egenskaper i viss mån är styrbara, då ganska små förändringar i exempelvis råvarumix kan göra ganska stora skillnader i mineraluppsättning. Önskas starkare och mer reaktiva egenskaper (till exempel cementbindande) görs vissa förändringar. Ett stabilare material kan också uppnås men ofta på ett annat sätt. En större intern forskningsrapport gjordes 2015¹⁵ om slaggineralogi och hur man kan styra slaggens sammansättning och samtidigt uppnå önskvärda stål- och slaggegenskaper.

Bild 1

Ljusbågsugnsagg från Ovako i närbild. Foto: Peter Phillips.



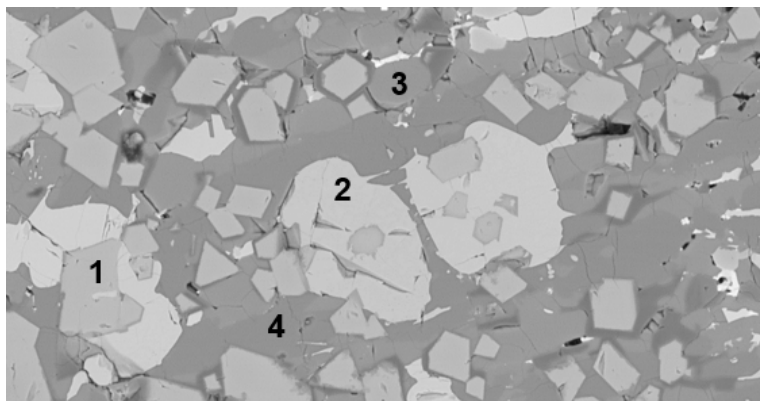
De flesta mineraltyper i de metallurgiska slaggen finns också i naturliga bergarter. De vanligaste mineralen i metallurgiska slaggar är larnit, Ca_2SiO_4 , merwinit, $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$, åkermanit, $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$, spineller AB_2O_4 , brownmillerit, $\text{Ca}_2(\text{Fe,Al})_2\text{O}_5$, mayenit $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$,

¹⁵ Bo Björkman, LTU tillsammans med stålföretagen aktiva i forskningen i teknikområde 55 Restprodukter och teknikområde 23 Ljusbågsugnar, skänkmetsallurgi.

trikalciualuminat, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, samt så kallade fasta lösningar av mono-oxider MeO ¹⁶. I Bild 2 ses en ljusbågsugns slag i svepelektronmikroskop (SEM) där några av de nämnda mineralerna ingår.

Bild 2

SEM av en ljusbågsugns slag med 1: spinell, 2: mono-oxid, 3: larnit samt 4: merwinit.

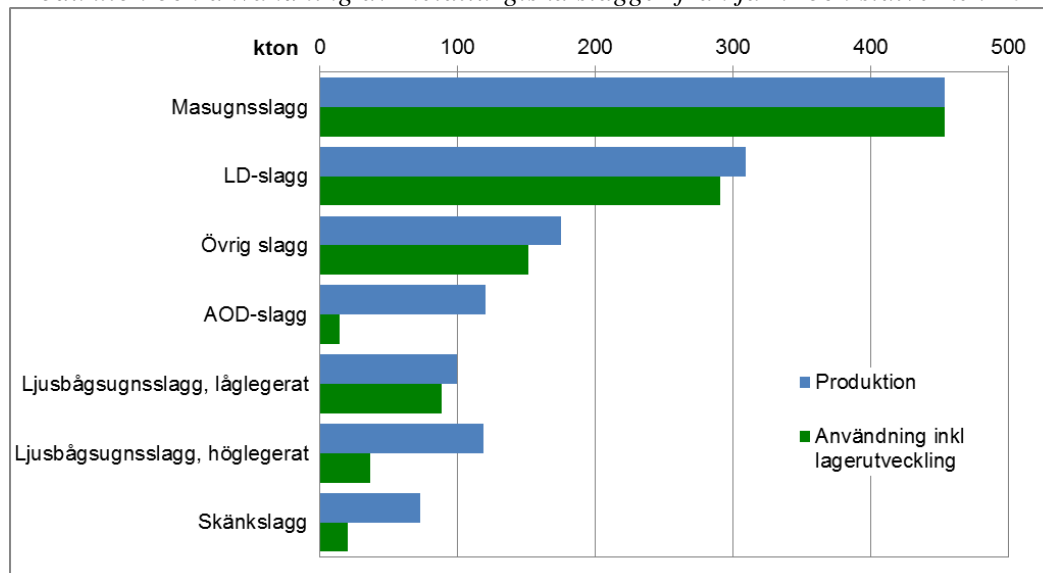


2.3 Olika typer av slagger och använda mängder

Inom svensk järn- och stålindustri produceras olika sorters metallurgiska slagger beroende på vilken tillverkningsprocess för stål företaget har. Drygt 80 procent av de slaggmängder som produceras används i olika applikationer både internt eller externt. Under 2015 användes all producerad masugnsslagg, se Diagram 8, främst för externa ändamål, liksom nästan all låglegerad ljusbågsugns slag. Drygt 20 procent av den höglegerade ljusbågsugns slaggen användes, vilket är en stor ökning sedan 2010 och med växande trend för åren därefter.

Diagram 8

Produktion och användning av metallurgiska slagger från järn- och stålverken 2015.



I Tabell 1 redovisas olika slaggtypen och var de uppkommer. När en slag uppfyller samtliga kriterier för en biprodukt har den registrerats i REACH, se lagstiftningsavsnitt 6.2. Som en del i REACH har slaggernas miljö- och hälsoaspekter kartlagts för en säker användning, se Bilaga 5.

¹⁶ Olika metalloxider som är blandbara med varandra i strukturen till exempel järn- och magnesiumoxid.

Tabell 1

Slaggtypen inom svensk stålindustri och registrering i REACH när det är en biprodukt¹⁷.

Slaggtyp	Uppkomst process/ sort	Plats ¹⁸	Produktnamn ¹⁹	REACH registrering
Masugnsslagg	Masugn			
<i>Luftkyld</i>		SSAB, Oxelösund	Hyttsten	Ja
		SSAB, Luleå	Hyttsten	Ja
			Paddex	Ja
<i>Vattengranulerad</i>		SSAB, Oxelösund	Hyttssand	Ja
LD-slagg	LD-konverter	SSAB, Oxelösund	LD-sten	Ja
		SSAB, Luleå	LD-sten	Ja
Ljusbågsugnsslagg	Ljusbågsugn			
<i>Rostfritt</i>		Outokumpu, Avesta	MASgrus	Ja
		Sandvik Materials Technology, Sandviken		Nej
<i>Höglegerat</i>		Uddeholm, Hagfors		Ja
		Kanthal, Hallstahammar		Nej
<i>Låglegerat</i>		Höganäs, Halmstad	Petrit E	Ja
		Ovako, Smedjebacken	EAF-ballast mm	Ja
		Ovako, Hofors	EAF-ballast mm	Ja
<i>Höglegerat</i>	Induktionsugn och gjutlåda	Erasteel Kloster, Söderfors		Nej
AOD-slagg²⁰	AOD-konverter			
<i>Rostfritt</i>		Outokumpu, Avesta	MASgrus	Ja
		Sandvik Materials Technology, Sandviken		Nej
Skänkslagg	Skänkugn/ Behandling i skänk	Outokumpu, Avesta Ovako, Smedjebacken Ovako, Hofors Sandvik Materials Technology, Sandviken SSAB Oxelösund SSAB Luleå Uddeholm, Hagfors Höganäs, Halmstad		Ja Nej Nej Nej Ja Nej Ja Nej
Tunnelugnsslagg	Tunnelugn	Höganäs, Höganäs	Petrit T	Ja

¹⁷ Se kapitel 7 Restprodukter och lagstiftning

¹⁸ I Bilaga 6 finns en sammanställning av samtliga anläggningar.

¹⁹ I resten av handboken kommer dessa produktnamn användas när det är relevant, annars används ett övergripande samlingsnamn, typ ljusbågsugnsslagg.

²⁰ AOD betyder Argon Oxygen Decarburization. Stålet avkolas med hjälp av argon och syre.

2.4 Slagger från övrig metallindustri

Eftersom stålbranschen samarbetar med några metallföretag i restproduktsfrågorna och flera av användningsområdena är likartade, ingår också Vargön Alloys AB:s ferrokromslag och Boliden Mineral AB:s järnsand i denna handbok. Mer detaljer om dessa material finns i Bilaga 3.

Tabell 2

*Några slaggtypen och REACH registrering.*²¹

Slaggtyp	Uppkomst/Process	Plats	REACH
Ferrokromslag	Ferrokromtillverkning	Vargön Alloys	Ja
Järnsand	Fumingugn	Bolidens Rönnskärsverk	Ja

Vargön Alloys AB i Vargön tillverkar ferrokrom (råvara för framställning av legerat stål) och tillverkningen av ferrokromslag är en del av denna process, med en årlig produktion runt 100 kton. Smältråvaran till Boliden Mineral AB:s smältverk vid Rönnskär, Skelleftehamn, består till största delen av anrikad kopparmalm, så kallad kopparslig. Vid kopparframställningen tillsätts ren kvartssand (SiO₂) som slaggbildare. Årligen produceras 250 000–300 000 ton järnsand.

²¹ Statistiken och handboken är baserad på insamlad statistik för järn- och stålverken. Därför ingår producerade och använda mängder slagg för dessa företag inte i några fler diagram eller tabeller.

3. Användning av metallurgiska slagger

3.1 Alternativa eller traditionella material

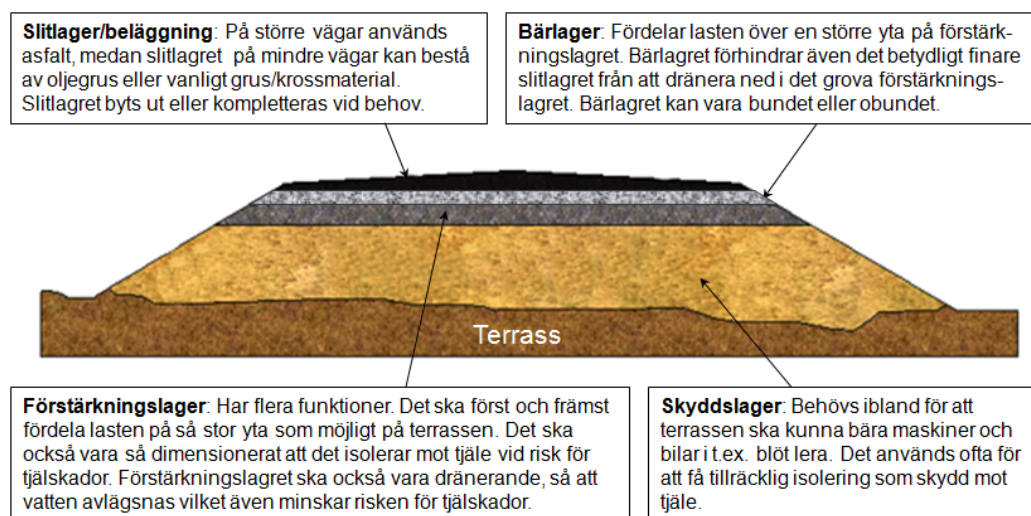
För de flesta slaggerna finns det en tradition att betrakta dem som alternativa ballastmaterial. Med detta avses industriellt framställda material för anläggningsarbeten och konstruktionsändamål som ersätter jungfruliga material (krossat berg, morän, sand och grus). Möjligheten att bygga effektivare konstruktioner med slagg än med konventionella ballastmaterial är stora både i anläggningsförfarandet, i drift och underhåll. Jämfört med de flesta naturmaterial är slaggerna ofta mer väldefinierade eftersom de är metallurgiskt styrda redan i tillverkningsprocessen och har bättre egenskaper såsom ökad bärighet, slitstyrka eller bindande förmåga. Ökad användning av slagg i vägkonstruktioner är i linje med de nationella miljömålen om minskat uttag av jungfruliga material och ökat utnyttjande av alternativa material enligt EU:s strategi om cirkulär ekonomi. Det bidrar också positivt till FN:s globala mål, se diagram 6.

3.2 Vägkonstruktion

När ett vägbygge påbörjas schaktas först jord och lera undan. Den frilagda markytan, där vägen ska byggas, kallas för terrass. På denna läggs olika bärande lager och överst ett slitlager, se Figur 5. Höjden på de olika lagren, samt även sorteringen på materialet, varierar med kraven på vägen. Ofta är det bärigheten som avgör konstruktionen, men ibland kan också isolering mot tjäle bli dimensionerande eller en kombination av flera krav. För större vägar gäller AMA Anläggning²². I Tabell 3 framgår vilka slagger som passar bäst i respektive lager.

Figur 5 och Tabell 3

En vägs olika lager och rekommendation för slagganvändning i en vägs olika lager



Lager	Asfaltsväg
Slitlager	Ljusbågsugnsagg, Ferrokromsagg, LD-sten
Bärlager (bundet)	Ljusbågsugnsagg, Ferrokromsagg
Bärlager (obundet)	Hyttsten, Ljusbågsugnsagg
Förstärkningslager	Hyttsten, Hyttsand, Ljusbågsugnsagg, Stabiliserad AOD-slagg, Järnsand
Undre förstärkningslager (f.d. skyddslager)	Hyttsten, Hyttsand, Järnsand, Ljusbågsugnsagg
Övrig användning	
Dränering/isolering	Hyttsten
Lättfyllnadsmaterial ²³	Hyttsand

²² Referensverk utgiven av Svensk Byggtjänst AB: Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten; AMA Anläggning 17.

²³ Fyllning i bankar, skyddslager och förstärkningslager vid svag undergrund.

3.2.1 Slitlager (slaggasfalt) och bundet bärlager

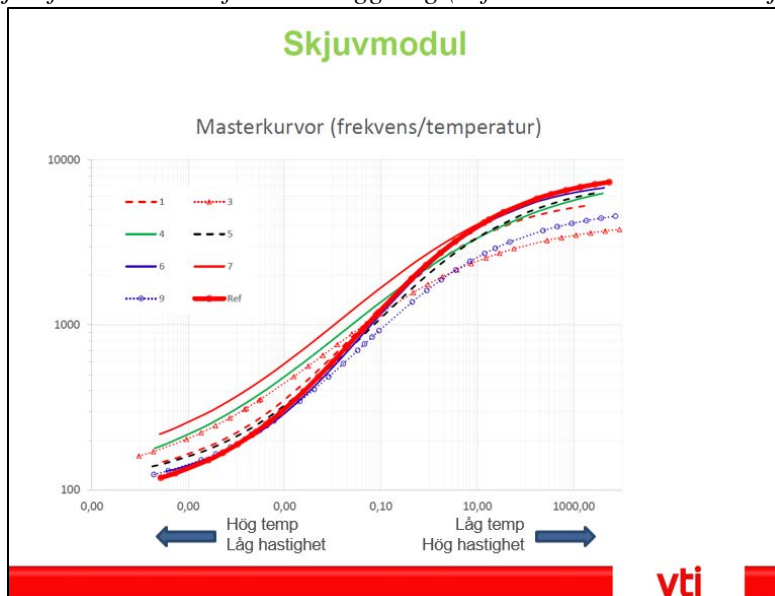
Under de senaste tio åren har ljusbågsugnsslagg (med olika produktnamn såsom EAF-ballast, MASgrus, Petrit E, med flera²⁴.) använts till slitlager i bland annat rondeller runt om i Sverige. Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) dokumenterade redan 2008 en rad exempel och genomförde en uppföljande studie 2013.²⁵ Slaggasfalt uppvisar en rad positiva egenskaper som gör den attraktiv i hållbart samhällsbyggande. Ett slitlager bestående av slaggasfalt ger många tekniska fördelar samtidigt som användning av jungfruliga material i form av bergkross undviks. Övriga miljöfördelar är att slaggasfalt kan läggas i tunnare lager och användning av vissa kemikalier, bland annat vidhäftningsmedel, kan minskas. En längre livslängd minskar behovet av omläggningar och annat underhåll.

Eftersom slaggen är basisk har den utmärkt vidhäftning till bitumen som är ett surt bindemedel och slaggballasten sitter därför kvar i asfalten även vid tunga belastningar med mycket däckvridningar. Den goda vidhäftningen medför även att det blir möjligt att tillverka tyst asfalt med porös struktur, som håller betydligt bättre än med bergkross. Slaggstenarnas poriga form gör också att ballasten själv erbjuder viss bullerdämpning vilket gör det möjligt att tillverka höghållfast asfalt med bullerdämpning. Den skrovliga ytan hos slaggen i asfalten består även vid slitage vilket innebär att väggreppet är bra både när vägen är nylagd och när den är slitet.

Slaggasfalt kan med fördel användas i alla vägens asfaltslager. I det bundna bärlagret bidrar slaggen till hög stabilitet vilket minskar risken för spårbildning genom plastisk deformation. I slitlagret bidrar som tidigare nämnts vidhäftningen till bitumen till god slitstyrka. Asfaltens skjuvhållfasthet kan förbättras genom användning av slaggen i det så kallade bindlagret. Forskning²⁶ visar att slaggen också påverkar bindemedlet så att dess egenskaper blir mindre beroende av temperatur och belastningshastighet jämfört med en referensasfalt med bergkross. Diagram 9 visar på tydligt flackare kurvor för slaggasfaltarna än referensen. Detta innebär mindre risk för sprickbildning vintertid och för spårbildning sommartid.

Diagram 9

Skjuvmodulens beroende av frekvens hos asfaltbeläggningar baserade på sju olika slagger jämfört med en referensbeläggning (referensen visas som en tjock röd kurva).



²⁴ Se tabell 1 för produktnamn på de olika slaggtyperna.

²⁵ VTI notat 5-2008 Stålslagg i asfaltbeläggning En kunskapsöversikt samt fältförsök i Dalarna samt VTI notat 19-2013 Stålslagg i asfaltbeläggning Fältförsök 2005–2012.

²⁶ VTI notat 10-2015 Slaggasfalt, delrapport A Ballastegenskaper och slitageegenskaper enligt Prall VTI notat 19-2015 Slaggasfalt, delrapport B Stabilitet och skjuvegenskaper hos slaggasfalt.

Användandet av dubbdäck vintertid, vilket ger kraftigt slitage av asfalten och hälsofarlig partikelbildning med i vissa fall överskridande av miljökvalitetsnormer som resultat, är unikt för Skandinavien. Internationellt finns inga erfarenheter av hur slaggasfalt klarar detta kraftiga slitage. De tester som genomförts genom försök i laboratorieskala på VTI²⁷ visade att bildningen av PM₁₀²⁸ från asfaltsbeläggningar med slagg var förhållandevis låg.

Idag finns slaggasfalten väl spridd över landet²⁹ och återfinns både i vägnätet, i rondeller, se Bild 3, på industriområden, och hamnar. Allt tyder på en ökad användning de kommande åren baserat bland annat på ett tioårigt samarbetsavtal om leverans av ljusbågsugnsslagg till ballast i asfalt som tecknades 2016.

Bild 3

*Rondell med ljusbågsugnsslagg i asfalten, Hamnleden i Gävle med ljusbågsugnsslagg, Hofors.
Foto: Mikael Ullén.*



3.2.2 Övriga lager

Masugnsslagg i form av produkterna Hyttsten³⁰ och Hyttsand har använts till obundna bärlager och till väg- och anläggningskonstruktioner under flera decennier i Sverige. Om materialens egenskaper utnyttjas på bästa sätt kan en vägkonstruktion dimensioneras tunnare med bibehållen bärighet. Detta innebär både hushållande med naturresurser och en ekonomisk vinst. Om en vägs förstärkningslager anläggs med Hyttsten i stället för bergkross ger det en besparing på 910 kubikmeter material/kilometer. VTI har gjort dessa beräkningar³¹ på en sju meter bred väg, dimensionerad för nio miljoner standardaxlar med materialtyp 4³² i terrassen.

I förstärkningslager bidrar Hyttsten till en hög styvhet (bärighet) hos vägkonstruktionen vilken som regel fortsätter att öka under lång tid. Det är materialets kornstorleksfördelning samt dess cementerande egenskaper som ger denna styvhetsökning. Hyttsten är ett mycket stabilt material, det vill säga att det har förmåga att motstå permanenta deformationer och egenskaperna har verifierats i ett dynamiskt treaxialtest hos VTI.³³ Ett flertal undersökningar i fält genom

²⁷ VTI notat 24-2015 Slaggasfalt, delrapport C Slitage och bildning av inandningsbara partiklar (PM10).

²⁸ Luftburna partiklar är en form av luftföroreningar som utgörs av små fragment av material i luften. Den engelska benämningen är "particulate matter" (PM), vilket betyder materia i form av partiklar och PM används för att klassificera storleken. PM10 betecknar partiklar mindre än 10 mikrometer.

²⁹ En referensobjektslista med slaggasfalt kommer att publiceras här <https://www.jernkontoret.se/sv/forskning--utbildning/teknikomraden/to-55-restprodukter/>

³⁰ <http://www.merox.se/index.pl/handbok>

³¹ "Dimensionering av vägöverbyggnader med Hyttsten" VTI Dnr: 2010/0291-202

³² Indelning av berg och jord i olika materialtyper.

³³ VTI notat 53-2001.

fallviktsmätningar visar på en betydande hållfasthetsökning över tid hos vägar med Hyttsten³⁴. Järnsand kan också användas i till exempel förstärknings- och skyddslagret. Särskilt lämplig är den där vägens undergrund är vattensjuk eller tjälskjutande. Dess dränerande förmåga gör den lämplig som dränskikt, ledningsbädd eller kringfyllning kring ledningar och kablar. Risken för igenfrysning av dränskikt i järnsand är mindre än för vanlig sand. Hyttsten kan med fördel också användas i undre förstärkningslager. Den är porig till sin karaktär vilket ger den isolerande egenskaper som kan utnyttjas i anläggningssammanhang för att motverka tjälskador. Ett isolerande vägmaterial ökar risken för frosthalka om det ligger för högt upp i vägkroppen.

Hyttssand har låg egentynghet (låg densitet) och brukar räknas som lättfyllnadsmaterial. Det kan utnyttjas när ett belastningskänsligt område behöver avlastas. Den cementerande effekten ger en större lastfördelande yta till undergrunden vilket medför att sättningarna blir betydligt mindre än vid användning av andra material med samma densitet. Slagg kan även användas som obundet slitlager (det vill säga det som normalt kallas för grusväg), se Bild 4. En fördel är att slaggstenarna inte rullar ut från vägen på samma sätt som vanligt grus, beroende på den oregelbundna formen. En annan fördel är att slaggen till viss del binder fukt och dammar mindre och att den klarar högre belastningar jämfört med vanligt grus.

Bild 4

Grusväg med ljusbågsugnsslagg från Höganäs.



3.3 Övriga applikationer för metallurgiska slaggar

3.3.1 Cement

Flera metallurgiska slaggar kan ersätta jungfruligt bruten kalksten (CaCO_3) i cementtillverkning vilket ger tre huvudsakliga fördelar för processen, lägre energi- och materialåtgång och koldioxidutsläpp. Cement tillverkas huvudsakligen av kalksten, lermineral och sand där kalksten utgör cirka 80 procent. De finmalda råvarorna bränns till cementklinker i en roterande ugn och när kalkstenen upphettas drivs koldioxid av från kalkstenen ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) genom kalcinering. Av 1 000 kilo kalciumkarbonat genereras 440 kilo koldioxid. Slagg kan till viss del ersätta kalksten som kalkkälla vid cementtillverkning och är redan kalcinerade, det vill säga koldioxid har avgetts från kalkstenen när den fungerar som slaggbildare. Utsläppen av koldioxid kan därmed reduceras med 440 kilo/1 000 kilo kalksten vid klinkertillverkning.

Granulerad masugnsslagg har anpassats för cementtillverkning, eftersom det krävs en lämplig kemisk sammansättning och kornstorleksfördelning utöver fysikaliska parametrar. Mald

³⁴ VTI notat 16-2008.

granulerad masugnsslagg är tillsammans med cement även lämpligt som bindemedel vid stabilisering och solidifiering av förorenade muddermassor och sediment. Den så kallade s/s-metoden ökar hållfastheten hos massorna genom inblandning av bindemedel och på så sätt kan de användas som konstruktionsmaterial samtidigt som metaller fastläggs, till exempel arsenik, kadmium, krom, kvicksilver, koppar och bly liksom polyaromatiska kolväten.³⁵

3.3.2 Betong

Ljusbågsugnsslagg används som ballast i betongblock genom tillverkning av till exempel legobitar som används både internt på företagen och externt i närområdena, se Bild 5. Fördelen med användning av slaggtyp är besparing av naturresurser, men det finns också tekniska fördelar som studeras för närvarande bland annat inom forskningsprojektet *Slagg i betong*, se avsnitt 3.4.2. Vikten hos ett betongelement kan genom val av rätt slaggtyp antingen få högre eller lägre vikt än ett element av standardbetong.

Bild 5

Intern och extern användning av betongblock.



Snabbkyld (granulerad) och mald masugnsslagg kan fungera som bindemedel på liknande sätt som cement. Användningen av mald granulerad masugnsslagg, GGBS, uppgår till cirka 100 miljoner ton globalt, men i Sverige är för närvarande tillverkningen av GGBS begränsad.

3.3.3 Vattenrening

Metallurgiska slaggar används för att rena avloppsvatten från fosfor i andra länder i Europa samt i Australien, Nya Zeeland och USA. Masugnsslagg har också testats i fullskaleförsök för avskiljning av metaller från dagvatten och lakvatten. Det finns stor potential att i full skala rena vatten från fosfor och oönskade metaller med hjälp av biprodukter i form av industriella mineraler från stål och metallindustrin, se Bild 6. Metallindustrin kan bidra till cirkulär ekonomi och industriell symbios genom att metallurgiska slaggar används i större omfattning för att kunna minska tillförsel av fosfor och metaller till sjöar och hav.

³⁵ Statens Geotekniska Institut: Vägledning för nyttiggörande av muddermassor i hamn- och anläggningskonstruktioner, 2011

Bild 6

Vattenrening genom slagg.



Mineralerna i slagg som består av bland annat kalcium, magnesium och kisel ger dessa material förmåga att binda fosfor och metaller till sin yta genom adsorption. Ett fosforfilter placeras vanligen efter slamavskiljare och markbädd som ett sista reningssteg. Då fosforfiltret blivit mättat med fosfor byts det ut och förbrukat filtermaterial kan användas som fosforberikat kalkningsmedel på åkermark och i jordbruk. Ett flertal projekt har studerat slaggernas potential att utvinna fosfor och metaller ur olika typer av förorenat vatten och resultaten är lovande. Fullskaletester utförs för rening av till exempel enskilda avlopp, trafikdagvatten och industriellt dagvatten, se avsnitt 3.4.2. För att synliggöra pågående arbete har stålindustrin deltagit i de två senaste Havs- och vattenforumen, se Bild 7, och i FN:s konferens om *Mål 14 Hav och marina resurser*, i New York, juni 2017. Arbetet med vattenrening med hjälp av slagg är också registrerat som ett frivilligt åtagande inom ramen för FN.

Bild 7 och 8

Stålindustrin tillsammans med användare, Alnarp Cleanwater, vid Havs- och vattenforum, FN:s havskonferens i New York om Globala målet 14 Hav och marina resurser.



Ett annat sorts exempel på användning av slagg för rening var när Trafikverket 2017 såg över sträckningen på Dalabanan för att möjliggöra ökad trafik och behövde en förstärkning av ett tidigare stickspår till samhället Vikmanshyttan, se Bild 9. Stickspåret låg på en bank av bland annat kisaska, som med sitt innehåll av svavel sänkte pH-värdet på massorna och därmed

riskerade utlakning av föroreningar. I upphandlingen valdes en AOD-slagg från Outokumpu för att höja pH -värdet och därmed minska utlakningsrisken och järnvägsbanken stabiliserades med gott resultat.

Bild 9

Utläggning av AOD-slagg för förstärkning och höjning av pH -värdet vid en före detta järnvägsbank i Vikmanshyttan.



3.3.4 Stenull

Metallurgiska slagger används som råmaterial vid tillverkning av stenull, se Bild 10, där mineralen i slaggerna blir ett komplement till övriga ingående mineraliska råmaterial. Ett extra plus med att använda slagger är att de ofta innehåller järnoxid som gör att stenullen får ett ökat motstånd mot brand. Eldfasta material, se avsnitt 4.6, består också av lämpliga mineral, vilket gör att förbrukat eldfast material också kan användas som råmaterial vid tillverkning av stenull.

Bild 10

Stenull från ljusbågsugns-slagg.



3.3.5 Ridbanematerial

Krossad masugnsslagg (i produkten Paddex) och höglegerad ljusbågsugnsslagg (produkten MASgrus)³⁶, se Bild 11, används som ridbanematerial och fungerar även bra som material till rasthagar och gårdsplaner. Materialet är poröst och har därmed god förmåga att binda fukt vilket ger minskad damning och bra dränering. Dess innehåll av kalk och kisel ger cementliknande bindningar vilket bidrar till god stabilitet.

Bild 11 och 12

Ridbana och ett exempel på en hårdgjord yta.



3.3.6 Hårdgjorda ytor

De flesta slagger har mycket låga strålningsvärden och detta nyttjades av en råvaruleverantör vid ombyggnad av sin mätplats för radioaktivitet. Det fanns problem med förhöjda bakgrunds nivåer av radioaktiv strålning från radon i marken på det ställe där inleveranserna av råvaror testades. Efter att ha grävt ur och fyllt på med slagg både under och i ytskiktet, se Bild 12, konstaterades en avsevärt lägre bakgrunds nivå, vilket möjliggjorde högre känslighet på instrumentet och bättre detektion av eventuell radioaktivitet. Slagger kan även fungera som strålningsskydd, vilket gör att även om det underliggande materialet har en viss bakgrundsstrålning, kan den minskas.

3.3.7 Konstruktionsmaterial för deponier

I ett tidigare forskningsprojekt *Konstruktionsprodukter baserade på slagg* publicerades bland annat en handbok med rekommendationer för hur stålindustrins slagger kan användas i deponikonstruktioner.³⁷ Under senare år har många befintliga deponier avslutats och mycket material har gått åt. Flertalet av slaggerna har lämpliga egenskaper till exempel dränerande eller bindande egenskaper samt god bärighet, för användning i sluttäckningskonstruktioner. Många av stålindustrins egna deponier använder slagger för detta ändamål och har på så sätt också minskat resursuttaget av jungfruligt material. Slaggerna används även i externa deponier och ett exempel är till exempel Hagfors kommun, som från 2009 fram till 2020 kommer att använda slagg från det närliggande stålverket Uddeholms för sluttäckningen av sin deponi Holkesmossen. Eldfasta material kan också användas vid deponikonstruktioner och då främst i dräneringslagret, se Bild 13.

³⁶ Se tabell 1 för de olika företagens namn på olika typer av produkter från olika slagger.

³⁷ L. Andreas, S. Diener, A. Lagerkvist. (2012) Rekommendationer för användning av slagg i deponikonstruktioner Krav, lämplighet, materialhantering och utläggning, Exemplet Hagfors kommunala deponi.

Bild 13

Eldfast material i deponi.



3.4 Insatser för ökad användning och samhällsnytta

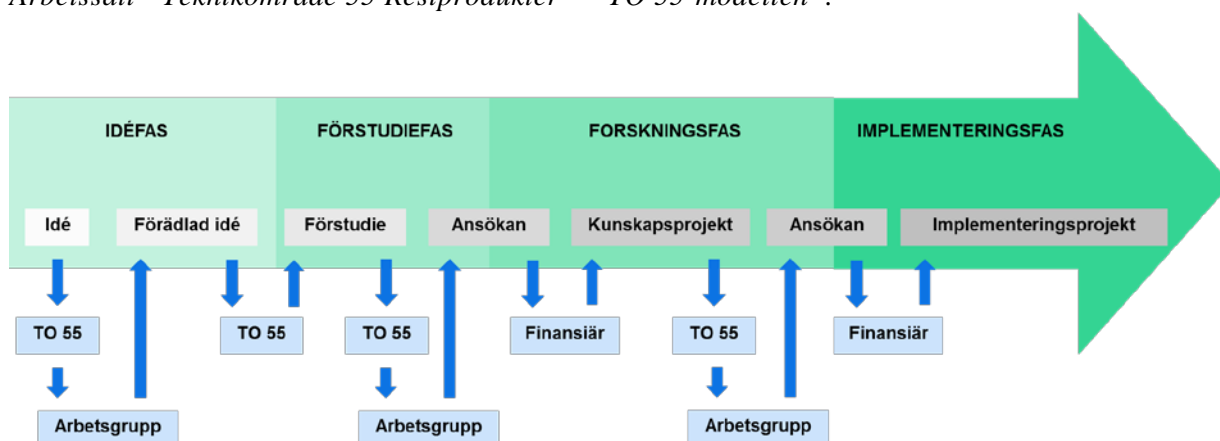
Årets handbok lyfter fram den starka utvecklingen som skett de senaste åren mot allt mer specialiserade applikationer för stålindustrins slagger. Där spelar forskning, standardisering och egenskapstestning stor roll tillsammans med samverkan i olika värdekedjor. Då råvarumix, ståltillverkning och stålsorter ständigt utvecklas krävs också kontinuerlig forskning där nya kunskaper om materialens egenskaper tas fram och sprids. Det är också avgörande att aktivt följa och delta i miljölagstiftningen, dess tolkning och utveckling, vilket utvecklas i Kapitel 6.

3.4.1 Gemensam forskning inom Teknikområde 55, Restprodukter

I den gemensamma forskningen inom Jernkontorets teknikområden, fokuserar Teknikområde 55 Restprodukter (TO 55) på branschens restprodukter. Syftet är att främja utvecklingen av nya produkter med ursprung i metalliska och mineraliska restprodukter och att öka användningen av dessa. Under de senaste åren har TO 55 utvecklat en forskningsmodell som visat sig mycket framgångsrik, se Figur 6. En idé om ett nytt användningsområde väcks och några deltagare i TO 55 förädlar den. Därefter startar ett internt bruksforskningsprojekt med deltagande företag för att ta reda på vad som behöver utvecklas. Möjliga användare till den föreslagna applikationen identifieras därefter och bjuds in till dialog och deltagande. Tillsammans med relevanta universitet och institut (både de ”traditionellt stålnära” och helt nya) har tre stora forskningsansökningar gjorts och samtliga har beviljats medel.

Figur 6

Arbetsätt - Teknikområde 55 Restprodukter – ”TO 55-modellen”.



De flesta projekten har i någon fas finansierats av Metalliska material³⁸, men i andra fall av TO 55 själva, då särskilt i inledningsfaserna eller när en särskild kunskapsför djupning behövs. Det strategiska innovationsprogrammet Metalliska material samlar Sveriges metallindustrier: stål, aluminium, hårdmetall, gjutstål, gjutjärn och gjutna icke-järnmetaller. Metalliska material var bland de första strategiska innovationsprogrammen (SIP), en satsning från Vinnova, Energi-myndigheten och Forskningsrådet Formas. I agendan finns sju insatsområden där TO 55 helt fokuserat på att öppna värdekedjan – eftersom industriell symbios och samarbete är en avgörande förutsättning för nyttiggörande. Samverkan har nått långt över förväntan med nya branscher, myndigheter och statliga institut, förbättrade forskningsresultat och ökad användning.

3.4.2 Forskningsprojekt inom Teknikområde 55 i urval

Ett bra exempel på ett område där Teknikområde 55 (TO 55) bedrivit forskning från idéstadiet hela vägen till implementering och reell användning är projekten om slaggasfalt. Grundidén till att använda slagg i asfalt är inte ny då tillämpningen är etablerad i andra länder sedan långt tillbaka. De svenska förhållandena skiljer sig från många av dessa länder, bland annat har Sverige god tillgång på berg av god kvalitet och ett utbrett bruk av dubbdäck. En kartläggning gjordes om andra länders aktiviteter och vilka olika typer av tester och aktiviteter som behövdes. Detta steg finansierades helt av TO 55 i projekt *Slaggasfalt (JK55014)*.

I fortsättningsprojektet *SLAGPHALT (JK55016)* inom programmet Metalliska material deltog aktörer i hela värdekedjan från stål- och metallproducenter, slaggbearbetning och asfaltstillverkare till Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) och Trafikverket. Ballast- och slitageegenskaper hos asfaltbeläggningar med slagg som ballast undersöktes och de flesta slaggerna visades ha goda ballastegenskaper som motsvararande bergmaterial. Tester för skjuvhållfasthet visade att slaggasfalt fungerar bättre än konventionell asfalt, över hela registret med olika temperaturer och belastningshastigheter. Test av slitageegenskaper visade på hög nötningsresistens. Bildningen av så kallade PM₁₀-partiklar från asfaltsbeläggningar med slagg var förhållandevis låg. Tre publicerade vetenskapliga artiklar, tre rapporter med testresultat från VTI och en teknisk slutrapport³⁹ publicerades. Projektresultaten har fått stor spridning och uppmärksamhet med deltagande i flera internationella konferenser. Två ytterligare resultat är ett tioårskontrakt om leverans av ljusbågsugnsagg till ballast i asfalt och ett fortsatt samarbete mellan branscherna i ett projekt finansierat av Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF).

Ett mål för projektet *SBUF Asfalt (JK55021)* är ökad och optimerad användning av slagg i beläggningar. Syftet med projektet är att utveckla ett proportioneringssystem som är anpassat för material med hög porositet och olika densitet, samt att utveckla provning av funktionsegenskaper för denna typ av material. Projektet startade 2016 och pågår i två år. Det är en direkt fortsättning på projektet *SLAGPHALT* och ett samarbete mellan asfalts- och stålbolag, VTI och Trafikverket. Finansiärer är SBUF och deltagande företag genom kontant- och naturinsatser.

Det tvååriga projektet *Intelligent styrning av slaggers egenskaper för bättre miljö I-SLAG (JK55017)* inom programmet Metalliska material utvecklade nya applikationer för slagg och kombinationer av slagg med andra material. Undersökningar av hur inneboende egenskaper hos slaggar kan utnyttjas vid rening av vatten med avseende på fosfor, koppar, nickel och zink gjordes av Luleå tekniska universitet och KTH. Karakteriseringsstudier på 22 slaggar genomfördes tillsammans med en genomgång av materialens fosforkapacitet, metallbindande förmåga och hydrauliska egenskaper. För att verifiera labbresultaten om metallbindande förmåga gjordes fältförsök med tre utvalda slaggar vid Sagåns vägstation (E18). En hög avskiljningsgrad (>80 procent) för de metaller som mest förekommer i regnvatten vid vägar, nickel och zink, kunde noteras för slaggerna medan referensmaterialen sand och makadam kunde bara avskilja metaller

³⁸ <http://www.metalliskamaterial.se/sv/om-metalliska-material/>

³⁹ Jernkontorets forskning, rapport D 863, teknisk slutrapport: Slaggasfalt - en tyst och hållbar vägbeläggning för tätbebyggda områden, Lotta Lind (2016)

bundna i slampartiklar. Parallellt med forskning genomfördes fullskaleförsök i ljusbågsugnen för att få fram ändamålsenlig slagg på Ovacos anläggning i Hofors. Outokumpu i Avesta gjorde försök med aluminiumreducerad skänkslagg som filter för processvatten med betydande reningsgrad som resultat. Höganäs och Alnarp Cleanwater gjorde försök att fosforrena vatten från enskilda avlopp med slagg med goda resultat, se Bild 14.

Bild 14

Exempel på anläggning för rening av vatten från enskilt avlopp med slagg.



Vattenfiltrering med mineralbaserade restprodukter som reningsteknik för hållbara samhällslösningar MINRENT (JK55020) öppnar värdekedjan ännu mer. Tre olika användningsområden prövas i full skala hos slutkund. Dessa är spillvattenrening i små avloppsanläggningar, industriell avloppsvattenrening och en föroreningsbarriär för infiltrerat trafikdagvatten i vägars stödremsa. Projektet fokuserar på de specifika mineraler i industrins restprodukter som kan användas för avskiljning av ämnen som inte ska släppas ut i miljön, till exempel fosfor till Östersjön eller olämpliga metaller till grundvattnet. Projektet pågår till slutet av 2018. Potentiella användare är företag som designar och bygger system för enskilda avlopp, tillverkare av kompakta filterbäddslösningar, industrier och gruvor med lokala vattenföroreningsproblem samt de som beställer eller bygger stora trafikleder.

I förstudien *Användning av slagg för att neutralisera syra i avfallsvatten (Neutralsyra) (JK 55019)* inom programmet Metalliska material studerades om det går att byta inköpt kalk för att neutralisera syror och surt avfallsvatten i bearbetningsledet i stålindustrin mot egna slaggar på Sandviks och Outokumpus stålverk. Att använda kalkinnehållande slagg istället för jungfrulig kalk skulle minska kostnaderna och brytning av ny råvara. Hittills har slaggen deponerats och om en intern lösning var möjlig skulle livslängden för befintliga deponier också förlängas. Studien gjordes med KTH, och resultaten visar att slagg kan fungera ibland, om än med högre materialåtgång jämfört med användning av kalk.

I bruksforskningsprojektet *Slagg i betong (JK55018)* har stål- och metallindustrin med hjälp av Vattenfalls betonglaboratorium i Älvkarleby undersökt olika restprodukters lämplighet som råmaterial vid betongproduktion. Ett tiotal restprodukter har ingått i studien för att pröva materialen som ersättning för bindemedel (cement) eller som ingående ballast. Grundläggande i försöken har varit att utgå från ett kommersiellt recept och utifrån detta ersätta vissa beståndsdelar med restprodukter. Allt arbete har bedrivits laborativt och uppnådda resultat har jämförts

med en referensbetong. Utifrån detta har en enklare bedömning gjorts angående deras lämplighet att användas vid produktion av betong. När slagg används som ballast uppnåddes likvärdiga resultat med referensen och det finns också möjligheter att använda slaggar som cementersättning också. Resultaten kommer att bli vägledande i det fortsatta arbetet kring användning av restprodukter i cement- och betongapplikationer.

3.4.3 Standardisering

I arbetet med att öka användningen av restprodukterna är det viktigt att materialen kommer in i befintliga och kommande standarder. Branschen ser inget behov av att ha särskilda standarder för restmaterial och arbetar för att branschens material ingår i ordinarie standarder. En användning är som ballast inom konstruktion och anläggningsverksamhet och branschens arbete bedrivs med ambitionen att beskriva lämpliga provningskrav och egenskaper som ska klaras eller undvikas för industriella restprodukter.

I och med Byggproduktförordningen⁴⁰ blev det 2013 obligatoriskt med CE-märkta⁴¹ byggprodukter om det finns en harmoniserad standard som omfattar byggprodukten i fråga, se exempel i Tabell 4. Förutsättningarna för att få CE-märka en produkt är att produkten överensstämmer med grundläggande krav på exempelvis hälsa, säkerhet, funktion, miljö och att föreskriven kontrollprocedur har följts. För många produkter ansvarar tillverkaren själv för att kraven är uppfyllda. För vissa produkter med höga krav på säkerhet ska ett speciellt kontrollorgan säkerställa att kraven efterlevs.

Tabell 4

Harmoniserade produktstandarder för ballast med CE-märkning och deklaration av egenskaper.

EN	Namn
12620	Ballast för betong
13043	Ballast för asfaltmassor och tankbeläggningar för vägar, flygfält och andra trafikerade ytor
13055	Lättballast
13139	Ballast för bruk
13242	Ballast för obundna och hydrauliskt bundna material till väg- och anläggningsbyggande
13450	Makadamballast för järnväg
16907	Schakt och fyllning för anläggningsbyggande (flertal standarder under utarbetande)
13383-1	Ballast - Vattenbyggnadssten - Del 1: Krav
13383-2	Ballast - Vattenbyggnadssten - Del 2: Provningsmetoder
13285	Obundna överbyggnadsmaterial - Specifikationer (endast för deklarering av egenskaper, ej CE-märkning).

Under de senaste åren har till exempel branschen via Jernkontoret ingått i kommittén för Schakt och fyllning för anläggningsändamål. Schakt och fyllning kommer att ges ut som en EU-standard (EN 16907) och innehåller tabeller där slaggar ingår som valbara material förutsatt att vissa egenskaper uppnås. De harmoniserade standarderna för ballast omfattar industriellt framställd ballast (till exempel metallurgiska slaggar) och samtliga slaggtyper finns upptagna i den kommande tekniska specifikationen för beaktade material i ballaststandarderna.

3.4.4 Funktionsupphandling

Funktionsupphandling innebär att det i upphandlingsunderlaget ställs krav på en funktion i stället för specifika krav på exakt vad som ska ingå. Upphandlaren öppnar för olika lösningar och stimulerar de potentiella leverantörernas kreativitet. I fråga om upphandling av till exempel en omläggning av en rondell eller en hårt trafikerad väg, vore krav på minskat underhåll, längre hållbarhet eller färre stensläpp vara möjliga sätt att beskriva funktionen och på så sätt öka möjligheterna till ökad användning av slaggar på de ställen där de gör mest samhällsnytta.

⁴⁰ Construction Product Regulation, 305/2011.

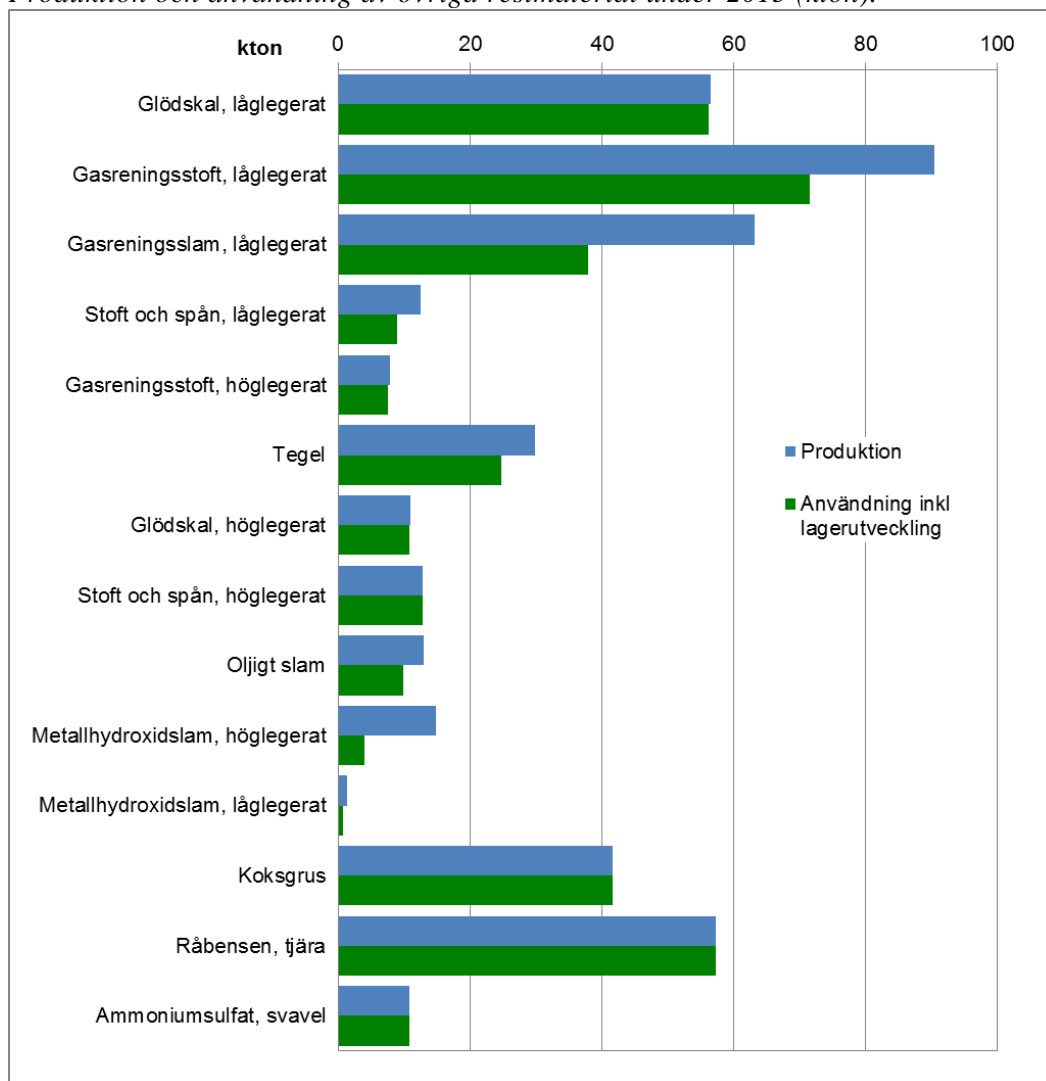
⁴¹ CE är en förkortning för Conformité Européenne ('överensstämmelse med EU-direktiven'). En produkt med CE-märkning får säljas i EES-området utan ytterligare krav.

4. Övriga restprodukter

Vid hantering, bearbetning och vidareförädling av stålet uppkommer även andra typer av restprodukter än metallurgiska slaggar. Totalt producerades 635 000 ton övriga restprodukter under 2015. De sammantagna mängderna av produktion och användning av dessa material visas i Diagram 9. För flera av dessa material används stora delar av de mängder som producerats antingen internt eller externt.

Diagram 9

Produktion och användning av övriga restmaterial under 2015 (kton).



I Tabell 5 sammanfattas samtliga övriga restprodukter, var de uppkommer i processen och om de är registrerade i REACH. På samma vis som slaggerna finns många olika applikationsområden för övriga restprodukter.

Tabell 5

Övriga restprodukter inom svensk järn- och stålindustri, uppkomst och REACH registrering.

Material	Uppkomst/ Process	Produktnamn	Plats	REACH registre- ring
Glödskal	Kylning/uppvärmning/ hantering av stålämnen/ produkter	GSV m.m.	Ovako, samtliga	Ja
			Outokumpu, samtliga	Nej
			Sandvik Materials Technology, Sandviken	Nej
			Uddeholm, Hagfors	Ja
			Kanthal, Hallstahammar	Nej
			Fagersta Stainless, Fagersta	Nej
		Black Iron Oxide type A, B, C & V	SSAB, samtliga	Ja
Syrgashyvel- granulat	hantering av stålämnen/produkter	SHV	Ovako, Hofors	Ja
Röd järnoxid	Regenerering av betsyra	Merox Ferric Oxide 400, 450	SSAB, Borlänge	Ja
Järnsulfat	Regenerering av betsyra		Ovako, Hofors	Ja
Järnhydroxid- slam	Neutralisering av betbad		SSAB, Borlänge	Nej
Metallhydroxid- slam	Neutralisering av betbad		Outokumpu, samtliga	Nej
			Sandvik Materials Technology, Sandviken	Nej
			Fagersta Stainless, Fagersta	Nej
			Ovako, Hofors	Nej
			Kanthal, Hallstahammar	Nej
Järn, bl.a. råjärnsgranuler och galtjärn	Masugn och avsvavling		SSAB, Oxelösund SSAB, Luleå	Ja
LD-stoft/slam	Rening av LD-gas		SSAB, Luleå och Oxelösund	Ja
Övr gasrenings- stoft/slam	Filtrering/rening av gas		Alla	Nej
Slam	Valsning/vattenrening		Alla	Nej
Eldfasta material/tegel	Ommurning av ugnar/ skänkar/gjutsystem		Alla	Nej ⁴²
Svavel	Koksverk/rening av koksugns gas		SSAB, Luleå	Ja
Ammonium- sulfat			SSAB, Oxelösund	Ja
Råbensen			SSAB, Luleå och Oxelösund	Ja
Stenkolstjära			SSAB, Luleå och Oxelösund	Ja

4.1 Glödskal

Inför varmbearbetning värms stålet i olika typer av ugnar. När stålet kommer i kontakt med luft bildas en tunn oxidbeläggning som kallas glödskal. Vid den höga bearbetningstemperaturen är stålet mjukt och formbart medan oxiden är hård och spröd varför ytskiktet spricker upp till flagor under bearbetningen av stålet. Glödskal består av oxider av framförallt järn, men även av de legeringsmetaller som ingår i det stål som glödskalet bildats på. Kemiskt kan glödskal jämföras

⁴² Stålbranschen är nedströmsanvändare av eldfasta material (inte producenter), dvs. materialen registreras av andra företag.

med järnmalm och kan därför ofta användas i liknande tillämpningar, till exempel som järnråvara vid tillverkning av råjärn, ferrolegeringar och cement. Även de fysikaliska egenskaperna, exempelvis den höga densiteten och den kantiga kornformen, gör glödskalet användbart i olika typer av specialkonstruktioner. En kanske oväntad användning är som barlast i botten på skeppet Af Chapman i Stockholm.

Bild 15

Syrgashyvelgranulat i närbild. Foto: Peter Phillips.



Syrgashyvelgranulat är en form av glödskal. Den är ett resultat av en process för ytavverkning av stålämnen hos Ovako i Hofors. Med hjälp av en syrgasbrännare smälts ytzonen bort för att säkerställa stål kvaliteten. Materialet liknar glödskal egenskapsmässigt men med finare runda korn och högre total järnhalt, 75–80 procent. Användningsområdena liknar de för glödskal.

4.2 Metallhydroxidslam

Många stålämnen och produkter genomgår processen betning i något skede i produktionscykeln. Betning innebär att stålytan rengörs från bland annat oxider. På botten av kärnen, de så kallade betkaren, samlas fasta partiklar som sköljts av stålet utan att lösas upp i badet och bildar där betbadsslam.

Metallhydroxidslam uppkommer vid neutralisering av förbrukade betbad eller surt sköljvatten och består av en våt och mycket finkornig blandning av hydroxidfällningar av de i betningen upplösta metallerna, rester av betvätskor och kalk. Dessa båda typer av slam avvattnas ofta i till exempel filterpress och idag till stor del deponeras eller destrueras därefter. Den för den rostfria processmetallurgin mest intressanta komponenten i hydroxidslammet är kalciumfluorid (CaF_2 , mineralet flusspat), ett så kallade flussmedel som tillsätts för att sänka viskositeten i slaggen. Kalciumfluorid i metallhydroxidslam återvinns genom sintring vid temperaturer över 900°C till produkten Hydrofluss®.

Hydrofluss är baserat på hydroxidslam och innehåller cirka 50 procent kalciumfluorid (CaF_2) som kan ersätta en del importerad jungfrulig flusspat. Materialet har visat sig fungera väl i AOD-processen. En annan fördel är att Hydrofluss innehåller oxiderade metaller som kan återföras till stålet i processen. Detta tillämpas nu i full skala inom Outokumpus svenska enheter. Brikettering av metallhydroxidslam från SSAB i Borlänge för återvinning i masugn är en annan metod för att återvinna ett avfall som tidigare helt deponerats.

4.3 Regenerering av betsyror

Järnoxid

En ren järn(III)oxid (Fe_2O_3) i pulverform, se Bild 16, produceras parallellt med regenerering av betsyra på SSAB i Borlänge. Denna användas för tillverkning av bland annat ferromagneter, ferrolegeringar, pigment och kemikalier. I Avesta finns en ny regenereringsanläggning för salpetersyra och fluorvätesyra vid betning av rostfritt stål, som ger en torr metalloxid som restprodukt. Oxidens innehåll av metaller återvinns med högt utbyte och används som råvara vid ståltillverkningen i Avesta.

Bild 16

Järnoxid.



Järnsulfat

Vid Ovako i Hofors kristalliseras järnsulfat ut i samband med regenerering av svavelsyra från betningen. Järnsulfatet är ett lätt fuktigt salt som sedan många år säljs som en kemisk produkt. Den används vid vattenbehandling och vid cementframställning, främst som reduktionsmedel för när sexvärt krom omvandlas till trevärt krom. Ovako använder själva bland annat järnsulfatet vid lakvattenreningen vid sin numera inaktiva deponi.

4.4 Gasreningsstoff och -slam

Stoft bildas i stålindustrins varma processer och tas om hand i gasreningsanläggningar. Mångårig utveckling av reningsteknik, filter och fläktsystem har medfört att stoftutsläppen minskat radikalt. Installerade filter skiljer i regel bort över 99 procent av de stoftpartiklar som följer med de utsugna ugnsgaserna. Ur det stoft som avskiljs nyttiggörs det ingående metallinnehållet (till exempel järn, zink, nickel, krom och molybden). Beroende på om gasreningen är torr eller våt bildas gasreningsstoff eller gasreningslam.

Stoft som uppstår vid tillverkning av rostfritt stål innehåller förutom järnoxid även oxider av bland annat krom och nickel. Stoft från de skrotbaserade verken som tillverkar låglegerat stål innehåller ofta en hög zinkhalt. I båda fallen återvinns de värdefulla metallerna vid externa anläggningar. Från malmbaserad ståltillverkning har gasreningsstoff och -slam ett relativt högt innehåll av järnoxid och kol och ofta mycket lågt innehåll av andra metaller. Därför är dessa material värdefulla att återanvända i de egna processerna, eller som produkter på en extern marknad i form av råmaterial för till exempel cementtillverkning, se avsnitt 3.3.1.

4.5 Stoft och spån från bearbetning

Stoft och spån som härstammar från bearbetning, såsom kapning, slipning och ytbehandling av stålämnen och stålprodukter ingår också i statistiken men utgör inte speciellt stora volymer. Stoftet består av finkornigt stål i metallisk eller oxiderad form. Detta kan i en del processer cirkuleras internt som råvara vid ståltillverkning efter någon form av brikettering.

4.6 Eldfasta material

Eldfasta infodringsmaterial, som tegel och keramiska massor, sorteras ut vid rivning för byte av infodringen i ugnar och skänkar. I samband med göt gjutning används i stigplanen också en del tegel och sand som också är möjliga att sortera ut. Eldfasta tegel och infodringsmassor kan

rensas och på nytt användas som råvaror till nya eldfasta produkter. Detta sker i symbiosform, då specialisten på eldfasta material tar emot förbrukade produkter och förädlar dem till nya som direkt eller via ytterligare förädling går tillbaka till stålverken, se Figur 1. Därigenom får tillverkaren av eldfasta produkter tillgång till råvara och stålverkens förbrukade material kommer till nytta. Denna ömsesidiga överenskommelse gör att avfallsmängden minskar såväl som uttaget av ändliga råvaror. Eldfasta material kan även användas som slaggbildare. Sandvik Materials Technology i Sandviken har gjort två större försökskampanjer med tillsatser av upparbetade infodringsrester (dolomit från AOD-processen) som ersättning för jungfrulig dolomit i ljusbågsugnen med lyckade resultat. Företaget planerar att införa det fullskaligt under 2018. Detta reducerar förbrukning av jungfrulig dolomit med mellan 2 000–3 000 ton per år och minskar motsvarande mängder till deponin.

4.7 Biprodukter från koksverk

I den totala statistiken för restprodukter ingår också biprodukter från koksverken på SSAB i Luleå och Oxelösund. I princip alla biprodukter från koksverket säljs externt. För att smälta järnmalm i masugnen behövs koks. Koks bildas genom att råkol hettas upp vid hög temperatur. Vid koksningen blir det stora mängder koksugns gas som renas från sina flyktiga beståndsdelar i det så kallade biproduktverket. Där utvinns bensen, stenkoltjära, ammoniumsulfat och svavel. Dessa säljs externt till olika kemiska industrier. Den renade koksugns gasens energiinnehåll används sedan i olika värmningsprocesser, exempelvis för att värma stålämnen till valsningstemperatur samt för värmebehandling av plåt. Av råbensen tillverkas bland annat lösningsmedel och plast och av stenkoltjära tillverkas bland annat elektrodbeck och tjärolja. Ammoniumsulfat säljs som råvara till kemisk industri och för tillverkning av gödningsmedel. Svavel används vid pappersmassakokning för att lösa ut lignin. Vid hantering av det färdiga kokset avskiljs också en finfraktion, kallad koksstybb eller koksgrus, som bland annat används som reduktionsmedel vid tillverkning av järnsvamp (som sedan blir järnpulver) vid Höganäs anläggning i Höganäs.

5. Avfall och deponering

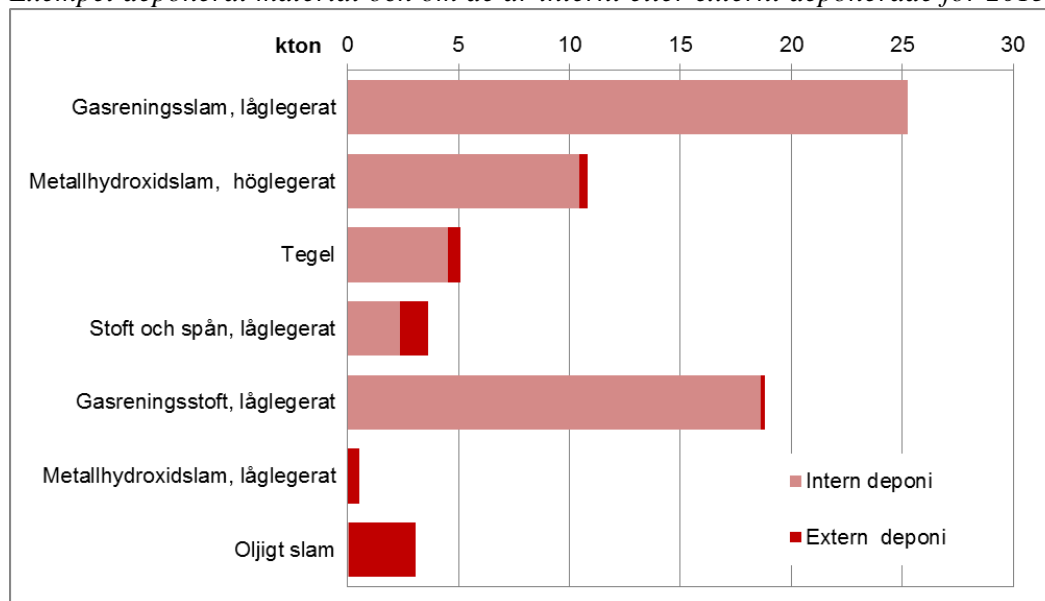
Inom stålindustrin har företagen traditionellt haft egna deponier, men några av stålföretagen har beslutat att inte ha någon egen längre. Detta som ett resultat av ett medvetet restproduktsarbete. De material som inte kan nyttiggöras eller deponeras internt skickas till kommunens deponeringsplats eller till andra företag som tar hand om avfall. Mängden avfall ska minimeras så långt det är processmässigt och ekonomiskt rimligt. Bedömningen av bästa hantering med avseende på miljö, teknik och ekonomi måste göras i varje enskilt fall. Ibland är det dock vare sig önskvärt eller miljömässigt klokt att minska mängden avfall. Som en effekt av att gasreningen inom stålindustrin har blivit effektivare under de senaste trettio åren har mängderna avskiljt stoft (avfall) ökat, vilket i sig är positivt ur bl.a. miljösynpunkt (renare luft) även om det innebär ökade avfallsmängder. Det är därför inte rimligt ur miljöskyddssynpunkt att sätta avfallsminimeringsmål, se avsnitt 6.1 Avfallshierarkin och avfallsminimering, för denna typ av avfall som uppkommer parallellt med huvudprocessen, se Diagram 1.

5.1 Deponerade mängder

Av Diagram 10 framgår vilka mängder och material som deponerats internt och externt under 2015. Trots en ökad mängd stoft är trenden över åren dock mycket tydlig. Mängden deponerat material från stålindustrin är stadigt sjunkande, tack vare ett långsiktigt arbete, se Diagram 4.

Diagram 10

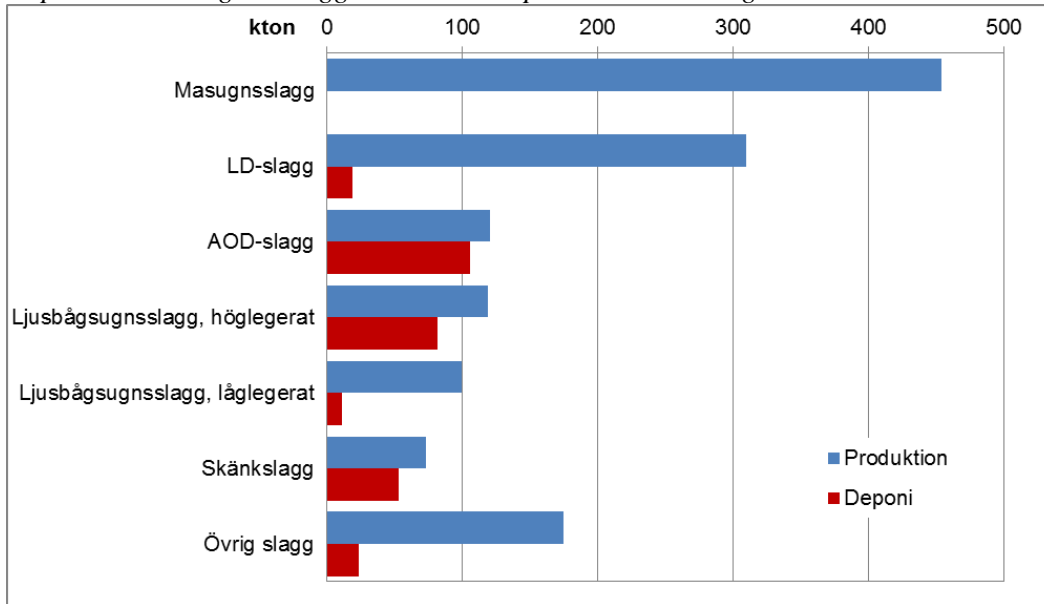
Exempel deponerat material och om de är internt eller externt deponerade för 2015.



I Diagram 11 framgår vad som har producerats och deponerats för slaggerna. AOD-slagg och ljusbågsugnsagg från höglegerad tillverkning deponeras i hög grad då den slaggens egenskaper inte är lika väl undersökta i full skala. I takt med att kunskapen om styrning av egenskaper och intresset att använda materialet som alternativ till naturmaterial ökar, så har också användningen av dessa slaggar ökat. Vissa mängder används som konstruktionsmaterial och vid betongtillverkning som ballastmaterial, se avsnitt 3.3.2. På senare tid testas även vattenreningsegenskaper.

Diagram 11

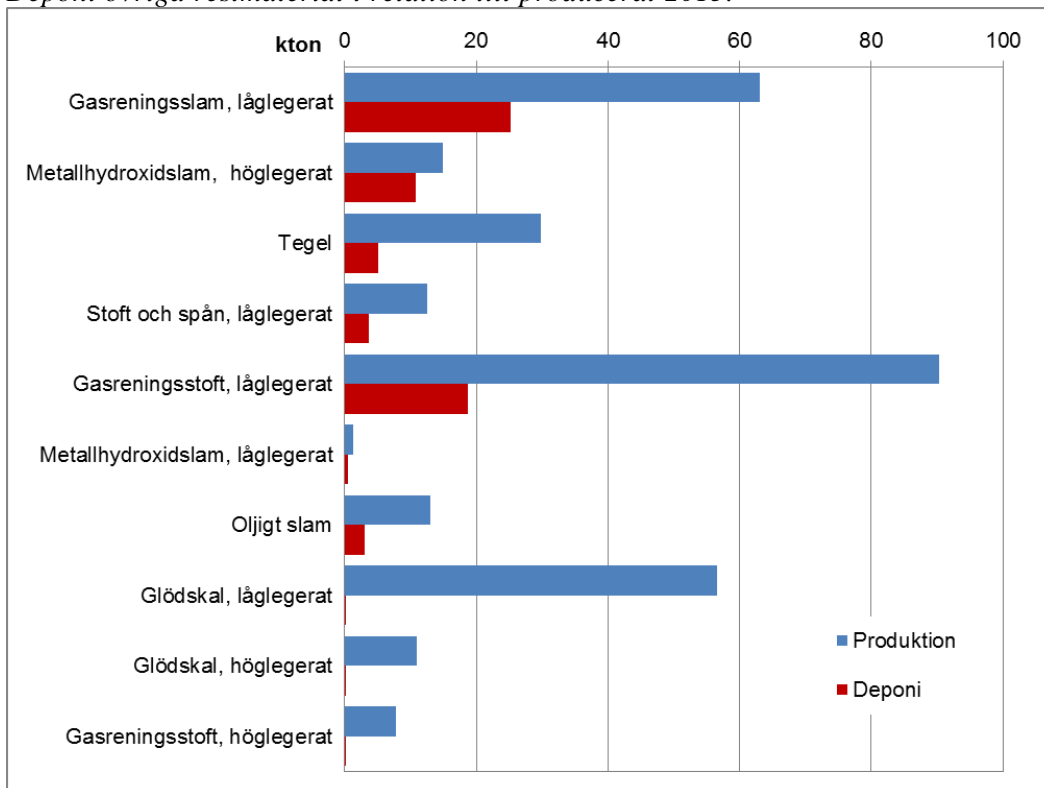
Deponerade mängder slagg i relation till producerade mängder 2015.



För övriga restprodukter är bilden delvis annorlunda vilket framgår av Diagram 12. Allt glödskal som produceras används och efterfrågan på detta material överstiger ofta utbudet. Torra material innehållande högvärdiga ämnen används eller återvinns till större del, medan våta eller oljehaltiga material av olika slag är dyrare och svårare att använda och dessa deponeras i högre grad.

Diagram 12

Deponi övriga restmaterial i relation till producerat 2015.



5.2 Metallutvinning ur deponier, ”Landfill mining”

För metallindustrin uppkommer ofta frågan varför återvinning av metaller/metalloxider internt från deponier så kallad landfill mining inte görs i större omfattning. Företagen letar ständigt efter nya lösningar till ökad återvinning och minskat behov av inköpta råvaror. Olika idéer provas för återtagande till produktionen som ofta försvåras av processkemiska eller processtekniska hinder, små volymer och lågt värde på materialet i relation till de kostnader som uppstår. En indikativ bedömning av mängden metaller i några större industrideponier gjordes 2014⁴³. Mängden tillgängliga metaller är låg och motsvarar sammanlagt sannolikt mindre än ett års förbrukning för svensk stålindustri.

Vid bedömning om återvinning från deponi är möjlig måste följande förutsättningar beaktas:

- Metallförekomsten är nästan alltid enbart känd som en halt och inte tillgängligt mängd.
- I vilken form metallerna förkommer, ofta i oxidform som gör det svårt att ”komma åt” metallerna eftersom det då krävs en reduktionsreaktion som är energikrävande och ökar risken för utsläpp till exempel koldioxid.
- Återvinning kräver ofta nya processer som är energikrävande eller behöver kemikalier.
- Nya processer kan ge ett avfall som är mer potentiellt än ursprunget, vilket kräver fortsatt deponering/annat slutligt omhändertagande i lika stor omfattning eller större än innan.
- Risker för ökade utsläpp vid utgrävning av en gammal deponi, både under själva utgrävningen (buller-, luft- och eventuella vattenemissioner) och vid processande av det utgrävda materialet.
- Processen kräver tillstånd för att gräva ur en deponi.
- Omfattande kostnader om en gammal deponi ska uppgraderas till att uppfylla kraven i deponeringsdirektivet.

Nyttan med att återvinna måste alltid vara lika stor eller större än kostnaderna och olägenheterna av återvinningen i form av till exempel ökad energikonsumtion, större/förändrad karaktär på avfallet efter återvinningen och utsläpp under och efter brytningen. Således blir beslutet ofta ”ingen åtgärd – fortsatt deponering”, även om det finns företag som har nyttjat material från sina egna deponier med framgång. Hos SSAB i Oxelösund uppstod möjligheten att produktifiera ett stoft från ståltillverkningen för externt nyttjande som råmaterial vid cementklinkertillverkning. När behovet successivt ökade och blev större än producerade mängder stoft, undersökte SSAB möjligheten att ta upp tidigare deponerat stoft ur en deponi som var sluttäckt. Det deponerade stoftet hade lämpliga egenskaper och totalt utvanns 160 000 ton stoft ur deponin som levererades externt mellan 2004–2016.

Bild 17

Upptag av LD-stoft ur deponi hos SSAB i Oxelösund.



⁴³ Jernkontorets forskning, rapport D 860, Metallutredning 2014.

6. Restprodukter och lagstiftning

I arbetet med att nyttiggöra restprodukterna ingår arbetet med att följa och utveckla miljölagstiftningen och dess tillämpning. Det är flera lagstiftningar som ständigt är aktuella på ett eller annat vis, till exempel Avfallsdirektivet och REACH och hur dessa interagerar, BREF-arbetet om bästa möjliga tekniker för avfallshantering och användning av branschens biprodukter. Dessutom är EU:s handlingsplan för cirkulär ekonomi, avfallsförebyggande program, arbetet med giftfria och resurseffektiva kretslopp samt en kommande EU-strategi för giftfri miljö⁴⁴ under 2018 viktigt att följa för branschen.

6.1 Avfallshierarkin och avfallsminimering

2008 beslöt EU att en avfallshierarki ska gälla som prioriteringsordning för lagstiftning och politik på avfallsområdet och denna infördes fullt ut i svensk lagstiftning 2016⁴⁵:

1. Förebyggande (förhindra uppkomst av avfall)
2. Förbereda för återanvändning
3. Materialåtervinning
4. Annan återvinning, till exempel energiåtervinning
5. Bortskaffande

Ordningen gäller under förutsättning att det är miljömässigt motiverat och ekonomiskt rimligt. Om avfallsförebyggande åtgärder i prop. 2015/16:166 framgår att *”förebyggande av avfall innebär att minska mängden avfall, minska mängden skadliga ämnen i material och produkter eller minska de negativa effekterna av avfall. De olika punkterna i paragrafen anger ingen inbördes rangordning mellan de olika avfallsförebyggande åtgärderna. Bestämmelsen ska således inte tolkas så att man i första hand ska vidta åtgärder för att minska mängden avfall, i andra hand vidta åtgärder för att minska mängden skadliga ämnen i material och produkter och i sista hand minska de negativa effekterna av avfall.”* De åtgärder som beskrivs som avfallsförebyggande åtgärder är att möjligheterna till återanvändning ska utnyttjas. I motivtexten står också att *”Kravet att minska mängden avfall ska inte tolkas som ett krav att ständigt minska mängden avfall vid till exempel en produktionsanläggning. En ökning av produktionen kan exempelvis innebära att det inte är möjligt att minska den sammanlagda mängden avfall från anläggningen räknat i ton. Däremot kan det fortfarande vara möjligt att effektivisera produktionen så att mängderna avfall i förhållande till den totala produktionen minskar.”*

I Miljöbalkens allmänna hänsynsregler, i kapitel 2, framgår att en verksamhet ska hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till att förebygga och återvinna avfall. Paragrafen ger uttryck för hushållningsprincipen och för kretsloppsprincipen som innebär att det som utvinns ur naturen på ett uthålligt sätt ska kunna användas, återanvändas, återvinnas och bortskaffas med minsta möjliga resursförbrukning och utan att naturen skadas. Genom säkerställandet av användning av stålindustrins biprodukter (förhindra uppkomst av avfall), återanvändning av interna material (intern cirkulation), återvinning av till exempel metallinnehåll i stoft, minskas uttaget av jungfruliga material avsevärt. Dessutom, när huvudprodukten, stål, tjänat ut återvinns denna och säljs som ny råvara (skrot). Stål har den utmärkta egenskapen att det kan återvinnas ett oändligt antal gånger utan att egenskaperna förändras⁴⁶. Branschens restproduktsarbete hamnar högt upp i avfallshierarkin och svensk stålindustri är på detta sätt en resurseffektiv och cirkulär bransch. Ett fortsatt samarbete med andra branscher och sektorer är dock avgörande för att nyttiggöra restprodukterna på bästa sätt.

⁴⁴ The 7th Environment Action Programme (7th EAP), adopted in 2013 by the European Parliament and the Council, mandated the European Commission to develop by 2018 “a Union strategy for a non-toxic environment that is conducive to innovation and the development of sustainable substitutes including non-chemical solutions.

⁴⁵ <http://www.regeringen.se/rattsdokument/proposition/2016/04/prop.-201516166/>

⁴⁶ Ingen av dessa skrotflöden ingår dock i denna handbok.

6.2 Biprodukt eller avfall?

För att säkerställa att stålindustrins restprodukter kommer till användning där de bidrar med störst samhällsnytta har ett omfattande branschgemensamt arbete genomförts, där också varje företag, material för material, har avgjort om materialet är en biprodukt eller ett avfall. Eftersom det är varje innehavare av ett material som ska göra biprodukts-/avfallstestet, kan företagen skilja sig åt i sina bedömningar av samma sorts material. Det är innehavaren som avgör om det är ett avfall eller inte. Om en tillsynsmyndighet inte delar denna syn ska ett föreläggande skrivas, vilket kan, i sin tur överklagas till Mark- och miljödomstolen.

Miljöbalken (MB) 15 kap. Avfall Definitioner
1 § Med avfall avses varje föremål eller ämne som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med.
Ett ämne eller föremål ska anses vara en biprodukt i stället för avfall, om ämnet eller föremålet
1. har uppkommit i en tillverkningsprocess där huvudsyftet inte är att producera ämnet eller föremålet,
2. kan användas direkt utan någon annan bearbetning än den bearbetning som är normal i industriell praxis, och
3. kommer att fortsätta att användas på ett sätt som är hälso- och miljömässigt godtagbart och som inte strider mot lag eller annan författning.

Arbetsgången för varje enskilt material och företag görs enligt följande:

1. Varje innehavare av ett material avgör enligt avfallsdefinitionen om detta är ett avfall eller inte. Om innehavaren vill göra sig av med (eller via lagkrav) materialet, är det ett avfall.
2. Innehavaren måste därefter ta ställning till om materialet klarar biproduktstestet (de fyra kriterier som finns i artikel 5 i avfallsdirektivet, infört något annorlunda MB 15 kap.) det vill säga att det är lagligt, producerat medvetet med normal industriell praxis och produkten säljs.
3. Om testet uppfylls på samtliga punkter, registreras materialet i REACH.
4. Om materialet ska användas i till exempel en byggekonstruktion ska det också vara CE-märkt.
5. Uppfyllandet av andra standarder för användning av ett visst material i en viss applikation.

Nedan ges ett exempel för en ljusbågsugnsagg som ska användas i asfalt – slaggasfalt – steg för steg i relation till skrivningarna i MB och Ramdirektivet för avfall.

1. Har uppkommit i en tillverkningsprocess där huvudsyftet inte är att producera ämnet eller föremålet – ja

Huvudsyftet för ett stålverk är att producera stål där slagg är den aktiva komponenten i de metallurgiska processerna som ger stålet önskade egenskaper. Mängden producerad slagg följer i princip mängden producerat stål. Sammansättning, funktion och mängd beror på vilka råvaror som använts, i vilken process slaggen används och vilken typ av järn eller stål som tillverkas. Gemensamt för samtliga slaggtypen är att dessa, genom kemiska jämvikter, används för att skapa önskad kvalitet på stål och slagg.

2. Kan användas direkt utan någon annan bearbetning än den bearbetning som är normal industriell praxis – ja

Efter att slagg och stål har tappats från ugnen hanteras slaggen vidare och denna process ser olika ut på olika företag, se Figur 3. Slaggen mals/krossas i önskvärda storlekar på samma sätt som ett jungfruligt material (bergskross), det vill säga normal industriell praxis.

3. A. Kommer att fortsätta att användas på ett sätt som är B. hälso- och miljömässigt godtagbart och C. som inte strider mot lag eller annan författning – ja

A Är säkerställt att det kommer fortsätta användas (texten från EU direktivet), det vill säga att det finns en marknad för biprodukten – ja

Till exempel att samarbetsavtal om leverans av ljusbågsugnsagg till ballast i asfalt finns.

B hälso- och miljömässigt godtagbart – ja

Ökad användning av slagg i asfalt leder till minskad användning av jungfruliga material (bergkross). Materialets goda beständighet ger möjlighet till tunnare asfaltslager. Goda vidhäftning mellan slagg och bitumen kräver mindre mängd av bitumen och vidhäftningsmedel och minskar kostnader och miljöpåverkan. Vidhäftningen ger också en buller-reducerande asfalt. En mer beständig väg med slagg kräver mindre frekvent underhåll, färre omläggningar, ger längre livslängd och lägre underhållskostnader.

C och som inte strider mot lag eller annan författning: – uppfyller ställda krav till exempel

REACH – ja

För att sättas på marknaden krävs registrering i REACH. I arbetet säkerställs miljö- och hälsoaspekter för de material som registrerats för applikationer de ska användas i, se bilaga 5. I de undersökningar som är gjorda inga farliga egenskaper dokumenterats för slaggen och den har således endast ett informationsdatablad.

Byggproduktförordningen – ja

Förordningens krav på CE-märkning uppfylls genom en certifiering enligt aktuell ballaststandard.

6.3 Cirkulär ekonomi

Det är en välkommen utveckling att EU-kommissionen driver på för en cirkulär ekonomi och nyttiggörande av alternativa material i en handlingsplan med över 50 åtgärder. En av åtgärderna var att revidera åtta direktiv på avfallsområdet, och förhandlingarna avslutades i december 2017. Vilka konsekvenser det blir eller hur Sverige väljer att implementera de nya kraven är ännu inte klart. För att undvika olika lagstiftning i olika länder förordas att denna gång använda ramdirektivets exakta ordalydelse och inte göra svenska varianter vid implementeringen⁴⁷.

Tillämpningen av befintlig avfallslagstiftning i kombination med miljömålet Giftfri miljö gav för några år sedan oanade konsekvenser för några av metallföretagen. Skälet var att myndigheterna har valt att tolka biproduktskriteriet om *miljö- och hälsomässigt godtagbart* som att materialet ska klara kravnivåerna som är satta för att klara kravet på mindre än ringa risk för att tillåta fri användning *av avfall* för anläggningsändamål i Naturvårdsverkets handbok.⁴⁸ Detta trots att det framgår att handboken inte ska tillämpas på biprodukter. Myndigheterna har ansett materialet vara ett avfall som kräver tillstånd för att användas. Detta trots att branschen bedrivit mångårig forskning och tillämpning för de slaggen och registrerat materialet enligt REACH, se Bilaga 5, där det visats att de inte utgör någon risk för hälsa eller miljö i de applikationer de användas i.

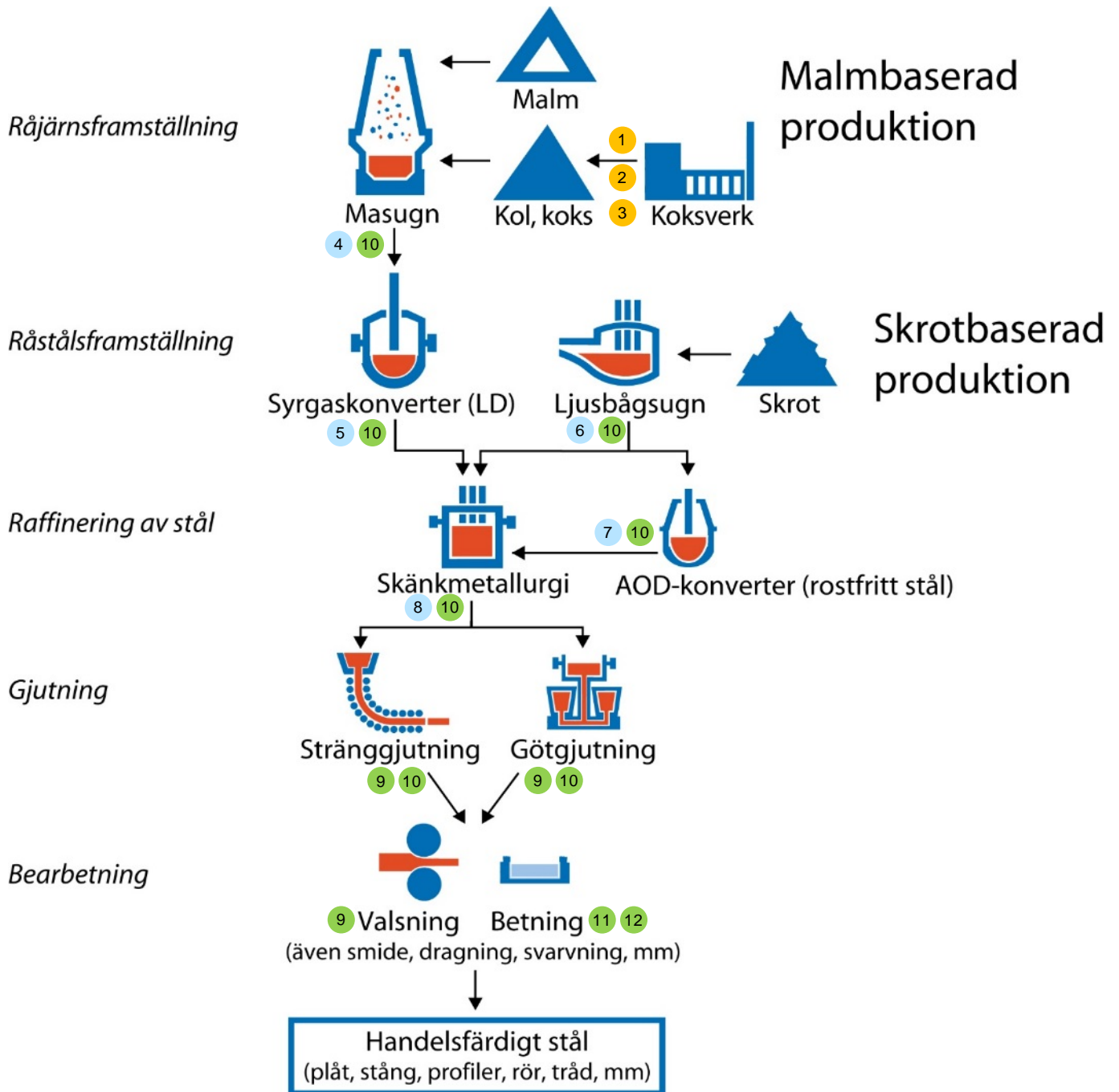
Vid en alltför stor fokusering på minskade mängder av farliga ämnen utan att ta hänsyn till exponeringsrisker eller resursanvändningsbehov finns risk för suboptimering. Det behövs ett samlat grepp med balanserade avvägningar mellan olika lagstiftningar och tillämpningen av dessa, särskilt i relation till miljömålet Giftfri miljö. EU-kommissionen framhåller i sitt meddelande om Interface Product, REACH and Waste legislation COM(2018) 32 Final, att det inte finns någon balanserad modell för dessa avvägningar men att det behövs. Det är dags att sätta ramarna för hur en övergripande och kontinuerlig avvägning mellan olika mål i samhället ska göras. Fokus bör ligga på en utfasning av särskilt farliga ämnen och att minskade exponeringsrisker för farliga ämnen. Dessutom vore det lämpligt att komplettera med ett verktyg som Agenda 2030-kompassen, se Kapitel 1, för att systematiskt analysera tänkta åtgärder/förslag gentemot samtliga 17 mål för att nå så mycket samhällsnytta som möjligt i Sverige och globalt.

⁴⁷ <https://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/nytt-fran-jernkontoret/remissvar/2018/forbattrat-genomforande-av-tva-direktiv-pa-avfallsområdet/>

⁴⁸ Naturvårdsverkets handbok 2008:1 Handbok för användning av avfall för anläggningsändamål

Bilaga 1 Produktionsprocesser och restprodukter

Se också förklarande texter för de olika slaggena i Bilaga 2.



x Restprodukter från koksverket

1. Koksgrus
2. Råbensen och tjära
3. Ammoniumsulfat och svavel

x Olika typer av slagger

4. Masugnsslagg
5. LD-slagg
6. Ljusbågsugnsslagg
7. AOD-slagg
8. Skänkslagg

x Övriga restprodukter

9. Glödskal
10. Stoft och slam
11. Järnsulfat
12. Metallhydroxid

Bilaga 2 Stålintustrins slagger, innehåll och tillverkning

Masugnsslagg (Hyttsten, Hyttsand) 4

Luftkyld, kristallin masugnsslagg, även kallad Hyttsten

Råvaran till Hyttsten är masugnsslagg. Masugnsslagg framställs parallellt med råjärn i masugn. Till masugnen sätts kontinuerligt råvaror i form av järnmalmspellets, kalksten, kol, koks och briketter. Dessa reagerar i en kemisk reduktionsprocess vid ca 1500°C. Noggranna beräkningsmodeller styr de ingående råvarorna vilket innebär att både råjärnets och masugnslaggens sammansättning är väl kontrollerad. När masugnen tappas på råjärn och masugnsslagg skiljs dessa material åt och den flytande masugnsslagen transporteras till avsedda gjutbäddar där den gjuts ut och får luftsvälva. När den svalnat bryts den upp från gjutfacket och används som råvara till olika produkter. Den kan bland annat krossas och siktas till olika sorteringar av produkten Hyttsten.

Hyttsten har en kristallin struktur och består i huvudsak av olika former av kalciumsilikater. Den har flera tekniska fördelar såsom låg densitet, i vissa fall cementerande egenskaper, tjälisolerande förmåga samt hög hållfasthet och stabilitet. Dessa egenskaper gör Hyttsten mycket lämplig som ballast inom väg- och anläggningssektorn och gör det möjligt att till exempel dimensionera tunnare väggkroppar med bibehållen livslängd vilket är både kostnadseffektivt och miljösamt. Hyttsten 0/125, 0/90, 0/63, 0/32 och 0/16 är CE-märkta. Hyttsten används även som ridbane-material (Paddex) samt som råvara vid cementtillverkning.

Vattengranulerad, amorf masugnsslagg, även kallad Hyttsand

Råvaran till Hyttsand är också masugnsslagg som, till skillnad från Hyttsten, kyls snabbt i vatten, så kallad granulering. Den flytande masugnsslagen transporteras till avsedda vattenbassänger där den begjuts med vatten av högt tryck. Resultatet blir en sandliknande produkt med korn i storleken 0–4 millimeter. Efter granulering siktas och torkas Hyttsanden. Tack vare snabbkylningen får Hyttsand en amorf/glasig struktur vilket ger mycket goda cementerande egenskaper tillsammans med andelen kalk/kisel. Hyttsanden har låg vikt och passar därför som lättfyllnads-material då markförhållandena kräver en lätt och stark väggkropp. Hyttsand används även som råvara vid cementtillverkning. Hyttsand har potential att användas som filtermaterial, dels för fastläggning av fosfor i avloppsvatten eller i vatten från åkermark, dels för fastläggning av metaller i dagvatten och lakvatten.

Genom att finmala den snabbkylda amorfa masugnsslagen kan ett så kallad latent hydrauliskt bindemedel framställas, internationell benämning är Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBS). Produktion av detta material är begränsad i Sverige. GGBS har flera samhällsnyttiga användningsområden till exempel inom betongtillverkning, tillsatsmedel i golvspackel, bindemedel vid stabilisering/solidifiering av förorenade sediment och muddermassor samt vid markstabilisering.

LD-slagg (LD-sten) 5

Råvaran till LD-sten är LD-slagg som bildas vid färskning av råjärn till stål i en LD-konverter. Flytande råjärn tillsätts i konvertern och syrgas tillförs för att reducera bland annat kolhalten i stålet. Basiska slaggbildare såsom bränd kalk och dolomit tillsätts smältan för att ta upp oxider av främst järn, kisel och mangan. Den flytande LD-slaggen tappas ur till en slaggröta för transport till gjutfacken där den gjuts ut och får svalna. LD-slaggen bryts därefter upp och behandlas i separationsverk för att återanvända eventuellt medföljande stål. LD-slaggen siktas därefter i olika fraktioner av produkten LD-sten.

LD-sten används framförallt som slaggbildare i masugnar, där den ersätter en stor mängd jungfrulig kalksten. LD-sten används också som råvara vid mineralullstillverkning samt som fyllnads-material till vallbyggnad och avjämning av deponier.

Ljusbågsugns slag 6

Ljusbågsugns slag tillverkas i smältugnen i de stålverk som utgår från stålskrot som råvara. Denna typ av ståltillverkning används både för framställning av låglegerat stål och av rostfritt eller andra typer av höglegerat stål. Ljusbågsugns slaggen har ett antal olika funktioner ur ståltillverkningsperspektiv, exempelvis:

- Skydda ugnsinfodring och vattenkylda paneler
- Behålla värmeenergin i stålbadet
- Avskilja ämnen från stålet såsom kisel och fosfor

Tillverkningsgången vid framställning av slag skiljer sig något mellan de olika verken men ser i stora drag ut på följande sätt:

- Slaggbildare (ofta kalk och dolomit) tillsätts i ugnen enligt styrt recept
- Slaggen tippas ur ugnen antingen till en slaggyta eller på ett golv
- Slaggen transporteras till ett slagghanteringsområde där den vattenkyls och läggs att torka innan fortsatt hantering
- Sortering och metallseparering

Efter ovanstående flöde föreligger slaggen ofta i en grövre form som antingen kan användas direkt i olika konstruktionssammanhang eller vidareförädlas genom exempelvis krossning och siktning till olika fraktioner. Det sistnämnda görs exempelvis när slaggen ska användas i slaggasfalt. Vanliga fraktioner är 0/4, 4/8, 8/11 och 11/16 millimeter.

Slagpartiklarna har oregelbunden form vilket ger bra bärighet och dränerande egenskaper i olika typer av konstruktioner, exempelvis i deponikonstruktioner. Vidare har vissa typer av ljusbågsugns slag basiska egenskaper. Vid användning av slag som ballast i asfalt är det en fördel då det ger god kemisk vidhäftning till det sura bindemedlet bitumen. Detta ger asfalten både god stabilitet och nötningsbeständighet.

Processföringen i ljusbågsugnen ser lite olika ut vid framställning av hög- respektive låglegerat stål. Om det stål som tillverkas har en hög legeringshalt är legeringsvärdet en viktig ekonomisk parameter att ta hänsyn till i processen. Därför används ett reducerande körsätt för att behålla järn och legeringar i stålsmältan. Det innebär också att ett reduktionsmedel (ferrokisel) tillförs vilket gör slaggen mindre basisk.

Vid tillverkning av låglegerat stål är det i stället processtider och energi som är de styrande parametrarna vilket gör att ett oxiderande körsätt oftast är att föredra. Följden blir framför allt en högre järnhalt i slaggen. Egenskapsmässigt innebär det en något hårdare och tyngre slag än den från framställning av höglegerat stål. En annan kemisk skillnad är att det låglegerade stålet tillverkas med en mer basisk slag.

AOD-slag 7

AOD-processen består av tre förädlingssteg vid tillverkning av rostfritt stål. Processen sker i en så kallad AOD-konverter där reaktionerna är så exoterma att kylskrot tillsätts för att reglera temperaturen. De huvudsakliga förädlingsstegen som utförs i AOD-konvertern kan sammanfattas som:

- Avkolning sker genom att man blåser syrgas och argon genom smältan för att sänka kolhalten (Argon Oxygen Decarburization). Efter ett oxiderande processteg innehåller slaggen mest metalloxyd, som i nästa steg ska tillbaka till stålsmältan.
- Återreduktion av oxiderade metaller görs i reduktionssteget genom att reducerande ämnen kisel och/eller aluminium tillsätts. Återreduktion av metaller ger en slag bestående främst av kalk samt kisel- och aluminiumoxid. En del av denna slag avskiljs inför sista processteget, då kalkandelen i slaggen ökar.

- Svavelreningen är kritisk då svavel i mycket små mängder förstör stålets egenskaper. Bränd kalk tillsätts och i de fall slaggen inte är smält, tillsätts mineralet flusspat för att sänka viskositeten så att avsedda reaktioner sker fortare.

Slagg från AOD-konverter har oftast ett förhållande mellan kalk och kisel som gör att mineralet kalciumsilikat bildas när slaggen stelnar. Detta mineral genomgår en fasomvandling under svalningsförloppet som ger en expansion, vilket leder till att materialet brister och faller sönder till ett fint och svårhanterligt damm.

Problematiska konsekvenser av slagg i stoftform och styrning av materialets egenskaper föranleder stabilisering av slaggen. Det finns olika sätt, snabbkylning/granulering är ett, tillsats av stabiliseringsmedel är ett annat. Ett etablerat sätt i Europa är att tillsätta borföreningar vilket gör slaggen stabil och lämplig för till exempel vägkonstruktion. I England är borstabiliserad AOD-slagg en av Harsco Metals kommersiella produkter, där den används som ballast i vägar.

AOD-slagg har bindande egenskaper. Eftersom de bindande egenskaperna är en funktion av bland annat specifik yta finns potential att använda sönderfallande slagg utan stabiliserande tillsatser i betongkonstruktioner och i sluttäckningar av deponier.

Skänkslagg 8

Skänkslagg produceras vid en del av verken i det metallurgiska slutsteget, dvs. i skänkugnen där den slutliga förfiningen av stålet genomförs. Det finns skänkslagg med olika sammansättning men det är vanligt med ett betydande innehåll av CaO, Al₂O₃ och SiO₂.

Skänkslaggen är oftast sönderfallande till sin karaktär. Den sönderfallna slaggen uppvisar hydrauliska (cementliknande) egenskaper och har potential att användas som ersättning för eller komplement till cement som bindemedel i till exempel briketter (tillverkade av restprodukter för chagering till masugn), stabilisering av mark och massor och för konstruktion av tätskikt på deponier. Den kan även användas som filler i betong. Det finns även en potential att använda skänkslaggen som kalkkälla vid cementtillverkning. Fördelen med skänkslaggen i den tillämpningen är att den, likt exempelvis masugnsslaggen, inte har kalken bunden i den naturliga förekomstformen kalciumkarbonat. Detta ger betydligt lägre koldioxidutsläpp från cementtillverkningen då slagg används jämfört med kalksten. En annan användning av skänkslaggen är som råvara vid mineralullsframställning.

Avsvavlingsslagg

Avsvavlingsslagg finns i den masugnsbaserade tillverkningen. Den uppstår när kalciumkarbid blåses ned i råjärnet för att sänka svavelhalten innan råjärnet ska processas till stål. Bildad avsvavlingsslagg separeras från råjärnet för vidare hantering genom en rad processteg för att tillvarata järninnehållet medan slaggdelen går till deponi eller används som konstruktionsmaterial för deponibyggnad.

Tunnelugnsslagg⁴⁹

Tunnelugnsslagg (TU-slagg) produceras parallellt med järnsvamp i tunnelugnar. Råmaterialet till TU-slaggen är kalksten och koks som blandas och processas enligt styrda recept. I tillverkningsprocessen reagerar en stor del av kolet i den tillsatta koksen i kemisk process med syret i den slig (järnmalm) som är råmaterialet för tillverkning av järnsvampen. Kalkstens huvudsakliga uppgift är att binda eventuella föroreningar från koksen och i viss mån sligen. Samtidigt bränns kalkstenen och blir till bränd kalk. En stor del av TU-slaggen recirkuleras dessutom för att på så sätt återföra en del av det kol som finns i TU-slaggen.

⁴⁹ Höganäs AB, i Höganäs är Sveriges enda järnsvampsanläggning, som producerar järnpulver i tunnelugn. Denna process är därför inte beskriven i Bilaga 1 som är de två huvudsakliga tillverkningsvägarna för järn- och ståltillverkning.

TU-slaggen består till största delen av oreagerad koks, CaO och en del SiO₂. Dessutom finns en mindre mängd rent järn som kommer från järnsvampen. Materialet är relativt lätt och dammande, vilket gör att hanteringen måste ske i slutna system alternativt måste det fuktas innan det hanteras.

Kalkinnehållet gör att TU-slaggen i många fall kan användas som alternativ till bränd kalk. Detta trots att det innehåller en relativt låg kalkhalt, oftast kring 40 procent. Som exempel på användningsområden kan nämnas markstabilisering och jordförbättringsmedel. Koksen i slaggen medför att det finns en relativt hög energimängd som kan tas tillvara i till exempel förbränningsanläggningar. Framförallt gäller det vid förbränning av förnybara material då TU-slaggen även har en positiv inverkan på slagg- och stoftbildningen i dessa processer. TU-slaggen ingår bland de övriga slaggerna i statistiken.

Bilaga 3 Slagger från övrig metallindustri

Ferrokromslag

År 2015 producerades 90 000 ton ferrokromslag. Vargön Alloys AB i Vargön tillverkar ferrokrom (råvara för framställning av legerat stål) och tillverkningen av ferrokromslag är en del av denna process. Tillverkningsprocessen säkerställer slaggens tekniska egenskaper över tid. Utmärkande för ferrokromslag är bland annat dess relativt höga styvhet (god bärighet) i en packad markkonstruktion. Materialet är något tyngre än motsvarande naturmaterial och är väl dränerande med en relativt låg kapillär stighöjd. Det är också beständigt mot nötning. Den vanligaste typen av användning av ferrokromslag är vid vägbyggnad särskilt i vägens förstärkningslager, men kan också användas i obundna bärlager i överbyggnaden. Ferrokromslagen har en låg, men ändå påtagligt värmeisolerande förmåga vilket innebär att den kan vara fördelaktig som tjälisolerande skikt i det så kallade skyddslagret. Ferrokromslagets nötningsbeständighet medför att den kan användas i bitumenbundna slitlager (asfaltbeläggning) och i bärande fyllningar.

Järnsand

Smältråvaran till Boliden Mineral AB:s smältverk vid Rönnskär, Skelleftehamn, består till största delen av anrikad kopparmalm, så kallad kopparslig. Vid kopparframställningen tillsätts ren kvartssand (SiO_2) som slaggbildare. Kvartsen förenar sig med järnet i kopparsligen och bildar slag som avskiljs från råkoppar i smält form. Metallerna, främst zink och bly, i slagen drivs av genom slaggfuming (injektion av luft och kol). Den fumade slagen tappas till en sättningsugn där rester av koppar och halvmetaller avskiljs och utvinns. Slagfasen i sättningsugnen granuleras till järnsand genom snabbkylning i en vattenstråle. Årligen produceras 250 000–300 000 ton järnsand. Järnsand används främst externt i Skellefteå kommun med omnejd. Cirka en tiondel av årsproduktionen går på export som blästermedel.

Järnsanden har fått sitt namn av sitt innehåll av järn och sin tydliga och ensartade kornstorlek som motsvarar sand. Bland de naturliga mineralen motsvarar materialet närmast fayalit, den järnrikaste silikatvarianten av olivintyp, $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$, se avsnitt 2.2. De spårmetaller som förekommer i järnsand är främst koppar och zink men i och med att matrisen är amorft, det vill säga förglasat så är metallerna hårt bundna och därigenom stabila.

Järnsanden har god värmeisolerande egenskap och dränerande förmåga och den är jämn i kvalitén och har liten kapillär stighöjd (10–15 centimeter). Den kan packas och hanteras med stor lätthet. Dessa egenskaper beror på materialets ensartade kornstorleksfördelning och glasartade ytstruktur, i kombination med den kantiga kornformen, som ger hög porositet och god bärighet. Materialet kan användas i ett flertal tillämpningar där ett termiskt isolerande, kapillärbrytande och svagt dränerande sandliknande material behövs. Järnsandens låga värmeledningstal och låga kapillära stighöjd innebär att den med fördel används där det krävs tjälisolering och/eller ett kapillärbrytande skikt. Den används vid anläggande av vägar och planer samt vid grundläggning av byggnader. Järnsanden är svart till färgen och avviker därigenom så markant från konventionella material att den lätt kan särskiljas vid lagring, byggande och rivning och den kan återanvändas i andra konstruktioner.

Bilaga 4 Mängder producerade restprodukter 2015 i ton

Produktion slaggar (ton)			
	Låglegerat	Höglegerat	Summa
Masugnsslagg	453 800		453 800
LD-slagg	309 362		309 362
AOD-slagg		120 379	120 379
Ljusbågsugnsslagg	99 567	118 789	218 356
Skänkslagg	41 565	31 738	73 303
Övrig slagg	172 533	2 434	174 967
Totalt			1 350 167
Produktion övriga material (ton)			
	Låglegerat	Höglegerat	Summa
Gasrenings slam	63 133		63 133
Gasreningsstoff	90 375	7 873	98 248
Glödskal	56 529	11 014	67 543
Koksgrus	41 712		41 712
Råbensen, stenkolstjära	57 284		57 284
Metallstoff och -spån	12 595	12 795	25 391
Metallhydroxidslam	1 303	14 897	16 200
Eldfast	18 715	11 126	29 841
Svavel, ammoniumsulfat	10 847		10 847
Samtliga restprodukter	Totalt	Andel	
Restprodukter från koksverk	109 843	0,06	
Masugnsslagg	453 800	0,24	
LD-slagg	309 362	0,16	
Ljusbågsugnsslagg	218 356	0,11	
Skänkslagg	73 303	0,04	
AOD-slagg	120 379	0,06	
Övrig slagg	174 967	0,09	
Gasreningsstoff	98 248	0,05	
Glödskal, metallsalter, metallstoff och spån	93 823	0,05	
Slam (icke oljehaltigt)	79 333	0,04	
Eldfast	29 841	0,02	
Oljehaltigt avfall	19 553	0,01	
Övrigt	121 664	0,06	
Summa	1 902 472		

Bilaga 5 Kemikaliesäkerhetsbedömning av slagg

Som underlag för en REACH-registrering av ett ämne som tillverkas eller importeras i mängder mer än 10 ton/år måste en kemikaliesäkerhetsrapport sammanställas. Detta görs genom en bedömning av ämnets kemiska, fysikaliska, hälsomässiga och miljömässiga risker.

Kemikalieriskbedömningen görs i första hand genom sammanställning av befintlig information, som finns tillgänglig hos tillverkare, importörer och/eller nedströmsanvändare. Om information om någon egenskap hos ämnet visar sig saknas görs i andra hand kompletterande tester för att fylla informationsgapen. Djurförsök görs endast om alternativa metoder helt saknas.

Fem olika typer av slagg från järn- och ståltillverkning (Ferrous slags) har registrerats i enlighet med REACH-förordningen. Analyser och undersökningar har visat att dessa fem har jämförbara mineralogiska sammansättningar, att de är mycket lika naturligt berg, samt att de uppvisar nästan identiska fysikaliska/kemiska egenskaper. För att på ett effektivt sätt uppfylla kraven för REACH-registreringen har dessa material hanterats som en grupp ("The category approach").

Sv. namn	Förkortning	EINECS nr	CAS nr	CAS namn
Masugnsslagg (luftkyld, granulerad)	ABS/GBS	266-002-0	65996-69-2	Slags, ferrous metal, blast furnace
LD-slagg	BOS	294-409-3	91722-09-7	Slags, steelmaking, converter
LB-slagg (låglegerad)	EAF C	932-275-6		Slags, steelmaking, elec. furnace
LB-slagg (höglegerad, LB- och AOD-slagg)	EAF S	932-476-9		Slags, steelmaking, elec. furnace
Stålslagg (avsvavlingsslagg, sekundärslagg, mm)	SMS	266-004-1	65996-71-6	Slags, steelmaking

Slaggerna genomgick inför REACH-registreringen de oberoende tester som finns föreskrivna i förordningen, med följande resultat:

- Slaggerna är stabila och inerta oorganiska UVCB (substances of unknown or variable composition, complex reaction products or biological materials) material, som är mycket lika naturligt bergmaterial.
- Slaggerna är nästan helt olösliga i vatten och endast mycket små mängder av de spårelement som finns bundna i slaggerna är lakbara. Lakvätskan från slagg är basisk (pH 10-13).
- Resultaten från alla genomförda tester visar att slaggerna inte har några miljö- och/eller hälsofarliga egenskaper, det vill säga ingen slagg är klassificerad såsom farlig enligt CLP-förordningen ((EG) Nr 1272/2008 om klassificering, märkning och förpackning av ämnen och blandningar). Det behöver därför inte göras någon exponeringsbedömning för slagganvändning eller något säkerhetsdatablad.
- Det finns inga användningar som avråds.

Informationen är hämtad ur "Chemical Safety Report, Ferrous slags", där mer detaljerad information kan erhållas. Följande egenskaper testades:

Spridning i miljön

- Nedbrytning
- Distribution
- Bioackumulering (inklusive sekundärförgiftning)

Hälsosfarlighet

- Toxicitetskinetik (absorption, metabolism, distribution och eliminering)
- Akut toxicitet (oral, inandning, dermal, m.fl.)
- Irritation (ögon, hud, inandning)
- Frätning
- Sensibilisering (hud, inandning)
- Toxicitet vid repetitiv dosering (oral, inandning, dermal, m.fl.)
- Mutagenitet
- Cancerogenitet
- Reproduktionstoxicitet

Hälsosfarlighet p.g.a. fysikalisk/kemiska egenskaper

- Explosivitet
- Antändlighet
- Oxidation

Miljöfarlighet

- Vatten (fisk, ryggradslösa djur, alger, sediment, m.fl.)
- Mark (makro- och mikroorganismer i jord, växter, m.fl.)
- Atmosfär
- Mikrobiologisk
- Sekundärförgiftning (fåglar, däggdjur)

Bilaga 6 Uppgiftslämnande företag och kontaktpersoner

Nedan redovisas samtliga anläggningar som ingår i Jernkontorets statistik samt Boliden och Vargön Alloys. Vill du ha mer information om de beskrivna materialen är du välkommen att kontakta berörd person direkt. Vi bistår gärna med mer information om materialen, möjligheter till utveckling av nya applikationer och testning av materialen.

Företag med produktion av låglegerat stål	Ort	Kontaktperson	E-postadress
SSAB EMEA AB	Luleå	Tina de Bruin, SSAB Merox	tina.de.bruin@merox.se
SSAB EMEA AB	Borlänge	Pernilla Aronsson, SSAB Merox	pernilla.aronsson@ssab.com
SSAB EMEA AB	Oxelösund	Jeanette Stemne, SSAB Merox	jeanette.stemne@merox.se
Ovako Bar AB	Smedjebacken	Torbjörn Sörhuus	torbjorn.sorhuus@ovako.com
Ovako Sweden AB	Hofors	Kjell Pålsson	kjell.palsson@ovako.com
Ovako Sweden AB	Hällefors	Patrik Krekula	patrik.krekula@ovako.com
Ovako Bar AB	Boxholm	Torbjörn Sörhuus	torbjorn.sorhuus@ovako.com
Scana Steel Björneborg AB	Björneborg	Fredrik Carlson	fredrik.carlson@scanasteel.com
Höganäs AB	Höganäs	Björn Haase	bjorn.haase@hoganas.com
Höganäs AB	Halmstad	Björn Haase	bjorn.haase@hoganas.com
Surahammars Bruks AB	Surahammar	Johan Steen	johan.steen@sura.se

Företag med produktion av höglegerat stål	Ort	Kontaktperson	E-postadress
Uddeholms AB	Hagfors	Jan Hedlund	jan.hedlund@uddeholm.com
Erasteel Kloster AB	Långshyttan	Charlotta Torsner	charlotta.torsner@eramet-erasteel.com
Erasteel Kloster AB	Söderfors	Charlotta Torsner	charlotta.torsner@eramet-erasteel.com
Erasteel Kloster AB	Vikmanshyttan	Charlotta Torsner	charlotta.torsner@eramet-erasteel.com
Fagersta Stainless AB	Fagersta	Maria Davies	maria.davies@fagersta-stainless.se
Kanthal AB	Hallstahammar	Pelle Murelius	pelle.murelius@sandvik.com
Outokumpu Stainless AB	Avesta	Gunnar Ruist	gunnar.ruist@outokumpu.com
Outokumpu Stainless AB	Degerfors	Per Larsson	per.larsson@outokumpu.com
Outokumpu Stainless AB	Torshälla	Jyri Kaplin	jyri.kaplin@outokumpu.com
AB Sandvik Materials Technology	Sandviken	Olle Sundqvist	olle.sundqvist@sandvik.com

Övriga	Ort/Område	Kontaktperson	E-postadress
Vargön Alloys AB	Vargön	Annelie Papadopoulos	annelie.papadopoulos@vargonalloys.se
Boliden Mineral AB	Skelleftehamn	Pasi Peltola	pasi.pertola@boliden.com
Jernkontoret	Miljö/TO 55	Eva Blixt Robert Eriksson	eva.blixt@jernkontoret.se robert.eriksson@jernkontoret.se
Jernkontoret	Statistik	Jenni Ranhagen	jenni.ranhagen@jernkontoret.se

Den svenska stålindustrins branschorganisation

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