



Industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser och hur de kan minskas

En nulägesanalys inom regeringsuppdraget
Industriklivet

ER 2019:22



Energimyndighetens publikationer kan beställas eller laddas ner via www.energimyndigheten.se, eller beställas via e-post till energimyndigheten@arkitektkopia.se

© Statens energimyndighet

ER 2019:22

ISSN 1403-1892

Oktober 2019

Upplaga: 40 ex

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma

Förord

Regeringen har beslutat om den långsiktiga satsningen Industriklivet för att stödja industrin i omställningen mot minskade utsläpp. Energimyndigheten har fått uppdraget att fördela medlen. I uppdraget ingår också att årligen göra en sammanställning och analys över nuläget och förutsättningar vad gäller olika sektorers utsläpp, deras respektive potential till utsläppsreduktion och teknisk utveckling på området. Föreliggande rapport visar att utsläppen från industrin visar en svag ökning, i takt med ökad produktion. Detta visar på angelägenheten att nu genomföra verkningsfulla åtgärder för att minska industrins utsläpp, i en takt som säkerställer att vi når målet om noll netto-utsläpp till år 2045. Här kan åtgärder som kommer till stånd med stöd av Industriklivet ha en avgörande roll. I den här rapporten redovisas den nulägesanalysen. Underlag till rapporten har erhållits från flera olika källor såsom myndigheter, internationella organisationer, högskolor och universitet samt av organisationer, initiativ och företag inom berörda branscher.

Eskilstuna i oktober 2019.

Robert Andrén
Generaldirektör

Martin Wadmark
Utredningsledare

Innehåll

Sammanfattning	4
1 Inledning.....	5
1.1 Uppdrag och syfte	5
1.2 Övergripande om industrisektorn	6
1.3 Metodbeskrivning	12
1.4 Utsläppsdefinitioner	12
1.5 Avgränsning	14
1.6 Rapportens upplägg	15
2 Järn- och stålindustrin, inklusive järnmalmshuvudgruvor	16
2.1 Tillverkning av stål	17
2.2 Användning av energi och processkol samt utsläpp av växthusgaser.....	20
2.3 Tekniker för att minska utsläppen.....	22
2.4 Marknad och ekonomi	26
3 Mineralindustrin	32
3.1 Tillverkning av cement	32
3.2 Energianvändning och utsläpp av växthusgaser	33
3.3 Tekniker för att minska växthusgasutsläpp.....	35
3.4 Marknad och ekonomi	38
4 Raffinaderier och kemiindustri	41
4.1 Petroleumraffinering och tillverkning av kemiska produkter	41
4.2 Energianvändning och utsläpp av växthusgaser	44
4.3 Tekniker för att minska utsläppen.....	46
4.4 Marknad och ekonomi	50
5 Övrig metall inklusive övriga gruvor.....	54
5.1 Framställning av koppar, bly och aluminium	55
5.2 Energianvändning och utsläpp av växthusgaser	56
5.3 Tekniker för att minska växthusgasutsläpp.....	58
5.4 Marknad och ekonomi	60
Referenser	63

Bilaga 1. Bearbetning och tolkning av statistik	67
Statistik om utsläpp och energianvändning	67
Statistik om handel och ekonomi.....	67
Bilaga 2. Bransch-, varu- och produktindelning	69

Sammanfattning

De branscher inom svensk industri som står för störst utsläpp är järn- och stålindustrin, mineralindustrin (cementproduktionen), raffinaderier och kemiindustrin samt övrig metallindustri. Den utsläppsminskning som tidigare skett inom den svenska industrin har avtagit, nu ökar istället koldioxidutsläppen i takt med produktionen. För att svensk industri ska ha en ökande produktion med lägre utsläpp behövs fortsatt teknikutveckling inom industrin. Här finns behov av fortsatta statliga styrmedel, stöd som Industriklivet hjälper svensk industri att nå Sveriges mål om netto-noll utsläpp till år 2045.

Tillverkningsprocesserna och utmaningarna för att minska utsläppen skiljer sig åt mellan branscherna. För vissa tillverkningsprocesser är utmaningen att ersätta den fossila råvaran som utgör själva insatsvaran i produktionen. För andra processer krävs det mycket hög värme och utmaningen är istället att hitta energibärare med en lika hög energitäthet som de fossila bränslena.

På kort sikt är elektrifiering och ökad användning av biobaserade råvaror viktiga för att minska industrins utsläpp. Många processer kräver kostsam förbehandling av bioråvaran för att få den ska få rätt egenskaper. Detta, tillsammans med att biomassa är en begränsad resurs, bidrar till att det inte är sannolikt att biobaserade råvaror fullständigt kommer att ersätta de fossila. Cementindustrin utreder möjligheten att elektrifiera tillverkningsprocessen i projektet CemZero. I projektet kopplade till järn- och stålindustrin undersöks möjligheten att delvis ersätta fossilt kol med andra insatsvaror.

På längre sikt behövs större tekniksprång för att minska utsläppen. För att nå dit krävs att tekniken utvecklas och testas redan idag och att regelverk och andra förutsättningar finns på plats. I projektet HYBRIT, som delfinansieras genom Industriklivet och som nu är inne i pilotfas, har ledande aktörer inom järn- och stålindustrin gått ihop med en stor elproducent för att utveckla fossilfri stålproduktion. Cementindustrin arbetar med att minska utsläppen på flera plan, men bedömer att det inte är möjligt att uppnå nollutsläpp utan koldioxidavskiljning och lagring (CCS).

1 Inledning

I juni 2017 antog riksdagen ett klimatmål att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser 2045. För att nå målet behöver utsläppen minska kraftigt inom svensk industri. Industrin¹ släppte ut 17,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv) till atmosfären 2017, vilket motsvarar knappt en tredjedel av Sveriges totala utsläpp.^{2, 3} Med ett mer resurseffektivt samhälle kan efterfrågan på utsläppstunga material minska, men sannolikt kommer produkter av bland annat cement, stål och andra metaller även fortsatt att spela en viktig roll i bostadsbyggande, infrastruktur och omställningen av energisystemet. Att få fram koldioxidneutrala produkter är ur den bemärkelsen nödvändigt.

Industrins utsläppsminskningar, som huvudsakligen beror på övergången från fossila till förnybara bränslen, har stannat av de senaste åren. För att minska de processrelaterade utsläppen krävs betydande förändringar av produktionsprocesser och långsiktiga satsningar på forskning och utveckling. För att stödja denna utveckling finns det inom ramen för Industriklivet möjligheter att få stöd till åtgärder som minskar de processrelaterade utsläppen.⁴

1.1 Uppdrag och syfte

Enligt regeringsbeslutet om Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende anslag 1:20 Industriklivet (dnr. M2018/02934/S) ska Energimyndigheten årligen göra en sammanställning och analys över nuläget och förutsättningar vad gäller olika sektors utsläpp, deras respektive potential till utsläppsreduktion och teknisk utveckling på området. Nulägesanalysen ska ha sin utgångspunkt i det arbete⁵ som redan påbörjats inom ramen för regeringsuppdraget ”att genomföra innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser” (dnr. N2016/06369/IFK). Sammanställningen ska redovisas till Regeringskansliet (Miljö- och energidepartementet) senast den 31 oktober 2019⁶

¹ ”Industri”, ”svensk industri”, ”industrisektorn” och ”totala industrin” används i den här rapporten synonymt med varandra och avser alla branscher med SNI-kod (svensk näringsgrensindelning) 05–33, om inget annat anges.

² Statistiska Centralbyrån (SCB), 2019a. Utsläpp av växthusgaser från industrin efter växt-husgas, bransch och år. Statistikdatabasen. <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/55982/> (hämtad 2019-07-11).

³ I de totala utsläppen ingår inte LULUCF (markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk) eller utrikes transporter.

⁴ Miljö- och energidepartementet. 2018-12-20. Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende anslag 1:20 Industriklivet. D.nr M2018/02943/S (delvis)

⁵ Nulägesanalys – Underlag till regeringsuppdrag Uppdrag att genomföra innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser, ER 2017:4.

⁶ Miljö- och energidepartementet. 2018-12-20. Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende anslag 1:20 Industriklivet. D.nr M2018/02943/S (delvis)

Syftet med den här rapporten är att presentera en sådan nulägesanalys. Rapporten omfattar följande delar:

1. En beskrivning av de viktigaste tillverkningsprocesserna, branschernas energianvändning och utsläpp av växthusgaser och deras ekonomi, marknadsförutsättningar samt konkurrenssituation.
2. En beskrivning av teknikalternativ som kan minska de processrelaterade utsläppen av växthusgaser och vilka utmaningar som finns för att byta teknik.

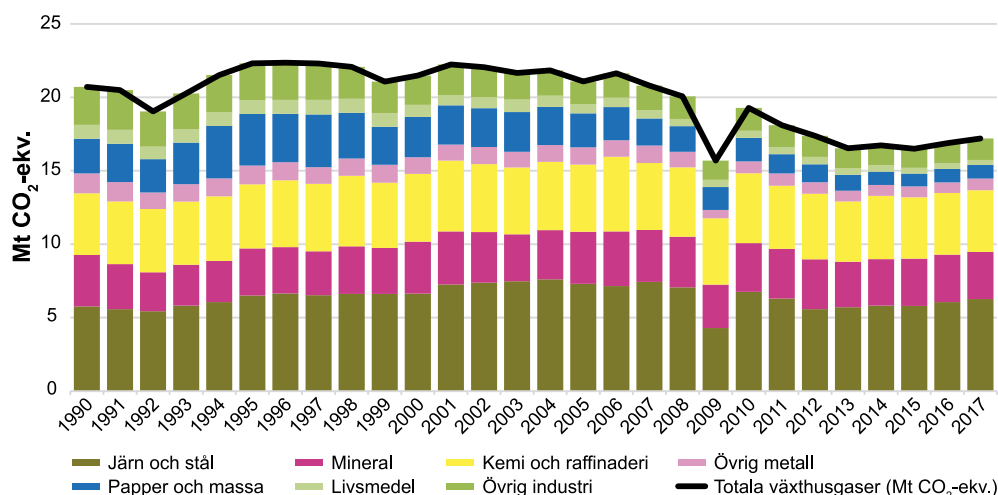
Resultatet ska även kunna användas som grund för Energimyndighetens fortsatta arbete med Industrikivet, bland annat till hjälp för att bedöma inkomna ansökningar i utlysningar⁷.

1.2 Övergripande om industrisektorn

Den svenska industrisektorn består av många olika branscher och företag, där ett fåtal står för majoriteten av växthusgasutsläppen. Det här avsnittet beskriver övergripande branscherna, deras betydelse för svensk handel och ekonomi samt generella förutsättningar för utsläppsminskningar.

1.2.1 *Energianvändning och växthusgasutsläpp*

Industrins totala utsläpp av växthusgaser har minskat med 17 procent jämfört med 1990, medan energianvändningen inom industrin är relativt oförändrad. De sjunkande nivåerna beror bland annat på att tillverkningsprocesserna blivit mer effektiva, både ur energi- och utsläppsynpunkt. En anledning till att utsläppen minskat mer än energianvändningen är att det samtidigt skett en successiv övergång från fossila till förnybara bränslen. I Figur 1 visas industrins totala utsläpp och Figur 2 visar energianvändningen fördelat mellan olika branscher.



Figur 1. Industrins utsläpp av växthusgaser, 1990–2017, miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Källa: SCB/Energimyndigheten.⁸

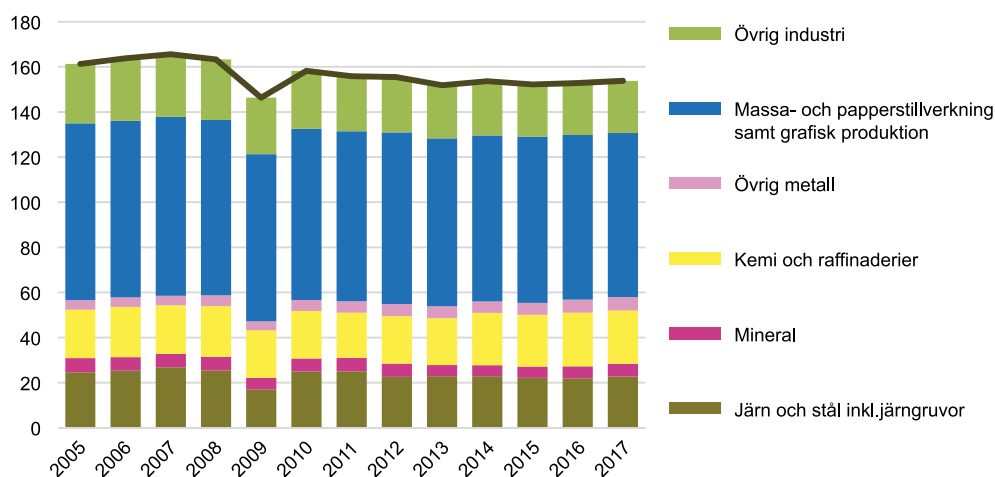
Anm: Minskningen 2009 beror på att produktionen inom vissa branscher sjönk under lågkonjunkturen.

Anm: Notera att branschfördelningen för utsläppsstatistiken skiljer sig från övrig statistik.

⁷För exempel på utlysning, se Energimyndigheten, Utlysning industrikivet.

<http://www.energimyndigheten.se/utlysningar/industrikivet2/> (hämtad 2019-09-24).

⁸SCB, 2019a. Bearbetad av Energimyndigheten.



Figur 2. Industrins energianvändning, 2005–2017, TWh.

Källa: Energimyndigheten.⁹

Anm 1: Minskningen 2009 beror på att produktionen inom vissa branscher sjönk under lågkonjunkturen.

Anm 2: I Energimyndighetens årliga energibalans ingår raffinaderier i energisektorn och inte i industrisektorn. Detta innebär att den totala energianvändningen som visas i grafen är något högre än industrins totala energianvändning i energibalansen.

Massa- och pappersindustrin och den grafiska industrin står för nästan hälften av industrins energianvändning, och drygt 5 procent av de totala utsläppen.¹⁰ De utsläppsintensiva branscherna järn- och stålindustrin, raffinaderi och kemiindustrin, mineralindustrin samt övrig metall står tillsammans för 84 procent av industrins totala utsläpp samt 98 procent av de processrelaterade utsläppen. Dessa branscher är därför i fokus i den här rapporten och beskrivs närmare i separata branschkapitel i kapitel 2–5. De största utsläppskällorna är järn- och stålindustrins masugnprocess, cementproduktionen och förbränningen av industriella restgaser.

Även om de två graferna i Figur 1 och Figur 2 inte är exakt jämförbara¹¹ stämmer det att energianvändningen inte är proportionell mot utsläppen. En del av förklaringen är att bränslemixen varierar stort mellan olika branscher. En ytterligare förklaring är att vissa branscher har tillverkningsprocesser som ger upphov till stora mängder utsläpp på grund av att själva råvaran är fossil. För vissa tillverkningsprocesser är det inte heller möjligt att ersätta de fossila energibärarna utan större tekniskiften.

Industrins totala utsläpp kan delas in i olika kategorier beroende på vad som orsakar dem (se Figur 3 och avsnitt 1.4). I klimatrapporeringen¹² delas utsläppen upp mellan processutsläpp från industriella processer, förbränningsutsläpp från förbränning av bränslen och diffusa utsläpp från hantering av fossila bränslen. Begreppet process-

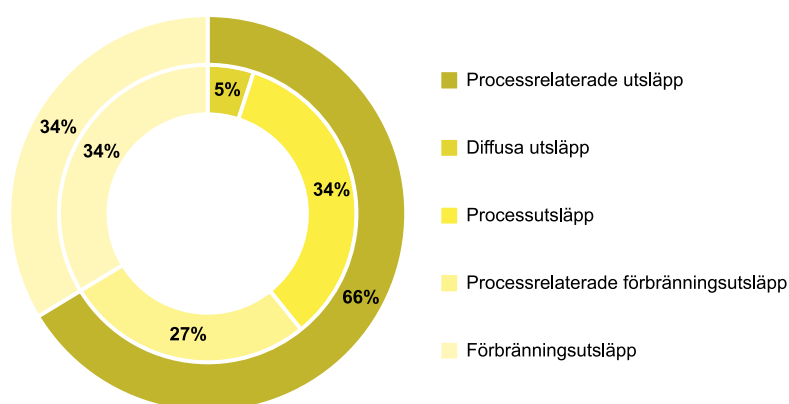
⁹ Energimyndigheten, 2019. Energibalans. <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energibalans/> (hämtad 2019-07-01).

¹⁰ Massa- och pappersindustrin använder i huvudsak el och biomassa. Utsläpp från användning av biomassa redovisas under markanvändning, vilket inte ingår i de totala utsläppen (se även fotnot 3).

¹¹ Branschindelningen för utsläppsstatistiken och energistatistiken skiljer sig. Utsläpp redovisas enligt FN:s klimatkonventionens (UNFCCC:s) 'Common Reporting Format' (CRF) och energistatistiken redovisas enligt svensk näringsgrensindelning (SNI). Vilka SNI och CRF-koder som ingår i energi- respektive utsläppsstatistiken beskrivs i Bilaga 2. Notera även att gruvor ingår i 'övrig industri' i den övre figuren, men inte i den undre.

¹² Klimatrapporeringen avser den årliga rapporteringen av växthusgasutsläpp som Sverige gör till UNFCCC.

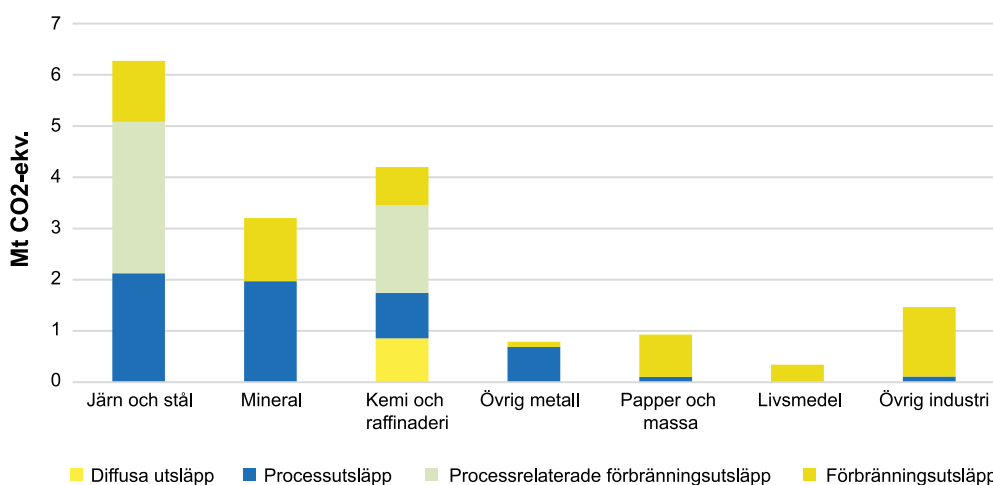
relaterade utsläpp används bland annat i underlagsmaterial till Industriklivet.¹³ Processrelaterade utsläpp är bredare än processutsläpp och omfattar alla processutsläpp samt vissa förbränningsutsläpp och diffusa utsläpp.¹⁴



Figur 3. Fördelningen av olika typer av utsläpp i Sverige 2017.

Källa: SCB/Naturvårdsverket/Energimyndigheten.¹⁵

Figur 4 visar hur industrins utsläpp var fördelade mellan processutsläpp, förbränningsutsläpp och diffusa utsläpp 2017. Totalt släppte industrisektorn ut 17,2 miljoner ton CO₂-ekvivalenter 2017.



Figur 4. Industrins totala utsläpp 2017, fördelat mellan processutsläpp, processrelaterade förbränningsutsläpp, förbränningsutsläpp och diffusa utsläpp, miljoner ton koldioxidekvivalenter

Källa: SCB/Naturvårdsverket/Energimyndigheten.¹⁶

Anm: Hur stor del av utsläppen som klassas som processrelaterade kan inte visas på grund av sekretess, förutom för järn- och stålindustrin. Fördelningen för järn och stålindustrin presenteras i kapitel 2, där den branschen beskrivs mer ingående.

Anm: Notera att branschfördelningen för utsläppsstatistiken skiljer sig från övrig statistik.

¹³ Regeringskansliet, *Bakgrundspromemoria om Industriklivet*. 2017-08-22.

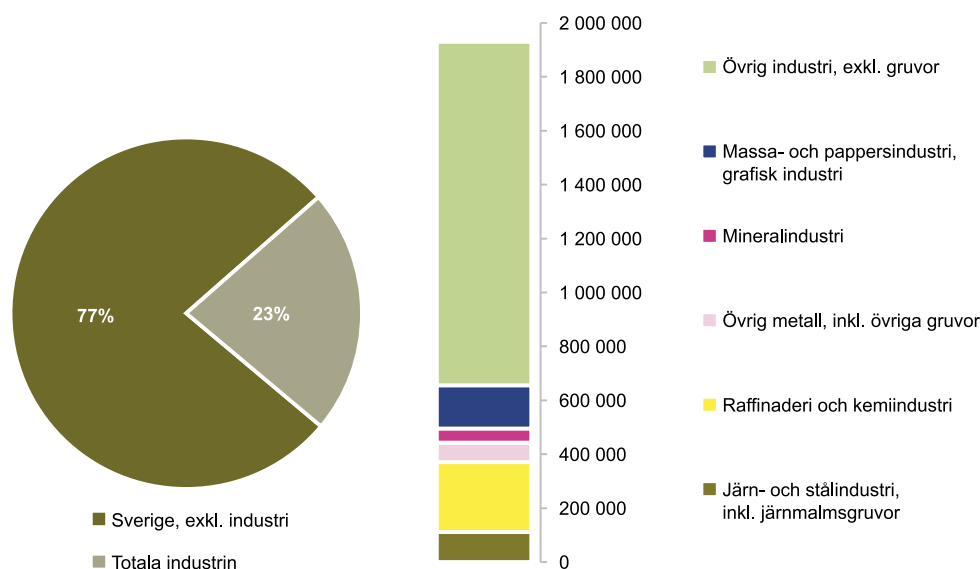
¹⁴ Processutsläpp, förbränningsutsläpp, diffusa utsläpp och processrelaterade utsläpp förklaras i kapitel 1.4.

¹⁵ SCB, 2019a. Uppdelningen för totala industrin har erhållits från Naturvårdsverket på begäran. Bearbetat av Energimyndigheten

¹⁶ SCB, 2019a. Uppdelningen för totala industrin har erhållits från Naturvårdsverket på begäran. Bearbetat av Energimyndigheten.

1.2.2 Ekonomi och handel

Industrins nettoomsättning var drygt 1 900 miljarder kronor 2017, vilket motsvarade drygt en femtedel av den totala omsättningen i Sverige, se Figur 5. Omsättningen i de utsläppsintensiva branscher som ingår i den här rapporten var drygt 470 miljarder kronor, vilket motsvarar en fjärdedel av industrins totala nettoomsättning. Verkstadsindustrin, som ingår i övrig industri i grafen, hade högst nettoomsättning.¹⁷ Av de utsläppsintensiva branscherna hade raffinaderier och kemiindustrin tillsammans högst nettoomsättning.¹⁸ Förädlingsvärdet för totala industrin uppgick till knappt 14 procent av Sveriges BNP.¹⁹



Figur 5. Nettoomsättning fördelat mellan industrin och Sverige exklusive industrin (procent) och mellan industribranscher, miljarder kronor, 2017.

Källa: SCB.²⁰

Anm: Vilka SNI-koder som ingår i respektive bransch beskrivs i Bilaga 2.

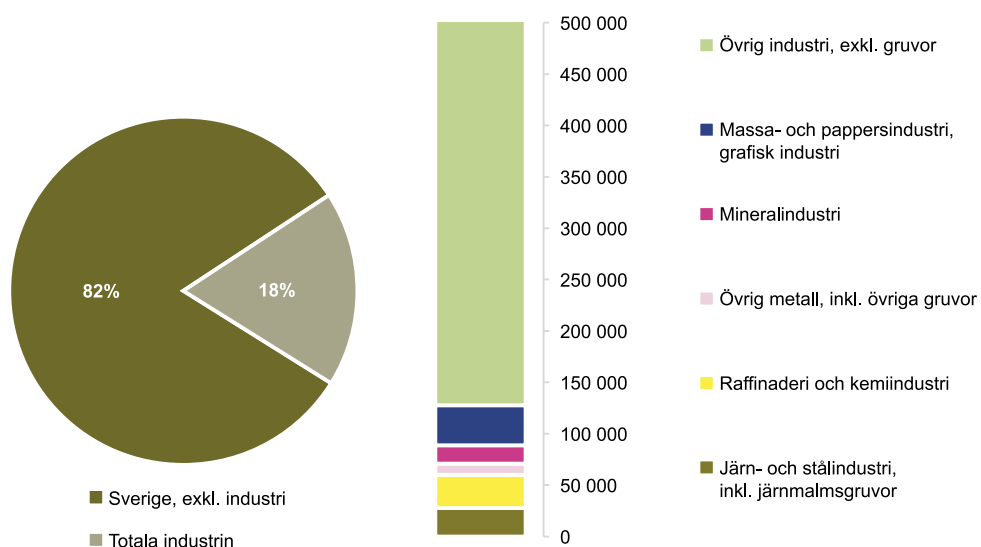
Knappt en femtedel av de anställda i Sverige arbetar inom industrin, se Figur 6. Strax över en halv miljon personer var anställda inom svensk industri 2017, varav knappt 89 000 arbetade inom de branscher som ingår i denna rapport.

¹⁷ Verkstadsindustrin omfattar alla branscher med SNI-kod 25–30 och beskrivs inte närmare i denna rapport eftersom branschens utsläpp är förhållandevis små.

¹⁸ SCB, 2019b. Företagens Ekonomi, Statistikdatabasen. http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__NV__NV0109__NV0109L/BasfaktaFEngs07/ (hämtad 2019-07-12)

¹⁹ SCB, 2019c. Nationalräkenskaper, Statistikdatabasen. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper-kvartals-och-arsberakningar/> (hämtad 2019-09-16).

²⁰ SCB, 2019b.



Figur 6. Fördelning av antal anställda, mellan industrin och Sverige exklusive industrin samt mellan industribranscher, 2017.

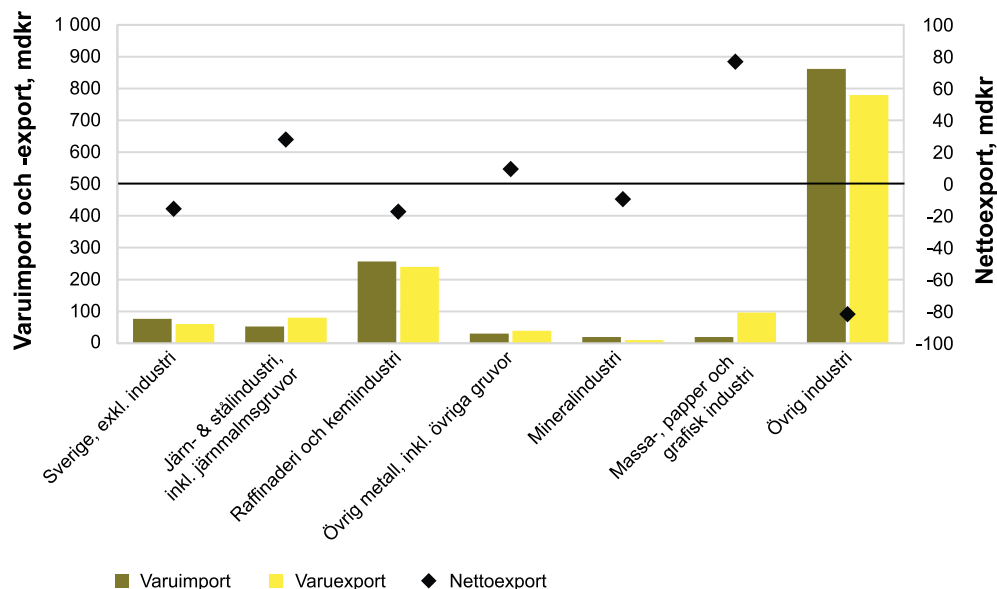
Källa: SCB.²¹

Anm: Vilka SNI-koder som ingår i respektive bransch beskrivs i Bilaga 2.

Industrins import- och exportvärden för varuhandeln var drygt 1 200 miljarder kronor vardera 2017. De största handelsströmmarna fanns i verkstadsindustrin, som ingår i övrig industri, samt i raffinaderier och kemiindustrin, se Figur 7. Det innebär att de branscherna handlar mest med omvärlden. Nettoexporten var dock negativ, vilket betyder att värdet på importerade varor var större än värdet på exporterade. Störst positiv nettoexport hade massa-, papper- och grafisk industri, följt av järn- och stålindustrin. De branscherna bidrog därmed med de största nettointkomsterna från export.²²

²¹ SCB, 2019b.

²² SCB, 2019d. Utrikeshandel med varor. Statistikdatabasen. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/handel-med-varor-och-tjanster/utrikeshandel/utrikeshandel-med-varor/> (hämtad 2019-07-15)



Figur 7. Import- och exportvärde för olika branscher, övrig industri och resten av Sverige, miljarder kronor, 2017. Den mörka linjen markerar brytpunkten mellan positiv och negativ nettoexport.

Källa: SCB.²³

Anm: Vilka SNI-koder som ingår i respektive bransch beskrivs i Bilaga 2.

Import- och exportvärdena redovisas på branschnivå och är inte proportionella mot handelsvolymerna mätt i fysiska enheter, till exempel ton. Inom varje bransch handlas en mängd olika varor av olika värde. Inom till exempel raffinaderier importeras framförallt råvaror, medan förädlade varor exporteras. Att nettoexporten ändå är negativ beror på att importvolymen är större än exportvolymen. Inom stålindustrin är import- och exportvolymerna ungefär lika stora, men de produkter som exporteras är mer förädlade. En fördjupad analys på produktnivå redovisas i kapitel 2–5.

1.2.3 Generella förutsättningar för utsläppsminskningar

För att nå målet om nettonollutsläpp 2045 behövs både utveckling av befintliga tekniker och större teknikskiften. Det kräver i sin tur att de aktörer som orsakar utsläppen satsar på utveckling och implementering av sådan teknik. Att många branscher har som målsättning att minska utsläppen framgår av de färdplaner som tagits fram i samarbete med initiativet Fossilfritt Sverige²⁴, men för att planerna ska förverkligas krävs det inte bara fortsatt stöd till forskning och utveckling utan också att styrmedlen utformas så att det lönar sig att utveckla och använda mer klimatsmarta tekniker. En avgörande fråga är att utsläppen behöver prissättas på en sådan nivå att det lönar sig att minska sina utsläpp. Här är EU:s utsläppshandel central, men även kompletterande åtgärder som prisgolv eller offentlig upphandling kan bidra till att stärka marknadsförutsättningarna för klimatsmarta tekniker. Vidare är tillgång till el och biomassa inom hållbara ramar särskilt viktiga förutsättningar för en omställning mot lägre utsläpp.

²³ SCB, 2019d.

²⁴ För mer information om Fossilfritt Sverige. <http://fossilfritt-sverige.se/> (hämtad 2018-07-11).

En djupare analys av hinder för minskade utsläpp i processindustrin har gjorts inom ramen för regeringsuppdraget Innovationsfrämjande insatser (N2016/06369/IFK) och presenterades i augusti 2019.²⁵

1.3 Metodbeskrivning

Energimyndigheten ska årligen göra en sammanställning och analys över nuläget och förutsättningar vad gäller olika sektors utsläpp, deras respektive potential till utsläppsreduktion och teknisk utveckling på området.

Rapporten bygger vidare på tidigare års rapporter. Som underlag används bland annat forskningsrapporter, de färdplaner olika branscher tagit fram i samarbete med Fossilfritt Sverige, myndighetsrapporter och årsredovisningar. Vissa underlagsrapporter använder inte samma branschavgränsningar som den här rapporten och i de fallen har egna bedömningar gjorts för att avgöra vilken eller vilka branscher som omfattas.

Även statistik över energianvändning, växthusgasutsläpp, handel och ekonomi har uppdaterats och analyserats. Om inget annat anges avser den statistik som presenteras år 2017. Utsläppsstatistiken i branschkapitlen presenteras för 2015–2017 för att visa utvecklingen sedan den förra nulägesanalysen. Statistiken kommer från Naturvårdsverket, SCB, Eurostat och Energimyndigheten. Statistikällorna beskrivs i Bilaga 1.

Att använda statistik från olika källor för att beskriva en och samma bransch är svårt och jämförelser bör därför göras med försiktighet. Eftersom statistiken baseras på olika undersökningar med varierande urval, avgränsningar och klassificeringssystem kan inte exakt samma branschavgränsningar användas. Statistik för växthusgas-utsläpp fördelas enligt CRF-koder och övrig branschstatistik fördelas enligt SNI-koder. De största skillnaderna är att järnlegeringar (ferrolegeringar) redovisas under järn- och stålindustrin för all statistik utom för utsläpp där de ingår i övrig metall samt att utsläpp från gruvindustrin inte ingår i branschkapitlen. Se bilaga 1 och bilaga 2 för mer information kring branschavgränsningar och statistik.

Förutom branschindelad statistik används även varuindelad statistik. I den statistiken används SPIN-koder och HS/Kn-nummer. SPIN-koderna stämmer överens med SNI-koderna och kallas därför för samma sak i den här rapporten. HS/Kn-nummer är ett sätt att klassificera produkter och en direkt koppling till branschindelning saknas. Därför har en bedömning gjorts av vilka produkter som är relevanta för respektive bransch. En beskrivning av vad som ingår i respektive bransch och produkt-/varukategori²⁶ finns i Bilaga 2.

1.4 Utsläppsdefinitioner

Industrins totala utsläpp av växthusgaser kan delas upp mellan processutsläpp, förbränningsutsläpp och diffusa utsläpp, beroende på vad som orsakar dem. Ibland används även uttrycket processrelaterade utsläpp. I följande avsnitt beskrivs de olika begreppen

²⁵ *Hinder för klimatomställning i processindustrin – En rapport inom regeringsuppdraget Innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser*, ER 2019:20.

²⁶ I rapporten används varukategori för att övergripande kategorisera varor, främst på 2-siffrig HS/Kn-nivå, medan produktkategorier är mer finfördelade kategorier på 4-siffrig HS/Kn.

såsom de används i denna rapport. Utgångspunkten har så långt som möjligt varit de definitioner som anges i IPCC:s riktlinjer²⁷, som gäller vid klimatrappporteringen.

1.4.1 Processrelaterade utsläpp

Begreppet processrelaterade utsläpp saknar en allmänt erkänd definition. I Bakgrundspromemorian om Industriklivet²⁸ beskrivs de processrelaterade utsläppen som utsläpp ”direkt från industrins processer för tillverkning och bearbetning i produktionen”. Där beskrivs även vilka branscher som anses ha större processrelaterade utsläpp. För arbetet med Industriklivet och regeringsuppdraget Innovationsfrämjande insatser har därför processrelaterade utsläpp definierats med utgångspunkt i underlagsmaterialet för dessa insatser och IPCC:s riktlinjer. I processrelaterade utsläpp ingår alla processutsläpp inom industri men också processrelaterade förbränningsutsläpp (se nedan) och diffusa utsläpp. Vilket innebär att till exempel även raffinaderier, som inte har processutsläpp, ingår i denna rapport.

1.4.2 Processutsläpp

Processutsläpp avser de utsläpp som orsakas av industriella tillverkningsprocesser. Industriella processer producerar växthusgaser i många olika processteg, men framförallt vid kemisk eller fysisk materialomvandling. Ett exempel på processutsläpp är koldioxid som bildas när kalksten omvandlas under upphettning i produktionen av cement och kalk (kalcinering). Processutsläpp är en utsläppskategori i IPCC:s riktlinjer.

Alla processutsläpp inom industrin ingår i processrelaterade utsläpp.

1.4.3 Diffusa utsläpp

Diffusa utsläpp uppstår vid hantering och produktion av fossila bränslen, till exempel när de utvinns ur jordskorpan, vidareförädlas till slutprodukter eller transporteras. I Sverige kan de diffusa utsläppen framförallt härledas till produktion av koks, läckage från rörledningar och raffinaderiernas vätgasproduktion. Diffusa utsläpp är en utsläppskategori i IPCC:s riktlinjer.

Diffusa utsläpp ingår i processrelaterade utsläpp.

1.4.4 Förbränningsutsläpp

Förbränningsutsläpp kan förenklat beskrivas som utsläpp från förbränning av bränslen. Mer specifikt är förbränningsutsläpp de utsläpp som uppstår när en energivara oxideras i en apparat med syftet att tillhandahålla värme eller mekaniskt arbete till en process, eller för användning bortom apparaten. Kemiska reaktioner i industriella processer kan också generera värme, men i de fallen räknas utsläppen som processutsläpp. Förbränningsutsläpp är en utsläppskategori i IPCC:s riktlinjer.

²⁷ IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3: Industrial Processes and Product Use. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_1_Ch1_Introduction.pdf (Hämtad 2019-07-16)

²⁸ Regeringskansliet, Bakgrundspromemoria om Industriklivet. 2017-08-22.

Förbränningsutsläpp ingår i normalfallet inte i processrelaterade utsläpp. Vissa utsläpp som definieras som förbränningsutsläpp enligt IPCC:s riktlinjer räknas dock in i processrelaterade utsläpp, främst förbränning av interna fossilbaserade restprodukter. Dessa utsläpp kallas för processrelaterade förbränningsutsläpp, se nedan.

Processrelaterade förbränningsutsläpp

Förbränningsutsläpp som uppstår vid förbränning av restprodukter från fossila råvaror i tillverkningsprocesser kallas för processrelaterade förbränningsutsläpp.

I det här sammanhanget är råvara en energivara som till stor del övergår till och ingår i processens slutprodukt(-er) eller som behövs för den kemiska omvandlingen. Exempel på råvaror är råolja som omvandlas till diesel och bensin eller kol som används som reduktionsmedel i järnframställning. Med restprodukt avses ett ämne som uppstår i processen när råvaran omvandlas, utöver den(n) avsedda slutprodukten(-erna). Om en sådan restprodukt förbränns för energiändamål ger det upphov till processrelaterade förbränningsutsläpp. Råvaran ska vara fossil och får inte användas enbart för energiändamål i processen för att restprodukterna ska kunna ge upphov till processrelaterade förbränningsutsläpp. Exempel på processrelaterade förbränningsutsläpp är fackling som sker inom raffinaderier samt järn- och stålindustrin.

1.5 Avgränsning

Nulägesanalysen omfattar de branscher som står för majoriteten av de processrelaterade utsläppen i Sverige, det vill säga järn- och stålindustrin, mineralindustrin (cementproduktionen), raffinaderier och kemiindustrin samt övrig metall. Massa- och pappersindustrin ingår inte eftersom branschens utsläpp är förhållandevis små och de processrelaterade utsläppen är marginella.

I beskrivningarna av tillverkningsprocesser och möjliga teknikalternativ är fokus på de mest utsläppsintensiva processtegen och processer där utsläppen är svåra att minska. Även om relativt få tillverkningsprocesser orsakar den övervägande delen av utsläppen tas ett helhetsperspektiv från insatsvara till slutprodukt i beskrivningarna av branscherna. Detta för att visa på komplexiteten i industrisektorns sammansättning: ofta är ett företags slutprodukt insatsvara i ett annat företags produktion och då går det inte att ändra tillverkningsprocessen utan att kunna garantera att produktens hållfasthet och andra materialegenskaper bibehålls. Beskrivningarna av tekniker som kan minska utsläppen begränsas till tekniker som direkt minskar utsläppen från processerna, medan tekniker som kan minska efterfrågan på det utsläppstunga processernas slutprodukter inte behandlas.

Slutligen ingår endast de direkta utsläppen som uppstår under tillverkningsprocesserna. De indirekta utsläppen som uppstår upp- och nedströms om tillverkningsprocessen ingår inte.²⁹

²⁹ Indirekta utsläpp uppströms är till exempel utsläpp som uppstår vid råvaruförpackning och utsläpp nedströms är till exempel utsläpp som uppstår under transport till kund eller när produkten används.

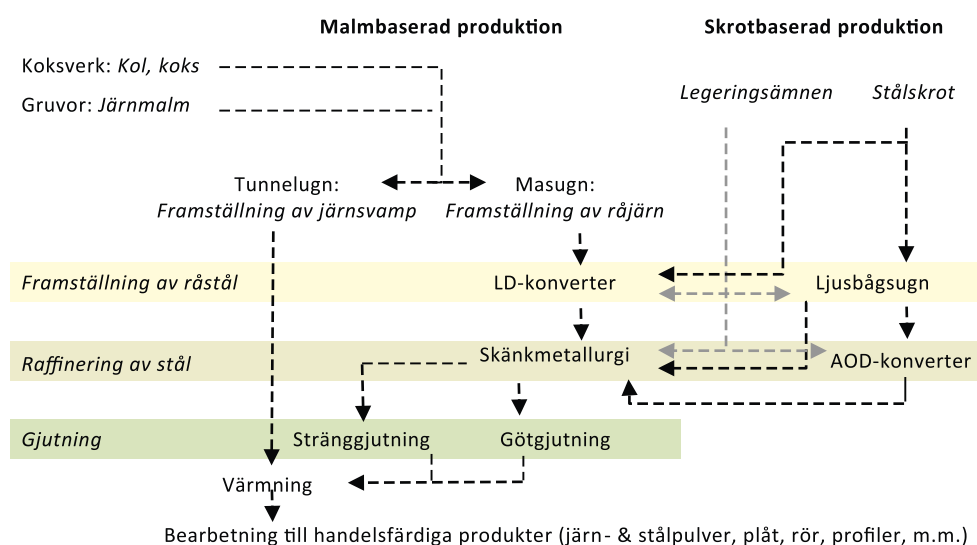
1.6 Rapportens upplägg

I kapitel 2–5 beskrivs viktiga tillverkningsprocesser, energianvändning, växthusgasutsläpp, teknikalternativ för att minska utsläppen och marknadssituation för de fyra utsläppsintensiva branscherna. Kapitel 2 handlar om järn- och stålindustrin inklusive järnmalmsgruvor, kapitel 3 handlar om mineralindustrin, kapitel 4 handlar om raffinaderier och kemiindustrin, som beskrivs samlat eftersom de har flera gemensamma processer och utmaningar, och kapitel 5 handlar om övrig metallindustri inklusive övriga gruvor. I bilaga 1 beskrivs statistiken och bilaga 2 redogör för hur branscherna delas upp.

2 Järn- och stålindustrin, inklusive järnmalmsgruvor

Produktionen av järnmalmsprodukter, som både exporteras och används som insatsvaror i svensk stålproduktion, var knappt 27 miljoner ton 2017. Råstålsproduktionen var cirka 5 miljoner ton, vilket motsvarar knappt 0,3 procent av världsproduktionen. Både stålet och järnmalmsprodukterna utmärker sig internationellt för dess höga kvalitet. Järn- och stålindustrin stod för 12 procent av Sveriges totala utsläpp 2017 och 81 procent av utsläppen var processrelaterade. Flera utvecklingsprojekt med potential att minska utsläppen avsevärt pågår.

Järn- och stålindustrin omfattar en mängd olika verksamhetsområden och tillverkningsprocesser. De produkter som tillverkas längs värdekedjan har ofta flera användningsområden, både som insatsvaror i andra processer och som slutprodukter. I Sverige finns tre huvudsakliga processpår: malmbaserad produktion med masugn (masugnsprocessen) och tunnelugn (även kallad Höganäsprocessen) samt skrotbaserad produktion med ljusbågsugn.³⁰ Varje teknik består av olika processteg som ger upphov till olika stora utsläpp. De viktigaste stegen visas i Figur 8.



Figur 8. Processpår inom svensk järn- och stålindustri.

Källa: Jernkontoret³¹, Energimyndighetens bearbetning.

³⁰ Jernkontoret, 2018. *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*. Jernkontoret: Fossilfritt Sverige.

³¹ Jernkontoret, 2018. s.18.

Av järn- och stålindustrins utsläpp kommer 85 procent av koldioxidekvivalenterna från användningen av kol som avses till reduktion av råvaran.³² 12 procent av utsläppen härleds till värmebehandling och värmning genom användning av bränslen. De resterande 3 procenten kommer från råvaror och tillsatsämnen. Masugnsprocessen står för majoriteten av branschens utsläpp. Höganäsprocessens utsläpp är lägre än masugnsprocessens både totalt sett och i förhållande till produktionsvolymen. Utsläpp från den skrotbaserade produktionen är förhållandevis små, en fjärdedel av masugnsprocessens utsläpp.³³

Anledningen till att den skrotbaserade tekniken har betydligt mindre utsläpp än de andra två teknikerna är att stålet tillverkat från skrot inte behöver genomgå en reduktionsprocess för att separera råvaran från syre.³⁴ I skrotbaserad ståltillverkning används mestadels återvunnet järn- och stålskrot som råvara. Totalt sett består svensk järnråvara av 40 procent skrot och 60 procent järnmalm.³⁵ Även raffinering, gjutning och andra stål-bearbetningsprocesser orsakar utsläpp. Detta sker i synnerhet när fossila råvaror förbränns för att hetta upp ugnar.

I det här kapitlet beskrivs först olika processteg inom den malmbaserade stålproduktionen, följt av kortare beskrivningar av skrotbaserad produktion och processer för värmning och värmebehandling. Därefter beskrivs branschens utsläpp och energianvändning, följt av vilka tekniker som kan minska utsläppen. Slutligen beskrivs branschens marknad och ekonomi.

2.1 Tillverkning av stål

2.1.1 Malmbrytning och förädling

Det första steget i malmbaserad stålproduktion är själva malmbrytningen. Järnmalm bryts i Malmfälten i norra Sverige. Innan malmen kan användas i stålproduktionen behöver den förädlas. Förädlingsprocessen består av tre steg: sovrning, anrikning och pelletisering. I sovringsverket krossas och sorteras malmen. Därefter transporteras den till ett anrikningsverk. Anrikning innebär att orenheter avlägsnas och järnhalten höjs, vilket sker genom malning, separering och flotation³⁶. I pelletsverken blandas malmkoncentratet därefter med olika tillsats- och bindemedel, innan den rullas och bränns till pellets. Pelletsen både exporteras och används som insatsvara i den svenska masugnsprocessen för att tillverka råstål.³⁷

³² *Så klarar svensk industri klimatmålen*. IVA. 2019

³³ LKAB, *Energi och klimat*. <https://www.lkab.com/sv/hallbarhet/miljo/energi-och-klimat/> (hämtad 2019-07-31)

³⁴ Jernkontoret, 2018.

³⁵ Jernkontoret, 2019. *Fakta och nyckeltal om stålindustrin*. <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/fakta-och-nyckeltal/> (hämtad 2019-07-05).

³⁶ En separeringsprocess som fördelar ämnen efter deras kemiska egenskaper.

³⁷ LKAB, *Förädla*. <https://www.lkab.com/sv/om-lkab/fran-gruva-till-hamn/foradla/> (2019-07-15)

Den malm som bryts i Sverige, magnetitmalm, har högre järninnehåll och lägre syrehalt än den malmvariant som är vanligast i världen, hematitmalm.³⁸ Eftersom magnetitmalm avger värme som tillvaratas under förädlingsprocessen så krävs mindre energi vid pelletstillverkningen. Utsläppen per producerat ton stål beräknas vara 15 procent lägre jämfört med om hematitfines används.³⁹

I Höganäsprocessen används istället järnmalmsslig, finkornig anrikad malm, för att framställa järnpulver. För att framställa järnmalmsslig krossas och mals bruten järnmalm som sedan rensas på föroreningar.

2.1.2 Malmbaserad tillverkning av råstål

Malmbaserad tillverkning av råstål sker i Luleå och i Oxelösund. I Luleå finns en masugn och i Oxelösund finns i dagsläget två masugnar varav en planeras att stängas under 2019. Processen för att tillverka råstål från förädlad malmråvara kan mycket förenklat delas upp i två steg. I masugnen genomgår malmen först en reduktionsprocess. Det smälta råjärnet förs därefter vidare till stålverket för färskning i LD-konvertern.

Masugnen består av flera skikt och reduktionen sker stegvis. Järnmalmspellet, koks och kalksten fylls på uppfifrån. Kalken bidrar till reduktionsprocessen samt till att separera slagg från järnet. Koks fungerar som reduktionsmedel, bränsle och lastbärare för pellets. Eftersom koks är en förutsättning för masugnsprocessen har produktionsanläggningar med masugnar egna koksverk i nära anslutning. Koks framställs genom torrdestillation av kol, vilket innebär att kolet hettas upp till över 1 000 grader Celsius. När det smälta järnet, råjärnet, tappas ur ugnen har det en temperatur på 1 500 grader Celsius och en kolhalt på 4–5 procent.

I LD-konvertern omvandlas råjärn till råstål. Processen sker genom att syrgas med högt tryck blåses på smältan, vilket leder till att kolhalten sänks. Denna reaktion är exoterm, vilket betyder att den avger stora mängder värme. För att kyla materialet tillsätts skrot motsvarande ungefär 20 procent av volymen. När materialet lämnar LD-konvertern som råstål är kolhalten normalt 0,1 procent.

De energirika processgaserna som bildas i koksverk, masugn och stålverk används dels som bränsle i processerna och i värmningsugnar i efterföljande tillverkningsprocess och dels kan överskottet transporteras till kraftvärmeverk för att användas som bränsle till el- och fjärrvärmeproduktion. Om restgaserna inte används måste de facklas bort.^{40, 41}

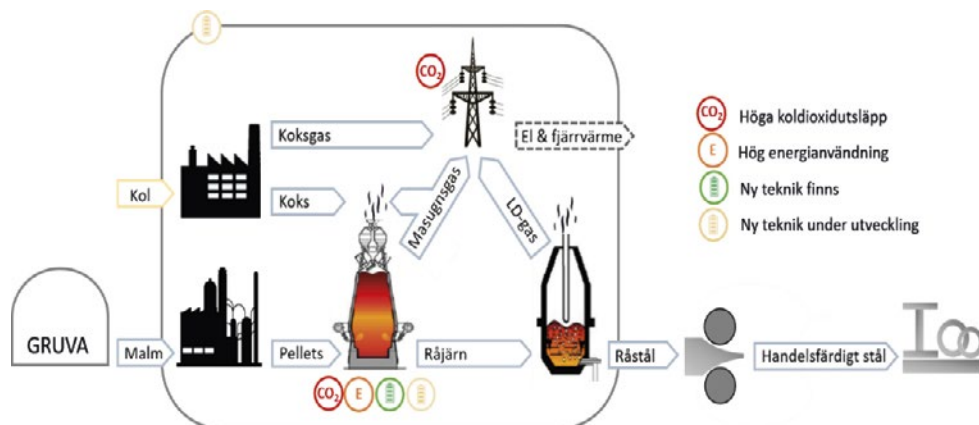
I Figur 9 visas processtegen från gruva och koksverk till handelsfärdiga stålprodukter. Bilden visar även var utsläppen och energianvändningen är störst samt var det finns teknikalternativ för att minska utsläppen.

³⁸ Jernkontoret, 2018.

³⁹ LKAB, *Anrikning*. <https://www.lkab.com/sv/om-lkab/fran-gruva-till-hamn/foradla/anrikning/> (hämtad 2019-07-15).

⁴⁰ ENET-Steel, *Energieffektivisering inom SSAB Oxelösund under åren 1996–2007*. <https://static1.squarespace.com/static/534fa8d4e4b0a1a3d8a42c81/t/54352b8de4b052cb7a7ff7f4/1412770725088/SSAB+1996-2007.pdf> (hämtad 2019-07-15).

⁴¹ Jernkontoret, 2018.



Figur 9. Malmbaserad tillverkning av råstål.

Källa: Energimyndigheten.

Anm: Pilarna symboliserar materialflödena mellan de olika processtegen. Gul pil innebär att råvaran importeras till Sverige och grå pil innebär att råvaran utvinns eller framställs i Sverige. Ikonerna visar var utsläppen och energianvändningen är störst och för vilka processteg ny teknik kan minska utsläppen inom snar respektive mer avlägsen framtid.

De olika teknikalternativen är olika effektiva för att minska utsläppen. Den gröna tekniksymbolen i figuren illustrerar till exempel möjligheten att använda en viss andel biokol i masugnen, vilket kan minska utsläppen till viss del. Den gula tekniksymbolen i figurens övre vänstra hörn symboliserar i sin tur utvecklingen av vätgasbaserad direktreduktion, ett teknikspår med potentialen att i stort sett eliminera utsläppen från den malmbaserade stålproduktionen. Läs mer i kapitel 2.3.

2.1.3 Direktreduktion/Höganäsprocessen

I Höganäsprocessen sker en direktreduktion av malmen, vilket innebär att den reduceras i fast fas och bildar järnsvamp. Processen inleds med att järnmalmsslig placeras i rörformade kärl tillsammans med en reduktionsblandning bestående av koks, antracit och mald kalksten. Kärlen hettas upp till cirka 1 200 grader Celsius i en tunnelugn. Detta leder till att koksen förgasas och bildar koloxid, som i sin tur reducerar järnmalm till järn, samtidigt som det svavel som frigörs av koksen fångas upp av kalkstenen. Järnsvampen krossas sedan till ett råpulver som värmebehandlas och mals till ett finfördelat järnpulver. Järnpulvret förädlas antingen vidare eller säljs som det är. Att processen kräver lägre temperaturer än masugnsprocessen bidrar till att energianvändningen och utsläppen är lägre.⁴²

I andra länder produceras även råstål från järnsvamp. Då används en annan typ av direktreduktionsprocess som följs av att järnsvampen smälts i en ljusbågsugn.

2.1.4 Skrotbaserad ståltillverkning

I skrotbaserad ståltillverkning smälts återvunnet stålskrot i en elektrisk ljusbågsugn. De elektroder som används i ljusbågsugnar använder kolprodukter som råvara eftersom inga andra typer av elektroder kan hantera den höga spänningen eller temperaturen i ugnen. I vissa anläggningar används även gas- eller oljeeldade brännare i ljusbågsugnen för en jämnare värmefördelning och effektivare smältprocess.⁴³

⁴² Jernkontoret, 2018.

⁴³ Jernkontoret, 2018.

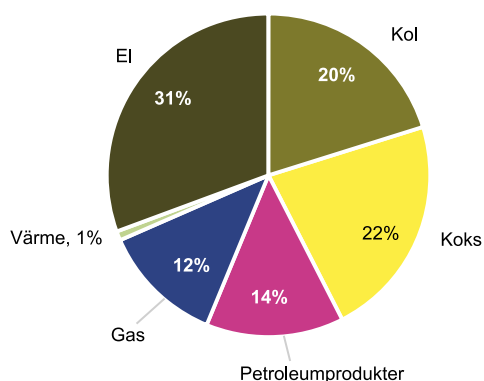
2.1.5 Värmnings- och värmebehandlingsugnar

För att stålet ska komma upp i den höga temperatur som är nödvändig för bearbetning krävs hög energitäthet (snabb uppvärmning till hög temperatur) i det material som förbränns. Precis som i den skrotbaserade ståltillverkningen är det därför vanligt att gas- eller oljebrännare används i värmningsugnarna. Flammorna från brännarna bidrar även till en bättre värmeöverföring i ugnarna. Koldioxidutsläppen från värmningsugnarna minskar med cirka 30 procent vid en övergång från olja till flytande naturgas (LNG).⁴⁴

Stål kan värmebehandlas på olika sätt beroende på vilka egenskaper som önskas. Behandling av rostfria och höglegerade stål kräver temperaturer på över 1 000 grader Celsius och ett snabbt uppvärmningsförlopp och då används ofta gas. El används i värmebehandlingsugnar med långsammare uppvärmningsförlopp. I vissa ugnar används en kombination av el och bränslen.⁴⁵

2.2 Användning av energi och processkol samt utsläpp av växthusgaser

Den slutliga energianvändningen i järn- och stålindustrin, inklusive järnmalmsgruvor, uppgick till 23 TWh 2017, vilket motsvarar 15 procent av industrins totala energianvändning.⁴⁶ Mest energi används för att framställa järn och stål, framförallt i masugnprocessen. Figur 10 visar hur energianvändningen var fördelad mellan olika energislag.



Figur 10. Järn- och stålindustrins energianvändning, inklusive järnmalmsgruvor, 2017.

Källa: Energimyndigheten.⁴⁷

Anm 1: Petroleumprodukter inkluderar gasol, diesel och eldningsolja. Diesel kan vara både fossil och förnybar. Fördelningen mellan fossil och förnybar diesel kan inte urskiljas i energistatistiken.

Anm 2: Gas inkluderar masugns gas, koksugns gas, LD-gas, naturgas och stadsgas.

⁴⁴ Jernkontoret 2018.

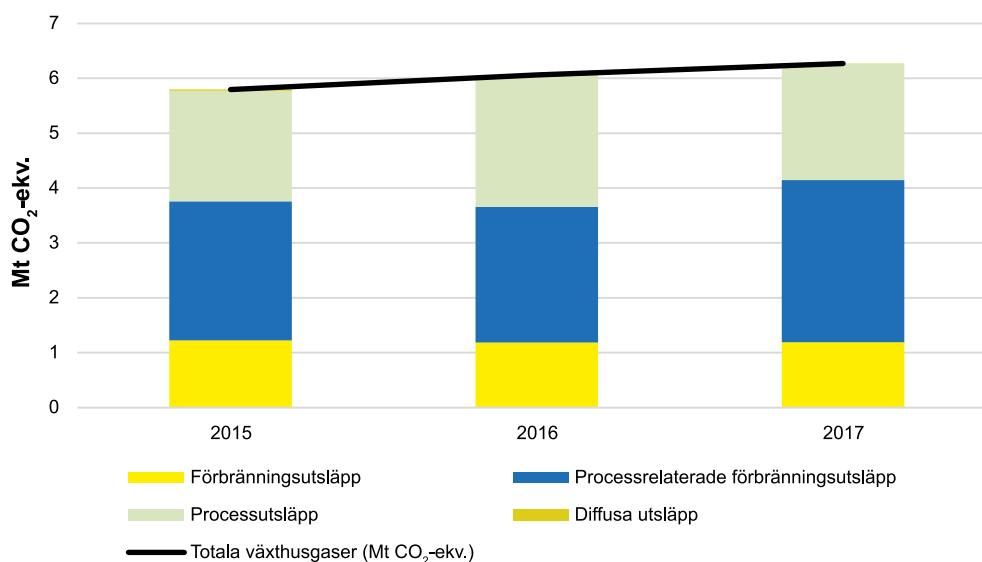
⁴⁵ Jernkontoret, 2018.

⁴⁶ Notera att 23 TWh avser branschens slutliga energianvändning. Detta skiljer sig från branschens totala användning genom att varken de processgaser som säljs till energisektorn för att användas i el- och värmeproduktion eller de gaser som facklas upp ingår. Om figuren hade baserats på den totala energianvändningen hade fördelningen följaktligen sett något annorlunda ut.

⁴⁷ Energimyndigheten, 2019.

Branschen använder nästan uteslutande fossila energivaror och el. Kol och koks används framförallt i samband med masugnsprocessen, men även vid tillverkning av järnmalmsspellets och som legeringsämne i stål. El används framförallt i den skrotbaserade ståltillverkningen och i olika bearbetningsprocesser, men även i de malm-baserade processerna. Naturgas och petroleumprodukter används som bränsle i värmningsugnar och värmebehandlingsugnar, i arbetsmaskiner, vid pelletstillverkning och för interna transporter. Processer för att krossa och anrika järnmalm är nästan helt eldrivna idag och ytterligare elektrifiering sker kontinuerligt vid reinvesteringar. Utvecklingen mot ökad elektrifiering och automatisering har drivits av arbetsmiljöskäl, såväl som av tekniska och ekonomiska fördelar.^{48, 49}

Järn- och stålindustrins utsläpp uppgick till 6,3 miljoner ton CO₂-ekv⁵⁰ 2017, vilket motsvarar 36 procent av industrins totala utsläpp och 4 procents ökning jämfört med 2014. I Figur 11 visas fördelningen mellan diffusa utsläpp, förbränningsutsläpp, processrelaterade förbränningsutsläpp och processutsläpp. De diffusa utsläppen utgör mindre än en procent av branschens totala utsläpp och syns därför inte i grafen. 81 procent av branschens utsläpp var processrelaterade utsläpp 2017 medan icke-processrelaterade utsläpp utgjorde 19 procent.



Figur 11. Järn- och stålindustrins utsläpp 2015, 2016 och 2017, fördelat mellan olika sorters utsläpp, miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Källa: SCB/Energimyndigheten.⁵¹

Anm: Järnmalmshyttning (inklusive förädling och pelletstillverkning) samt framställning av ferrolegeringar ingår i Figur 10 men inte i Figur 11. Det beror på att utsläppen från dessa branscher samredovisas med andra branscher och inte kan särskiljas i utsläppsstatistiken.

Anm: Notera att branschfördelningen för utsläppsstatistiken skiljer sig från övrig statistik så utsläpp från järnlegeringar och järnmalmshyttor ingår inte i figuren ovan.

⁴⁸ Svemin, 2018. *Färdplan för en konkurrenskraftig och fossilfri gruv- och mineralnärings. Delrapport april 2018*. Svemin: Fossilfritt Sverige.

⁴⁹ Jernkontoret, 2018.

⁵⁰ Utsläpp från järnlegeringar (ferrolegeringar) och järnmalmshyttor ingår inte här. Utsläpp från järnlegeringar redovisas i övrig metall

⁵¹ SCB, 2019a, bearbetad av Energimyndigheten.

De processrelaterade utsläppen ökade med 11 procent mellan 2015 och 2017 och de totala förbränningsutsläppen ökade med 10 procent. Utsläppen från järn- och stålindustrin är starkt kopplade till konjekturen och kan därför variera år till år beroende på produktionsvolym och fördelningen mellan stålkaliteter. Cirka 85 procent av processutsläppen uppstår i den masugnsbaserade järnproduktionen, medan resten kan härledas till järnpulvertillverkningen⁵², stålproduktionen och kalkproduktionen. En stor del av förbränningsutsläppen orsakas av förbränning av industriella restgaser och räknas därmed som processrelaterade utsläpp. Koksverken står för alla diffusa utsläpp, som också är processrelaterade.⁵³ Det innebär att en stor del av förbränningsutsläppen och alla diffusa utsläpp är processrelaterade, precis som processutsläppen.

Över 80 procent av stålindustrins utsläpp kan härledas till masugnsprocessens användning av processkol och kalk. Motsvarande siffra för Höganäsprocessen är två procent. Övriga förbränningsutsläpp sker i samband med att material hettas upp inför bearbetning och i olika värmebehandlingssteg. Även de tillsatsmaterial och råvaror som används i smältprocesserna, till exempel kolinnehåll i skrot och legeringsämnen, ger upphov till en mindre mängd utsläpp.⁵⁴

Utsläppen från malmbrytning och förädling ingår inte i figur 10 eftersom dessa inte kan separeras från den totala gruvindustrins utsläpp i den officiella utsläppsstatistiken. Enligt gruvindustrins branschorganisation Svemin⁵⁵ stod järnmalsframställningen för en procent av Sveriges totala utsläpp 2016 och den största andelen var förbränningsutsläpp. Processutsläppen från pelletsproduktionen var drygt 110 000 ton CO₂-ekv 2017.⁵⁶

2.3 Tekniker för att minska utsläppen

Den begränsade tillgången på stålskrot tillgängligt för återvinning i förhållande till efterfrågan på stål innebär att både järnmalm och skrot sannolikt kommer behövas för att täcka efterfrågan i framtiden. Det förutsätts därför att malmbaserad produktion kommer att finnas kvar. I det här avsnittet beskrivs olika möjligheter att minska utsläppen från malmbaserad produktion, med utgångspunkt i den svenska järn- och stålindustrins förutsättningar. Trots att projekt med potential att minska utsläppen pågår intensivt kommer fortsatta forskningsinsatser att behövas under lång tid framöver.

Stålindustrin satsade åtminstone 120 miljoner kronor under 2013–2017 på forskning för effektivare energianvändning, ökad användning av restenergier och minskade utsläpp genom samverkansprogrammet ”Järn- och stålindustrins energianvändning – forskning och utveckling” (JoSEn).⁵⁷ Forskning bedrivs internt på företagen samt på forskningsinstitut, universitet och högskolor. I Sverige bedrivs industrinära grundforskning framförallt på Luleå Tekniska Universitet (LTH), Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) och Högskolan Dalarna. Tillämpad forskning sker främst på forskningsinstituten Swerea MEFOS och Swerea KIMAB, som under 2018 bildade ett nytt

⁵² I statistiken anges detta som ”processutsläpp från produktion av direktreducerat järn”, men i praktiken är järnpulver den enda typen av järn som produceras med direktreduktion i Sverige idag.

⁵³ SCB, 2019a.

⁵⁴ Jernkontoret, 2018.

⁵⁵ Svemin, 2018.

⁵⁶ SCB, 2019a.

⁵⁷ JoSEn var ett samverkansprogram mellan Energimyndigheten och Jernkontoret.

forskningsinstitut, SWERIM AB. Syftet med det nybildade institutet är bland annat att kraftsamla för att nå gruv- och stålindustrins klimatmål om en fossilfri produktion 2045.⁵⁸ Branschgemensam forskning stöts av bland annat Vinnova, Jernkontoret och Energimyndigheten.

2.3.1 Vätgasbaserad direktreduktion kan ersätta masugnsprocessen

Det går inte att få bort processutsläppen från masugnsprocessen eftersom processen inte skulle fungera utan kol och koks och dessa svårigen kan ersättas fullt ut av bio-baserade alternativ (se 2.3.5). För att få bort utsläppen krävs en ny tillverkningsprocess. Det alternativ som idag har störst potential att ersätta masugnsprocessen är direktreduktion med vätgas som reduktionsmedel, vilket ger restprodukten vatten istället för koldioxid. Denna möjlighet utreds inom ramen för HYBRIT⁵⁹, ett omfattande samarbetsprojekt mellan SSAB, LKAB och Vattenfall.

HYBRIT inleddes med en förstudie som pågick mellan 2016 och 2017. Då resultaten från förstudien var positiva togs i början av 2018 beslutet att bygga en pilotanläggning för fortsatta försök⁶⁰. Försöken i pilotanläggningen beräknas pågå till 2024 och beräknas kosta 1,4 miljarder, varav Energimyndigheten bidrar med 524 miljoner. Därefter är planen att den nya tekniken ska testas under tio år i demonstrationsskala för att vara redo för fullskalig implementering efter 2035.

HYBRIT innefattar tre olika pilotprojekt: Direktreduktion med vätgas (HYBRIT-processen), Fossilfria pellets och Vätgaslagring.

HYBRIT-processen går i korta drag ut på att järnmalmspellets direktreduceras till järnsvamp som sedan smälts till råstål i en ljusbågsugn. Processen ersätter med andra ord hela den nuvarande processen från järnmalmspellets till råstål som visas i Figur 8. Detta innebär att även dagens utsläpp från kokstillverkning och förbränning av restgaser försvinner. I stora drag liknar processen existerande teknik för direktreduktion, med den viktiga skillnaden att vätgas används som huvudsakligt reduktionsmedel. Eftersom vätgasen är tänkt att produceras genom elektrolys är utveckling av storskalig elektrolysbaserad vätgasproduktion och lagring av vätgas viktiga delar i projektet. Andra viktiga delar är forskning på själva reduktionsprocessen, både vad som sker när malmen reagerar med vätgas och hur processerna ska kunna skalas upp till dagens produktionskapacitet.

Pilotprojektet fossilfria pellets innebär att de fossila bränslen som används inom pelletstillverkningen ersätts med förnybara bränslen. Utöver grundläggande forskning på alternativa bränslen och nya uppvärmningstekniker testas inom projektet ett biooljesystem för uppvärmning i pilotfas. Biooljeanläggningen började byggas under sommaren 2019 och beräknas, när den är i drift, att minska koldioxidutsläppen med 60 000 ton per år.⁶¹

⁵⁸ Jernkontoret. *Nytt metallforskningsinstitut bildas*. <https://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/nytt-fran-jernkontoret/pressmeddelanden/2018/nytt-metallforskningsinstitut-bildas2/> (hämtad 2019-07-09).

⁵⁹ HYBRIT står för Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology. Läs mer på: <http://www.hybritdevelopment.com/> (hämtad 2018-07-16).

⁶⁰ HYBRIT, *toward fossil free steel*. <http://www.hybritdevelopment.com/hybrit-toward-fossil-free-steel> (hämtad 2019-07-09)

⁶¹ HYBRIT, *three Hybrit pilot projects*. <http://www.hybritdevelopment.com/articles/three-hybrit-pilot-projects> (hämtad 2019-07-09).

För att säkerställa kontinuerlig vätgastillgång är vätgaslagring ett viktigt komplement till vätgasreduktionen. Vätgas är en reaktiv gas och väldigt explosiv, så därför krävs en hög säkerhetsnivå när gasen hanteras. Vätgasprojektet syftar till att utveckla teknik och kunskap om trycksatt vätgaslagring i bergrum baserad på LRC-teknik (Lined Rock Cavern) samt bygga och demonstrera ett lager i pilotskala nära SSAB:s industriområde i Luleå.⁶²

SSAB har beslutat att masugnsprocessen i Oxelösund ska ersättas av en ljusbågsugn. Konverteringen till ljusbågsugn väntas vara klar till år 2025 och planeras ske stegvis.⁶³ Verksamhetens energisystem behöver konverteras till natur- eller biogas och nätkapaciteten behöver förstärkas för att kunna driva ljusbågsugnen från 2025.⁶⁴ Konverteringen i Oxelösund beräknas minska SSAB:s totala utsläpp med 25 procent. Inledningsvis kommer råvaran huvudsakligen att utgöras av skrot, men i framtiden kan järnsvamp från direktreduktion med vätgas användas. Målet är att mellan 2030 och 2040 även ersätta resterande masugnar i Oxelösund, Luleå och Finland med ljusbågsugnar och att Hybrit-tekniken implementeras successivt för att uppnå en fossilfri stålproduktion 2045. Om projektet lyckas bedöms Sveriges totala utsläpp minska med 10 procent.⁶⁵

Energimyndigheten har inom ramen för Industriklivet bidragit med forskningsstöd till bl.a. en genomförbarhetsstudie inför byggandet av pilotanläggningen, pilotstudier med vätgas som reduktionsmedel och utveckling av fossilfri värmningsteknik för sintring av järnmalmspellet. Samtliga projekt bedöms ha stor betydelse för utvecklingen av fossilfri ståltillverkning.⁶⁶

2.3.2 Järnsvamp möjlig energibärare

Under 2018 och 2019 ska forskningsinstitutet RISE undersöka om järnsvamp framställd genom direktreducerad järnoxid med förnybart producerad vätgas kan bli en koldioxid-neutral och miljövänlig energibärare i processindustrin. Projektet, som delfinansieras av Energimyndigheten, kan bidra med insikter till HYBRIT såväl som till sänkta växthusgasutsläpp globalt.⁶⁷

2.3.3 Ny anläggning för biobränsleförgasning

Projektet Probiostål, som drivits av Höganäs AB och Cortus Energy AB tillsammans med flera andra företag med syfte att minska utsläppen från metallpulvertillverkningen, har resulterat i en ny förgasningsanläggning för bioråvaror i Höganäs. Förgasningsanläggningen bedöms ha kapaciteten att minska utsläppen med 10 000 ton per år. I anläggningen pågår tester för att kunna övergå från säkerhetstester till kommersiell drift under 2019.

⁶² HYBRIT, *three Hybrit pilot projects*. <http://www.hybritdevelopment.com/articles/three-hybrit-pilot-projects> (hämtad 2019-07-09)

⁶³ Metalliska Material, *SSAB slår fast tidsplan för ljusbågsugnen i Oxelösund*. <https://www.metalliskamaterial.se/sv/fakta/ssab-slar-fast-tidsplan-for-ljusbagsugn-i-oxelosund/> (2019-08-26).

⁶⁴ SSAB, Fossilfri produktion. <https://www.ssab.se/ssab/om-ssab/production-sites-in-sweden/oxelosund/fossilfri-produktion> (hämtad 2019-07-09).

⁶⁵ SSAB, *Hybrit*. <https://www.ssab.com/company/sustainability/sustainable-operations/hybrit> (hämtad 2019-07-16).

⁶⁶ Energimyndighetens projektdatabas, P42684-3, P46751-1, P46752-1 och P42684-1. <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/> (hämtad 2019-07-09).

⁶⁷ Energimyndighetens projektdatabas, P45374-1.

Målet är att på sikt ersätta fossilt kol och naturgas med förädlad biobaserat kol och biogas i tillverkningsprocesserna, men inledningsvis testas bränslet för värmebehandling av stål. Biokol bildas som en biprodukt vid förgasningen och tros kunna ersätta en del av det fossila kolet i reduktionsprocessen. Tekniken är unik eftersom bränslet sägs klara tillverkningsprocessernas krav på renhet och höga temperaturer, vilket varit en utmaning tidigare. Anläggningen är den första i sitt slag.⁶⁸ Probiostål startade inom forskningsprogrammet Järn- och stålindustrins energianvändning (JoSEn).

2.3.4 Syrgas och recirkulation viktiga förutsättningar för CCS/CCU

Utsläpp som är svåra att minska kan också hanteras genom att skilja av koldioxiden och antingen lagra den, CCS⁶⁹, eller använda den, CCU⁷⁰. Eftersom CCS och CCU är effektivast vid stora utsläppskällor är det för järn- och stålindustrin framförallt masugnsprocessens utsläpp som kan vara relevant för sådan teknik. För att koldioxid-avskiljningen ska ske så effektivt som möjligt bör masugnen använda syrgas istället för luft. Dessutom bör processgaserna som masugnen släpper ut cirkuleras tillbaka till masugnen med hjälp av toppgascirkulering. Även utan CCS eller CCU skulle syrgas och recirkulation kunna leda till 20 procent minskade utsläpp, men tekniken kräver omfattande ombyggnation av befintliga masugnar. Svensk stålindustri bedömer i dagsläget inte att CCS/CCU är den bästa vägen framåt för svenska anläggningar.⁷¹

2.3.5 Biobaserade bränslen kan delvis ersätta kol och koks

Om biobaserade bränslen delvis ersätter kol och koks i masugnen skulle utsläppen från masugnsprocessen teoretiskt sett kunna reduceras med upp till 30 procent utan att några genomgripande investeringar behövs.⁷² Däremot behövs fortsatt forskning för att hantera andra utmaningar. Eftersom biomassa har ett, för ändamålet, lågt värmevärde behöver det förbehandlas genom exempelvis pyrolys. Även andra egenskaper, som högre porositet och mer varierande partikelstorlekar, bidrar till att den hållfasthet som krävs för att biokoksen inte ska brinna upp i masugnen är svår att uppnå. Dessutom krävs stora volymer och biomassa är en begränsad resurs. Detta gör att det inte är troligt att biobaserade bränslen helt och hållet kommer att ersätta fossilt kol och koks i masugnsprocessen.^{73, 74}

Projektet BIO4BF (Biokol för minskade utsläpp av fossila växthusgaser från masugnen), är ett exempel på forskningsprojekt som undersöker möjligheten att använda förbehandlad biomassa (biokol) i masugnar. Projektet, som pågår mellan 2017 och 2020, drivs av Swerim och finansieras delvis av Energimyndigheten. Projektet har en stark förankring i industrin och ska demonstrera ersättning av delar av masugnens kol och/eller koks

⁶⁸ Cortus Energy. *6 MW WoodRoll i Höganäs – Projekt Probiostål*. <http://www.cortusenergy.se/hoganas> (hämtad 2019-10-04).

⁶⁹ Carbon Capture and Storage.

⁷⁰ Carbon Capture and Utilisation.

⁷¹ Jernkontoret, 2018.

⁷² Swerea, 2018. *Vägen till en grön masugn*. <https://www.swerea.se/cases/vagen-till-en-gron-masugn> (hämtad 2019-07-09).

⁷³ Mousa, E. m.fl., 2016. *Biomass applications in iron and steel industry: An overview of challenges and opportunities*.

⁷⁴ Jernkontoret, 2018.

med biokol.⁷⁵ Fullt utvecklad uppskattas tekniken kunna minska utsläppen från masugnslösad produktion med 30 procent. En implementering skulle kunna inledas inom 3–5 år och vara färdigställd inom 10–15 år. Resultaten kan även överföras till andra länder med biomassatillgångar och därmed bidra till en global minskning av växthusgasutsläpp.

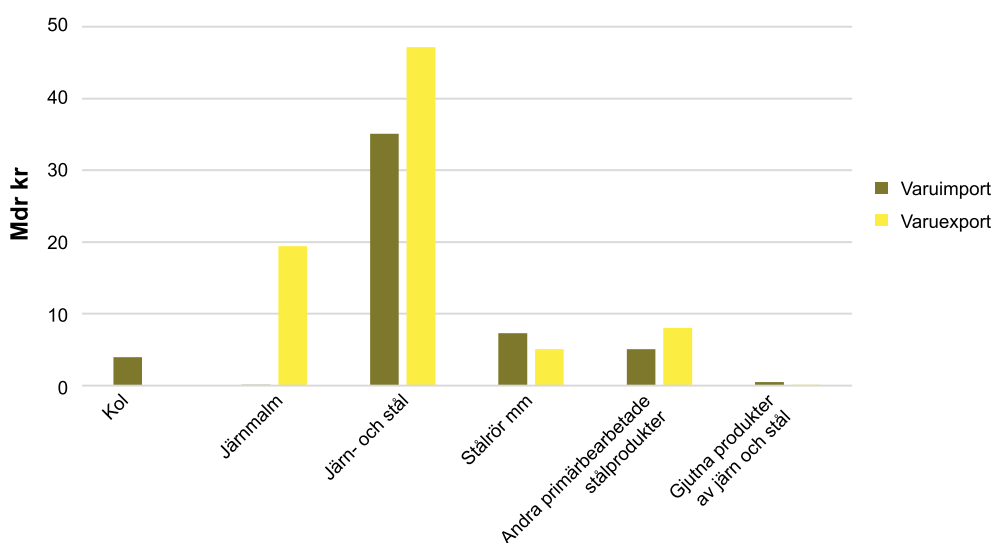
Projektet ”Energieffektivisering av masugnsprocessen genom användning av bioagglomerat”⁷⁶ är ett annat pågående projekt som syftar till att minska koksanvändningen i masugnarna. Genom att tillsätta reaktiva bioagglomerat som innehåller biokol och järnoxid till masugnen beräknas koldioxidutsläppen kunna minskas med 40 000–55 000 ton per år.

2.4 Marknad och ekonomi

2.4.1 Järn- och stålmarknaden

Sveriges stålindustri är liten ur ett globalt perspektiv, men viktig inom de marknadsnischer företagen valt att specialisera sig. Svensktillverkat stål har ett lågt klimatavtryck jämfört med stål som tillverkas i andra länder.⁷⁷

År 2017 uppgick svensk råstålsproduktion till cirka 4,9 miljoner ton. Detta motsvarar 0,3 procent av världsproduktionen och 3 procent av råstålsproduktionen inom EU-28.⁷⁸



Figur 12. Import- och exportvärde 2017 per delbransch (SPIN), miljarder kronor.

Källa: SCB.⁷⁹

Värdet av Sveriges import av järn och stål, järnmalm samt kol var drygt 52 miljarder kronor 2017. Varuexportens värde var cirka 80 miljarder kronor, varav knappt en fjärdedel inom järnmalm. Nettoexporten för branschen som helhet var positiv, särskilt

⁷⁵ Energimyndighetens projektdatabas, P44676-1.

⁷⁶ Energimyndighetens projektdatabas, P39150-1.

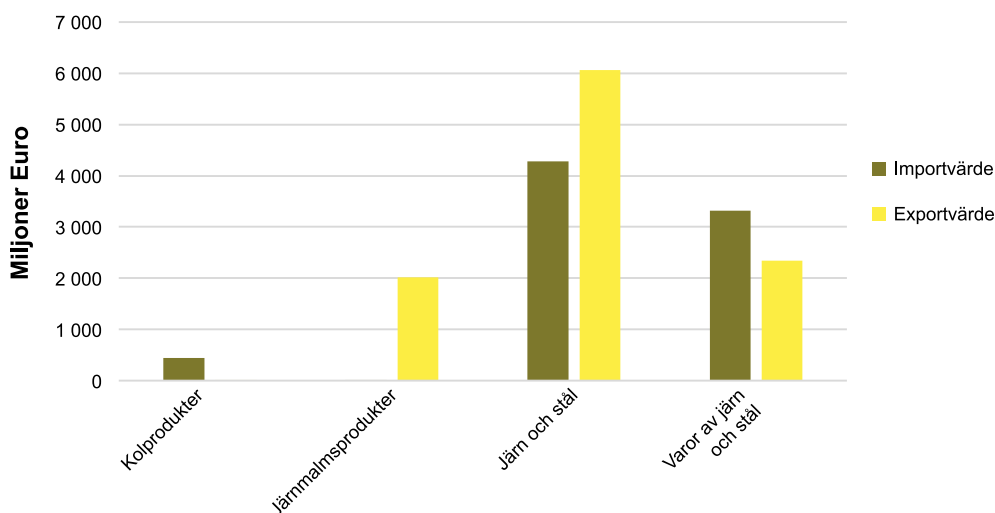
⁷⁷ Jernkontoret, 2018.

⁷⁸ World steel association 2018, *Steel statistical yearbook 2018*.

⁷⁹ SCB, 2019d.

inom järnmalm där importen är mycket liten. En orsak till att branschen exporterar så mycket mer än den importerar är att den till stor del förädlar råvaror som finns i Sverige för att sedan exportera slutprodukterna. Branschen bidrar med positiv handelsinkomst till Sverige genom sin export.⁸⁰

Branschens exportvärde uppgick 2017 till nästan 90 procent av produktionsvärdet⁸¹. Den höga kvoten indikerar att en stor del av branschens produkter exporteras och att utrikeshandeln är viktig för branschens utveckling. Andelen är framförallt hög inom delbranscherna järn- och stål samt andra primärbearbetade stålprodukter.



Figur 13. Import- och exportvärde per varukategori (HS) 2017, miljoner euro.

Källa: Eurostat.⁸²

Majoriteten av importen 2017 kommer från länder inom EU liksom den största delen av exporten. Importen av järnmalsprodukter står för en ytterst liten andel av importen. Importen av kolprodukter domineras av stenkol från länder utanför EU, framförallt Australien, Ryssland och USA. Tyskland är det största mottagarlandet för export av både järnmalsprodukter och järn- och stålvaror. För järnmalsprodukter var Saudiarabien, Storbritannien, Turkiet och Nederländerna andra stora exportmarknader. För järn och stål samt varor av järn och stål var Norge det näst största mottagarlandet, följt av USA, Italien och Danmark. Importen av järn och stål samt varor av järn och stål skedde framförallt från Tyskland, Finland, Nederländerna, Storbritannien och Danmark.⁸³

Handelsströmmarna var störst i varukategorin⁸⁴ järn och stål och sedan i varor av järn och stål samt järnmalsprodukter (export). De produktkategorier som exporterades mest var järnmalsprodukter, platta valsade produkter av rostfritt stål och platta valsade

⁸⁰ SCB, 2019d

⁸¹ Produktionsvärde saknas för SNI 05, stenkol, och för 07.1, järnmalm, så den ingår inte i beräkningen.

⁸² Eurostat, 2019, International trade in goods, *Database*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (hämtad 2019-07-15).

⁸³ Eurostat, 2019.

⁸⁴ Varukategori är övergripande kategorier, främst på 2-siffrig HS/Kn- nivå, medan produktkategorier är mer finfördelade kategorier på 4-siffrig HS/Kn. Se bilaga 2 för mer information.

produkter av legerat stål. Den största importen skedde inom produktkategorierna platta valsade produkter av järn eller olegerat stål, platta valsade produkter av legerat stål, konstruktioner och konstruktionsdelar, övriga järn- och stålvaror. Bland de tio största import- respektive exportproduktkategorierna var fem produktkategorier gemensamma för både import och export.⁸⁵

De större svenska stålverken är till stor del specialiserade inom sina styrkeområden och har en nischstrategi där de producerar och utvecklar högspecialiserade stålprodukter för den globala marknaden. Nischstrategin har medfört att den historiskt nära kopplingen mellan stålverken och lokala teknikföretag har minskat. Många teknikföretag använder standardstål som de importerar som insatsvara. Den här branschstrukturen är en förklaring till att exporten främst består av mer förädlad stål medan standardstål importeras.⁸⁶ Eftersom företagen är så specialiserade inom sina marknadsnischer så är konkurrensen mellan de svenska företagen liten.⁸⁷

Att exporten till stor del består av mer förädlade stålprodukter än importen stöds också vid en jämförelse av kvoten mellan importvärdet och importvikten och kvoten mellan exportvärdet och exportvikten. För en majoritet av produktkategorierna är exportkvoten högre än importkvoten vilket antyder en högre förädlingsgrad. Bland de sexton stora import-/exportkategorierna var det bara tre produktkategorier där importkvoten var större än exportkvoten, vilket indikerar en lägre förädlingsgrad på exporten, men alla tre var inom topp 10 produktkategorier för export. Fyra produktkategorier återfanns bland de tio största för både import och export. För dessa var exportkvoten högre än importkvoten.

Att ett företag verkar på en nischmarknad är dock inte ett skydd mot konkurrens eftersom det kan finnas både konkurrerande tillverkare och konkurrerande material.⁸⁸

Järnmalmprodukter produceras främst av LKAB, som är EU:s största järnmalmproducent och bryter cirka 80 procent av all järnmalm inom EU. Sverige är en liten aktör på den globala järnmalmsmarknaden, men var 2018 världens andra största leverantör på den sjöburna importmarknaden.⁸⁹

Europa är LKAB:s främsta marknad med 69 procent av företagets försäljning av järnmalmprodukter. Mellanöstern och Nordafrika är den näst största marknaden med 23 procent. 88 procent av LKAB:s försäljning 2018 bestod av pelletsprodukter, både masugnspelletts och direktreduktionspellets. Direktreduktionspellets säljs främst till Mellanöstern och Nordafrika. Resten av försäljningen bestod av fines⁹⁰ och specialprodukter.⁹¹

⁸⁵ Eurostat 2019.

⁸⁶ Ahnberg m.fl, 2013, *Metallindustrin i Sverige 2007-2011*,

⁸⁷ Jernkontoret 2018.

⁸⁸ Ahnberg m.fl, 2013.

⁸⁹ LKAB, 2019. *2018 Års- och hållbarhetsredovisning*

⁹⁰ Fines är fint krossad järnmalm som sammanfogas till större stycken (sintras) under hög temperatur

⁹¹ LKAB, 2019.

Järnmalmsmarknaden styrs av efterfrågan på stål, som i sin tur beror av världsekonomin utveckling.⁹² En viktig drivkraft för metallmarknaderna är infrastrukturutveckling, till exempel byggande av bostäder, transportleder, fordon, telekommunikation.⁹³ Den tidigare näst största pelletsproducenten i världen, Samarco, tvingades 2015 stänga produktionen på grund av en olycka. Övriga producenter har inte lyckats kompensera fullt ut för det produktionsbortfallet, vilket lett till en brist på pellets. Samtidigt ökar också efterfrågan på mer högkvalitativ pellets i till exempel Mellanöstern och Nordafrika.⁹⁴

Stål är en fragmenterad bransch där den största aktören bara har en marknadsandel på 6 procent och de 75 största företagen tillsammans 67 procent.⁹⁵ Kina är den dominerande producenten och världens största stålkonsument.⁹⁶

Det finns en överkapacitet inom stålbranschen, även om den har minskat. Överkapaciteten är dock koncentrerad till Kina och resten av Asien medan USA är en underförsörjd marknad.⁹⁷

Stålmarknaden består av många olika segment. SSAB⁹⁸ är en liten aktör på den globala marknaden men förhållandevis stor på de fyra fokusmarknader företaget har specialiserat sig på: Platta produkter (tunnplåt och grovplåt) och rör i Norden, Grovplåt i Nordamerika, Specialstål globalt samt Premiumstål för fordon globalt. Dessa fokusmarknader står för cirka 3 procent av den globala stålmarknaden. SSAB är den största producenten av grovplåt i Nordamerika och företags marknadsandel är 40–45 procent för platta kolstål i Norden, cirka 25 procent för specialstål och 3 procent för premiumstål för fordon. Kunderna finns exempelvis inom tunga transporter, fordonsindustrin, bygg- och infrastruktur och energi.⁹⁹

2.4.2 Branschens ekonomi

Masugnsbaserad stålproduktion dominerar produktionen, både i Sverige och internationellt. Runt 70 procent av världens stålproduktion är masugnsbaserad där kol eller koks används som reduktionsmedel, medan 7 procent tillverkas med direktreduktion. Resten är skrotbaserad produktion med ljusbågsugn.¹⁰⁰ I Sverige finns tre malmbaserade järn- och stålverk varav två som använder masugnsteknik och en med direktreduktion. Det finns också runt tio skrotbaserade stålverk och ungefär femton anläggningar för olika typer av vidarebearbetning.¹⁰¹

⁹² LKAB, 2019.

⁹³ Ahnberg m.fl., 2013.

⁹⁴ LKAB, 2019.

⁹⁵ SSAB, 2018. *Årsredovisning 2017*.

⁹⁶ SSAB, 2019, *Årsredovisning 2018* och Jernkontoret, 2018.

⁹⁷ SSAB, 2019.

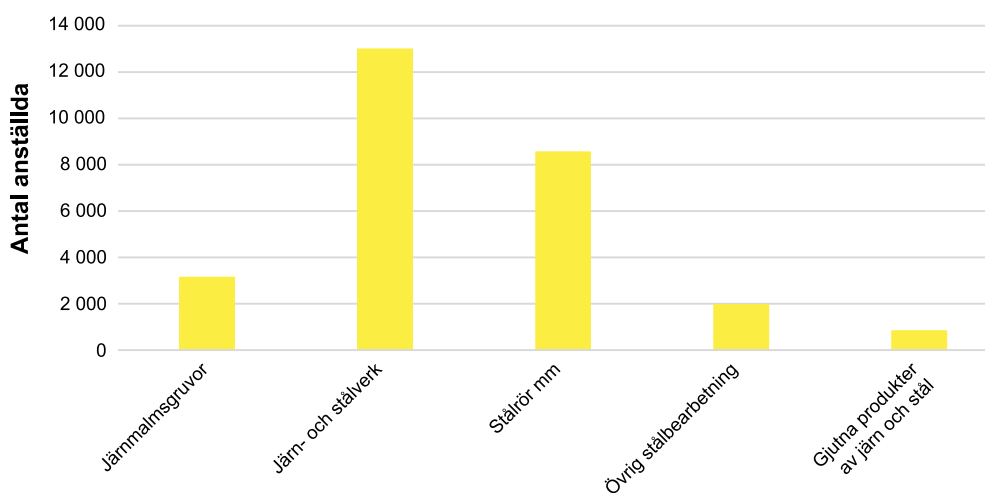
⁹⁸ Hela SSAB, inkl. verksamhet utanför Sverige.

⁹⁹ SSAB 2019.

¹⁰⁰ *Så kan stålindustrins utsläpp av växthusgaser minska – Sverige kan lära av Japan och Kina*. Tillväxtanalys, Svar direkt 2016:01.

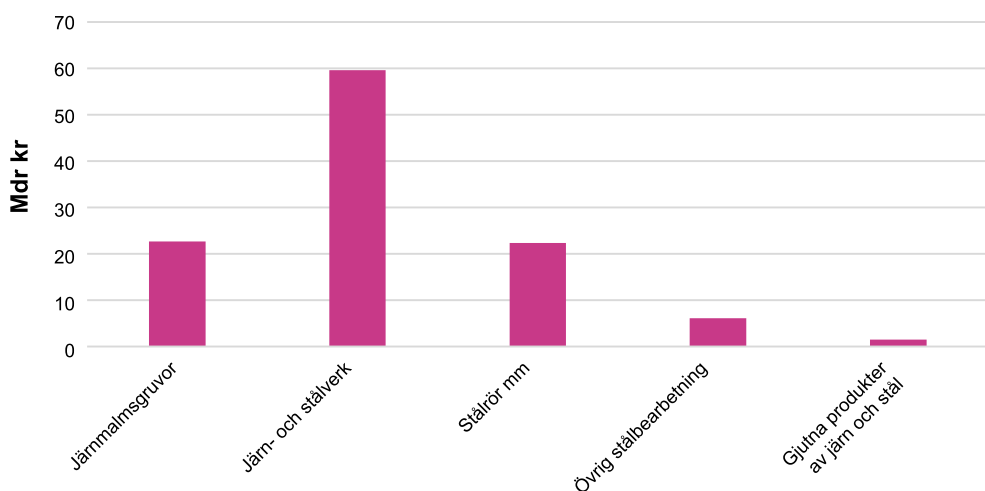
¹⁰¹ Jernkontoret, 2019 och *National inventory report 2018 (NIR 2018)*, Naturvårdsverket 2019.

Företagen inom järn- och stålindustrin¹⁰² hade drygt 27 600 anställda och en total nettoomsättning på knappt 112 miljarder kronor 2017. Den största andelen av både anställda och omsättning fanns inom delbranschen järn- och stålverk, se Figur 14 och Figur 15. Det fanns 262 företag i branschen 2017.¹⁰³ Till skillnad från antal anställda och omsättning så finns en stor andel av branschens företag inom delbranschen övrig stålbearbetning.



Figur 14. Antal anställda per delbransch, 2017.¹⁰⁴

Källa: SCB.¹⁰⁵



Figur 15. Nettoomsättning per delbransch 2017, miljarder kronor.¹⁰⁶

Källa: SCB.¹⁰⁷

¹⁰² I statistiken för år 2017 från Företagens Ekonomi (SCB) är järnmalmgruvor (SNI 07.1) pga. sekretess hopslagen med industri för utvinning av råpetroleum och naturgas (SNI 06). Enligt företagsdatabasen (SCB) omfattar dock utvinning av råpetroleum och naturgas bara 2 stycken företag med 0 anställda 2017 (0 stycken företag 2015, 2016 och 2018) så hopslagningen bedöms inte nämnvärt påverka statistiken. Se bilaga 1 för mer information.

¹⁰³ SCB, 2019b.

¹⁰⁴ I järnmalmgruvor ingår på grund av sekretess här även SNI 06.

¹⁰⁵ SCB 2019b.

¹⁰⁶ I järnmalmgruvor ingår på grund av sekretess här även SNI 06.

¹⁰⁷ SCB, 2019b.

Stålföretagen är spridda över Sverige men finns framförallt i Mellansverige och på några platser i Skåne och Norrbotten.¹⁰⁸ Lokaliseringen har ofta långa historiska rötter. Faktorer som bidrar till att företagen stannar på platsen är bland annat stora investeringar i produktionsanläggningar, infrastruktur, kompletterande industrier och en arbetsmarknad med relevant kompetens.

¹⁰⁸ Ahnberg m.fl, 2013.

3 Mineralindustrin

Mineralindustrin stod för 6 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp och drygt 1 procent av energianvändningen 2017. 62 procent av utsläppen var processutsläpp. Av mineralindustrin är cementindustrin den största delbranschen sett till energianvändning och utsläpp. Totalt produceras mellan två och tre miljoner ton cement i Sverige årligen och den mesta handeln sker regionalt. Flera projekt pågår för att minska utsläppen, men betydande insatser krävs för att uppnå utsläppsneutralitet.

Mineralindustrin omfattar bland annat tillverkning av glas, porslin, keramik, cement och gips. De största processutsläppen kommer från cement- och kalkproduktionen och uppstår när kalksten hettas upp kraftigt, det vill säga kalcineras.¹⁰⁹

Från kalksten tillverkas både mellan- och slutprodukter och användningsområdena är många. Krossad kalksten, bränd kalk och släckt kalk används som insatsvaror eller tillsatsämnen inom de flesta industribranscher i Sverige. Bränd kalk och kalksten används i både malmbaserad och skrotbaserad stålproduktion samt i olika metallurgiska processer, t.ex. kopparframställning. Släckt kalk används bland annat för rökgasrening. Kalkprodukter används också vid produktion av papper, asfaltsbeläggningar, isolermaterial, färg, plastprodukter, livsmedel, kosmetika, läkemedel samt i jordbruket.

En övervägande del av utsläppen som kan kopplas till kalkstensråvaran uppstår i mineralindustrin. Cementproduktionen står i sin tur för en stor del av mineralindustrins utsläpp och är därför i fokus i detta kapitel. Cement är en central beståndsdel i betong och betong utgör majoriteten av världens byggmaterial.¹¹⁰

I det här kapitlet beskrivs först cementtillverkningsprocessen, följt av branschens växthusgasutsläpp och energianvändning. Därefter beskrivs olika möjligheter att minska utsläppen. Slutligen beskrivs branschens marknad och ekonomi.

3.1 Tillverkning av cement

Det viktigaste råmaterialet i cementtillverkning är kalksten. Kalksten bryts i kalktåker i Skövde och Slite för att sedan krossas, blandas och malas till råmjöl. Råmjölet blandas därefter med kiselsand och hettas upp till cirka 1 450 grader Celsius i en roterugn. I den heta processen sker en kalcineringsreaktion där koldioxid avgår från råmjölet varpå materialet sintras och bildar mellanprodukten cementklinker. Klinkern kyls snabbt med luft och mals därefter tillsammans med gips och eventuella andra tillsatsmaterial till färdigt cement.¹¹¹ De rökgaser som genereras i processen renas. När rökgaserna tvättas

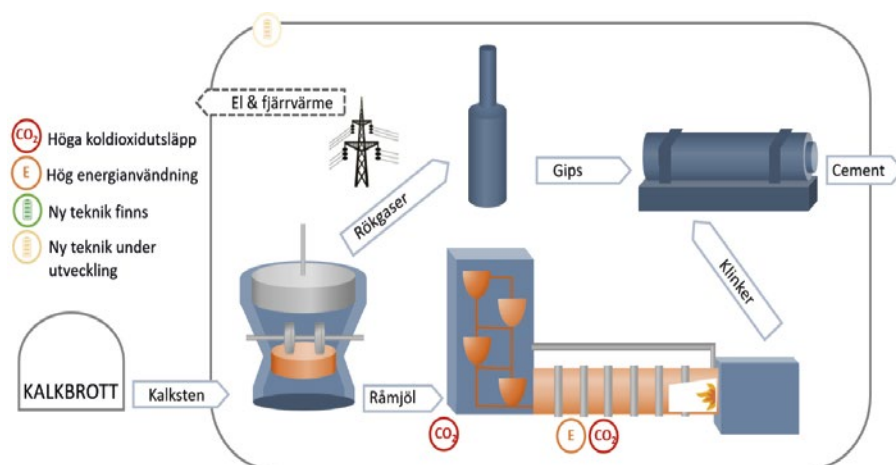
¹⁰⁹ Kalksten består till stor del av kalciumkarbonat (CaCO_3), som vid kraftig upphettning (kalcinering) bildar kalciumoxid (CaO) och släpper ifrån sig koldioxid (CO_2).

¹¹⁰ Cementa, 2018. *Färdplan cement – för ett klimatneutralt betongbyggande*. Cementa HeidelbergCement Group: Fossilfritt Sverige.

¹¹¹ Cementa, *Tillverkning av cement*. <https://www.cementa.se/sv/tillverkning-av-cement> (hämtad 2019-07-05).

utvinns gips med hjälp av kalk som sedan återanvänds i processen, värmen återvinns i form av fjärrvärme- och elproduktion.

De huvudsakliga stegen i tillverkningsprocessen illustreras i Figur 16. Bilden visar även var energianvändningen och utsläppen är störst samt var ny teknik är under utveckling.



Figur 16. Cementproduktionens tillverkningsprocess.

Källa: Energimyndigheten.

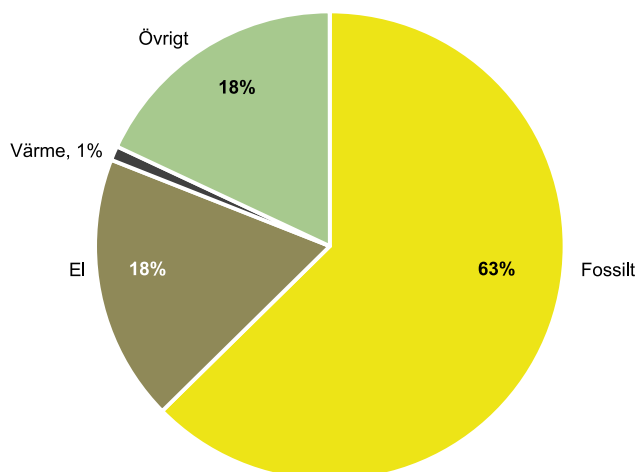
Anm: Pilarna symboliserar material- och gasflöden mellan de olika processtegen. Ikonerna visar var utsläppen och energianvändningen är störst och vilka utsläppsintensiva processteg som tros kunna ersättas av ny teknik inom snar respektive mer avlägsen framtid.

Den gula tekniksymbolen symboliserar möjligheten att minska utsläppen från hela processen genom till exempel koldioxidinfångning, energieffektivisering eller användning av restmaterial. Läs mer om olika tekniker för att minska utsläppen i kapitel 3.3.

3.2 Energianvändning och utsläpp av växthusgaser

Mineralindustrins energianvändning uppgick till 5,6 TWh 2017, vilket motsvarar fyra procent av industrins totala energianvändning.¹¹² Figur 17 visar fördelningen mellan olika energibärare.

¹¹² Eftersom antalet anläggningar för cementproduktion i Sverige är få kan deras energianvändning inte särredovisas.



Figur 17. Mineralindustrins energianvändning, 2017.

Källa: Energimyndigheten.¹¹³

Anm 1: Energin som används för kalkbrytning ingår inte i figuren eftersom kalkbrytning inte kan skiljas från annan mineralutvinning i energistatistiken.

Anm 2: Energibärare redovisas i figuren mer aggregerat på grund av sekretesskäl.

Även om andelen biobaserade bränslen har ökat de senaste åren utgjordes över hälften av mineralindustrins energianvändning av fossila energikällor 2016.¹¹⁴ Cementproduktionen står för en stor del av branschens energianvändning. Fossila bränslen är fortfarande relativt vanliga i cementfabrikernas termiska processer, men förädlade avfallsbaserade bränslen har kommit att öka på senare år. Eftersom den typen av bränslen i första hand ersätter kol blir följden att utsläppen minskar. Cementa, Sveriges enda cementproducent, använde 20 procent biobaserade bränslen och 50 procent avfallsbaserade bränslen 2017.¹¹⁵

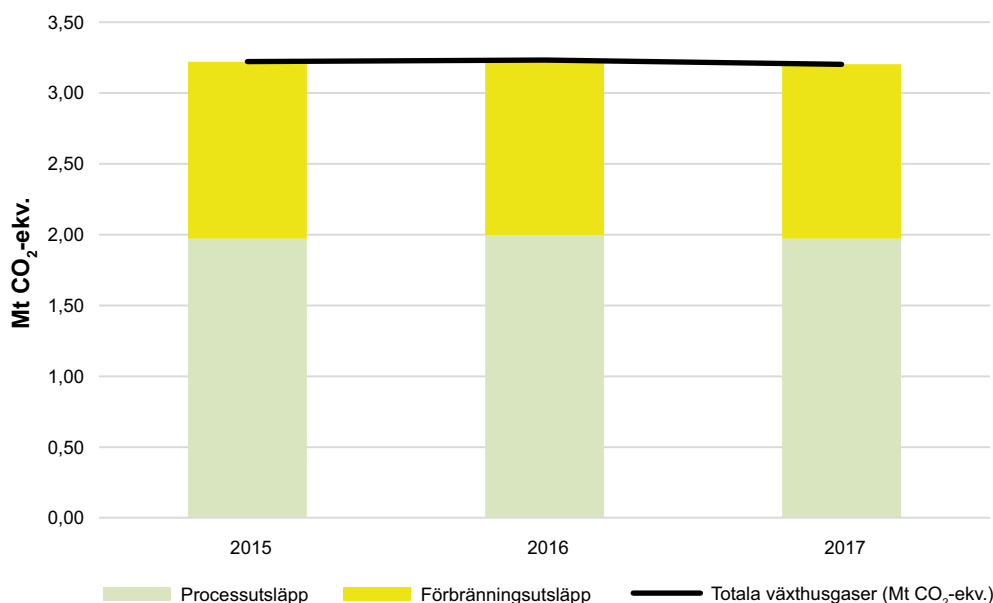
Då Sverige har goda förutsättningar är cementprodukterna cirka 15 procent bättre ur klimathänseende jämfört med det globala genomsnittet.¹¹⁶ Totalt uppgick mineralindustrins växthusgasutsläpp till 3,2 miljoner ton CO₂-ekv 2017, vilket motsvarade en knapp femtedel av industrins totala utsläpp. Drygt 60 procent av branschens totala utsläpp var processutsläpp och resten förbränningsutsläpp, se Figur 18. Fördelningen mellan process- och förbränningsutsläpp ser likadan ut för cementindustrin.

¹¹³ Energimyndigheten, 2019.

¹¹⁴ Energimyndigheten, 2019.

¹¹⁵ Cementa, 2018.

¹¹⁶ Cementa, 2018.



Figur 18. Mineralindustrins utsläpp 2015, 2016 och 2017, fördelat mellan olika sorters utsläpp, miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Källa: SCB/Energimyndigheten.¹¹⁷

Både utsläppen från cementproduktionen och utsläppen från hela mineralindustrin minskade något mellan 2015 och 2017. Cementproduktionen stod för 81 procent av branschens förbränningsutsläpp och 75 procent av de processrelaterade utsläppen 2017.

Ur ett livscykelperspektiv blir utsläppen betydligt lägre än vad som visas i figur 17, tack vare en kemisk process som kallas för karbonatisering. Karbonatisering innebär att betongstrukturer tar upp CO₂ i ytskiktet. Idag är det årliga upptaget i Sverige cirka 300 000 ton CO₂, vilket motsvarar 15–20 procent av processutsläppen från cementproduktionen. Genom att förbättra hanteringen av rivna betongkonstruktioner och skapa större exponerade betongytor kan upptaget fördubblas.¹¹⁸

Idag får CO₂-upptag i betongstrukturer inte tillgodoräknas som negativa utsläpp i klimatrapporteringen.¹¹⁹ Därför kan upptaget i dagsläget troligen inte räknas in i Sveriges klimatmål om nettonollutsläpp 2045. Diskussioner kring inkludering av upptag i betong pågår internationellt så detta kan komma att ändras i framtiden.

3.3 Tekniker för att minska växthusgasutsläpp

År 2017 satsade mineralindustrin 140 miljoner kronor på FoU, vilket motsvarade strax under en halv procent av branschens nettoomsättning.¹²⁰

¹¹⁷ SCB, 2019a, Bearbetad av Energimyndigheten.

¹¹⁸ Cementa, 2018.

¹¹⁹ IPCC, 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3: Industrial Processes and Product Use*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_1_Ch1_Introduction.pdf (Hämtad 2019-07-16).

¹²⁰ SCB, 2019e. Forskning och utveckling i Sverige. *Statistikdatabasen*. <https://www.scb.se/UF0302> (hämtad 2018-08-23).

Mellan 2017 och 2020 medverkar Cementa även i det branschöverskridande forskningsprojektet Mistra Carbon Exit, vars syfte är att analysera vilka möjligheter och utmaningar Sverige har för att uppnå nettonollutsläpp 2045. I analyserna ingår hela försörjningskedjan från utvinning av råmaterial till slutanvändning och studien omfattar tekniska frågor, såväl som marknadsaspekter, styrmedel och hållbarhet.¹²¹

Mellan 1990 och 2017 har cementindustrin satsat över en miljard kronor på klimatförbättrande åtgärder.¹²² Detta motsvarar i genomsnitt 36 miljoner per år.

I Färdplan cement¹²³ presenterar cementindustrin en vision för hur produktionen kan bli utsläppsneutral till 2030. Utsläppen ska minskas genom fortsatt energieffektivisering, utfasning av fossila bränslen i tillverkningsprocessen, avskiljning av processutsläppen samt genom att ersätta viss del av den kalkstensbaserade cementklinkern med andra restmaterial. Enligt branschen är fungerande processer för CCS nödvändigt för att uppnå utsläppsneutralitet. I visionen ingår även negativa utsläpp från karbonatisering. Olika alternativ för att minska utsläppen beskrivs närmare nedan.

3.3.1 Cementas norska systerfabrik visar att CCS är möjligt

Cementas norska systerbolag Norcem och HeidelbergCement driver tillsammans med ECRA (European Cement Research Academy) ett stort forskningsprojekt kring CCS vid Norcems cementfabrik i Brevik, Norge. I projektet har fyra olika avskiljningsmetoder testats i pilotskala mellan 2013 och 2017. Efter att pilotförsöken avslutats har projektet under 2018 erhållit statlig finansiering för en så kallad "FEED-study", vilket är det sista steget innan en fullskalig anläggning. Denna studie kommer att avslutas under hösten 2019 och när resultatet granskats av en tredje part kommer berörda aktörer, inklusive den norska regeringen, fatta beslut om ett eventuellt genomförande. Om beslutet blir till projektets fördel påbörjas en treårig konstruktionsfas, vilket innebär att en fullskalig anläggning för cementproduktion med koldioxidinfångning kan finnas på plats 2024.¹²⁴

I det norska projektet föll valet på en aminobaserad avskiljningsteknik. Eftersom aminobaserad koldioxidavskiljning inte kräver ombyggnad av ugnar har den en relativt liten påverkan på den befintliga produktionsprocessen.¹²⁵ Upptagningsförmågan uppges i praktiken vara upp till 90 procent. Denna första generationens aminobaserade CCS är en energiintensiv teknik som fördubblar energianvändningen per ton producerad cement. Mer energieffektiv teknik är under utveckling och har bland annat testats i de norska pilotprojekten. I det aktuella projektet kommer spillvärme från produktionsanläggningen användas som energi för avskiljning av koldioxiden. Projektet visar att det finns tekniska lösningar för koldioxidavskiljning kopplat till cementproduktionen, men tyvärr är de inte kommersiellt gångbara än.¹²⁶

¹²¹ Mistra Carbon Exit, *om oss*. <https://www.mistracarbonexit.org/om-oss/> (hämtad 2019-07-10).

¹²² Cementa, 2018.

¹²³ Cementa, 2018.

¹²⁴ Norcem, 2018. *Carbon capture – a part of our zero vision*. <https://www.norcem.no/no/karbonfangst> (Hämtad 2019-09-30).

¹²⁵ Sweco, 2016. *Cementindustrins möjlighet till minskade koldioxidutsläpp – CCS-teknik och alternativa bränslen. Underlagsrapport till Tillväxtanalys*.

¹²⁶ Cementa, 2018.

3.3.2 Algteknik kan återvinna upp till 10 procent av utsläppen

I projektet Algoland undersöker forskare från Linnéuniversitetet och Cementa mikroalgens potential att rena luft och vatten. Projektet har pågått sedan 2011 och resulterat i en pilotanläggning i anslutning till Cementas fabrik i Degerhamn. Mikroalgerna fångar in utsläppen från fabriken och bildar samtidigt biomassa, som kan användas för att framställa andra produkter. Målet är att utveckla algtekniken så att den på sikt kan återvinna mellan fem och tio procent av cementproduktionens utsläpp. En storskalig satsning har inletts vid HeidelbergCements fabrik i Marocko.¹²⁷

Enbart CCU kommer dock inte att räcka för att hantera de stora volymerna utsläpp det handlar om, utan kan utgöra ett komplement. Om CCU inte bara ska medföra en senareläggning av utsläppen utan långsiktigt föra ut koldioxiden ur kretsloppet behöver dessutom koldioxiden användas i tillämpningar där koldioxiden lagras in mer eller mindre permanent.

3.3.3 Begränsad potential för andra cementtyper

Forskning pågår för att hitta andra typer av cement med bättre klimatprestanda som skulle kunna ersätta dagens kalkbaserade cement. Deras roll i omställningen begränsas dock av omfattningen av utsläppsminskningar de erbjuder och den begränsade tillgången på råvaror. I allmänhet är tillgången lägst för de ämnen som har högst potential att minska utsläppen.¹²⁸

3.3.4 Restmaterial istället för klinker

Om delar av klinkern som används i cementproduktionen ersätts med restprodukter, till exempel flygaska eller slagg, minskar växthusgasutsläppen. Cementa ersatte 14 procent av cementklinkern med andra material 2017. Andelen kan höjas under förutsättning att det finns tillräcklig tillgång till lämpliga ersättningsmaterial. I dag är tillgången en begränsning, men forskning pågår för att lösa problemet.¹²⁹

3.3.5 Bränslesubstitution ger minskade förbränningsutsläpp

Cementindustrins förbränningsutsläpp kan reduceras genom att byta till biobaserade bränslen eller genom att elektrifiera processen. För att använda biobränslen i de termiska processerna måste bränslet förbehandlas för att säkerställa att den höga förbränningstemperatur som krävs i cementugnen kan uppnås.¹³⁰ Annars är de främsta hindren kostnads- och tillgångsrelaterade snarare än tekniska.

3.3.6 Elektrifiering i processen kan ersätta fossila bränslen

Ett alternativ till att använda biobränslen är att elektrifiera processen. Cementa utreder tillsammans med Vattenfall den möjligheten i det pågående projektet CemZero, som

¹²⁷ Cementa, 2018.

¹²⁸ Material Economics, 2019. *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*.

¹²⁹ Cementa, 2018.

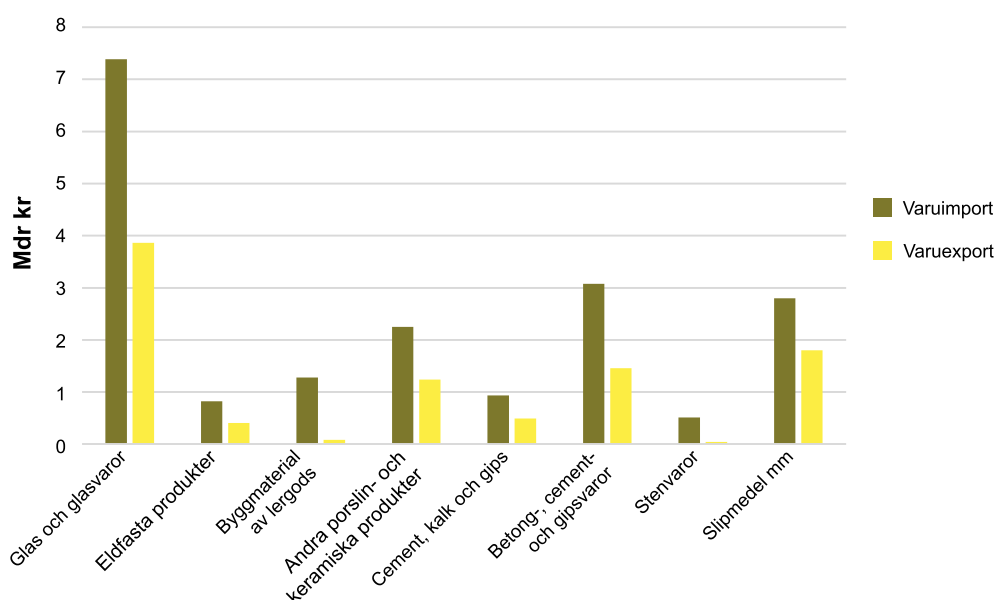
¹³⁰ Åhman, M. m.fl., 2012. *Decarbonising industry in Sweden – an assessment of possibilities and policy needs*.

delfinansieras av Energimyndigheten.¹³¹ Förstudien kom fram till tre slutsatser: Elektrifiering av uppvärmning i cementprocessen är möjlig men behöver testas i större skala. Elektrifieringslösningen är konkurrenskraftig jämfört med andra alternativ för att nå radikala utsläppsminskningar, trots en fördubbling av produktionskostnaden. En elektrifiering av Cementas fabrik på Gotland samspelar väl med den planerade utbyggnaden av vindkraft på ön. Under 2019 utreds hur en pilotanläggning kan byggas.¹³²

3.4 Marknad och ekonomi

3.4.1 Marknad

Cementa är det enda företaget som tillverkar cement i Sverige.¹³³ Cementa ingår i koncernen HeidelbergCement som är den näst största cementproducenten i världen.¹³⁴ Den svenskproducerade cementen står för cirka 85 procent av den svenska marknaden för cement.¹³⁵



Figur 19. Import- och exportvärde per delbransch (SPIN), 2017, miljarder kronor.

Källa: SCB.¹³⁶

Importvärdet inom mineralindustrin uppgick till knappt 19 miljarder kronor och exporten till knappt 9 miljarder kronor 2017, se Figur 19.¹³⁷ Importvärdet var alltså mer än dubbelt så stort som exportvärdet och nettoexporten negativ. Importvärdet är större än exportvärdet i alla delbranscher. Den största internationella handeln sker inom

¹³¹ Cementa, 2018.

¹³² Cementa, *Cementa och Vattenfall satsar på nästa steg mot klimatneutralt cement* <https://www.cementa.se/sv/cementa-och-vattenfall-satsar-pa-nasta-steg-cemzero> (hämtad 2019-07-15).

¹³³ Cementa 2018.

¹³⁴ Cementa 2018 och HeidelbergCement, *HeidelbergCement*. <https://www.heidelbergcement.com/en/company> (hämtad 2019-07-24).

¹³⁵ Seminarium, Klimatneutral processindustri, 2017-05-03.

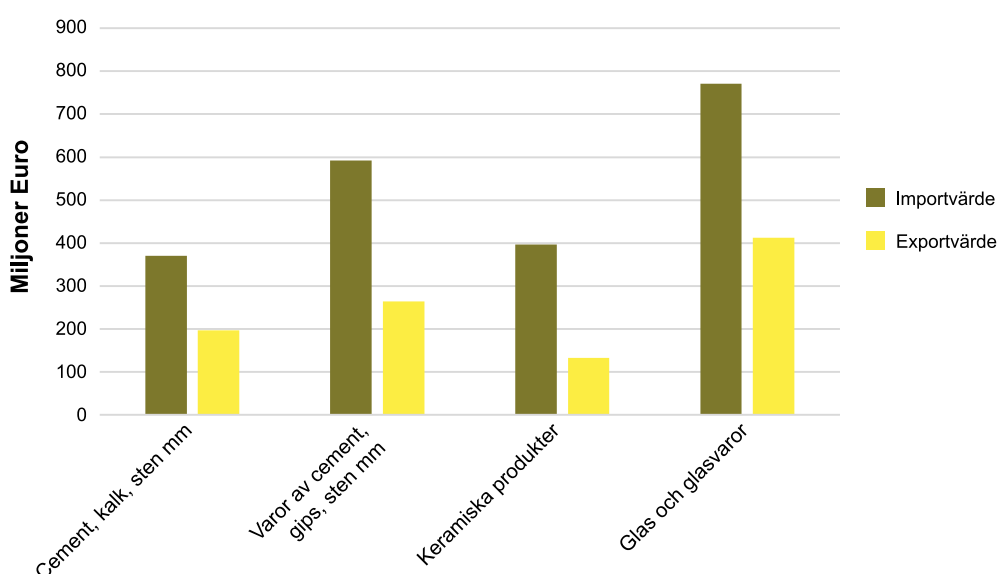
¹³⁶ SCB, 2019d.

¹³⁷ SCB, 2019d.

glas och glasvaror. Slipmedel m.m. och betong-, cement- och gipsvaror hade den andra och tredje största handelsandelen.

För hela mineralindustrin är exportvärdet 19 procent av produktionsvärdet, vilket indikerar att en större del av produktionen säljs inom Sverige. Det finns dock en stor variation mellan delbranscherna vilket tyder på att vissa delbranscher främst säljer sina varor inom Sverige medan andra i högre grad exporterar. Andelen är högst för byggmaterial av lergods och lägst för stenvaror. För glas och glasvaror var andelen drygt 40 procent och för cement, kalk och gips 13 procent.

Drygt tre fjärdedelar av importen av mineralprodukter kommer från länder inom EU. De största importländerna är Tyskland, Danmark, Polen, Norge och Kina. Exportvärdet fördelar sig relativt jämnt mellan länder inom och utanför EU men de länder som Sverige exporterar mest till är Norge, Danmark och Finland.¹³⁸



Figur 20. Import- och exportvärde per varukategori (HS), 2017, miljoner euro.

Källa: Eurostat.¹³⁹

Import och export fördelat på varukategorier visar att importvärdet fördelas relativt jämnt mellan de fyra kategorierna, men är störst i glas och glasvaror. Även exportvärdet är relativt jämnt fördelat men störst i glas och glasvaror och varor av cement, gips, sten m.m. De största produktkategorierna inom både export och import är glasfiber, säkerhetsglas och varor av cement och betong.¹⁴⁰

Kvoten av exportvärde och exporterad vikt är betydligt högre än kvoten mellan importvärde och vikt för säkerhetsglas och glasfiber. Det antyder att Sverige exporterar mer förädlade varor inom dessa branscher. För varor av cement och betong var importkvoten högre vilket kan ses som en indikation på att importen är mer förädlad än exporten inom den produktkategorin.

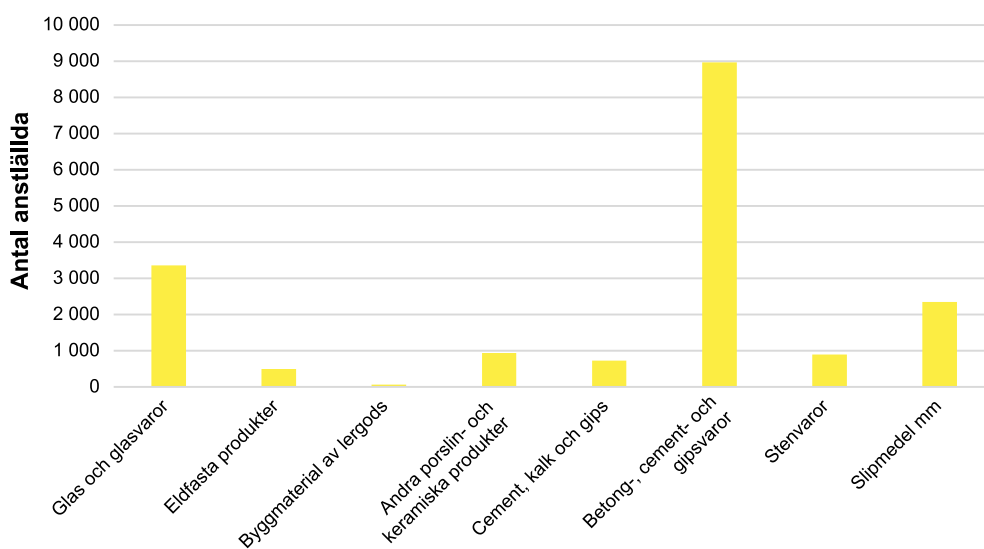
¹³⁸ Eurostat 2019.

¹³⁹ Eurostat 2019.

¹⁴⁰ Eurostat 2019.

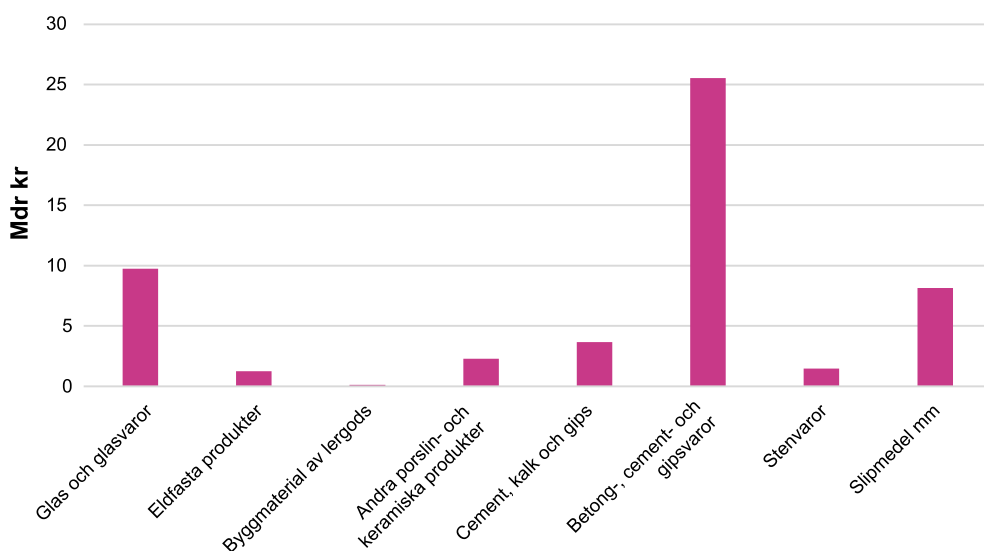
3.4.2 Ekonomi

År 2017 ingick knappt 2 000 företag med cirka 17 800 anställda i mineralindustrin. Omsättningen var knappt 52 miljarder kronor. Betong-, gips- och cementvaror var den största delbranschen med nästan hälften av både anställda och omsättning. De därefter följande största delbranscherna är glas och glasvaror och slipmedel m.m. som även var de två delbranscherna med näst störst omsättning. Flest företag fanns dock inom andra porslin- och keramiska produkter.¹⁴¹



Figur 21. Antal anställda per delbransch, 2017.

Källa: SCB.¹⁴²



Figur 22. Nettoomsättning per delbransch, 2017, miljarder kronor.

Källa: SCB.¹⁴³

¹⁴¹ SCB 2019b.

¹⁴² SCB, 2019b.

¹⁴³ SCB, 2019b.

4 Raffinaderier och kemiindustri

Raffinaderier och kemiindustrin stod för 6 procent av Sveriges totala energianvändning och 8 procent av växthusgasutsläppen 2017.¹⁴⁴

Utsläppen kommer främst från de fossila insatsvarorna. Inom kemiindustrin produceras en stor variation av olika slutprodukter och för en del finns kommersialiserade biobaserade lösningar. Det pågår forskning för att ta fram nya biobaserade produkter.

Inom kemiindustrin är den petrokemiska industrin mest utsläppsintensiv. Tillverkning av petrokemiska produkter och tillverkning i raffinaderier har många likheter då båda använder fossila råvaror och har tillverkningsprocesser som på olika sätt bryter sönder, slår samman eller omformar kolväten till olika slutprodukter.

I oljeraffinaderier tillverkas petroleumprodukter, bränslen (t.ex. bensin och diesel) och icke-energivaror (t.ex. smörjoljor och asfalt). Processen kan ge olika biprodukter, som vätgas, gasol och baskemikalier. Både energianvändningen och utsläppen från de bränslen som används i tillverkningsprocessen brukar allokeras till energisektorn, även om viss bränsleanvändning i raffinaderiet används för att tillverka kemikalier som sedan säljs. Det innebär att raffinaderier per definition inte har några processutsläpp, men däremot är de diffusa utsläppen stora. Processutsläpp finns i kemiindustrin och en stor del av utsläppen uppstår i krackeranläggningen. Tillsammans utgör kemiindustrins processutsläpp, raffinaderiernas diffusa utsläpp och båda branschernas processrelaterade förbränningsutsläpp från interna bränslen¹⁴⁵ nästan en tredjedel av de totala processrelaterade utsläppen i Sverige.

Övrig kemisk industri omfattar många olika typer av tillverkningsprocesser och slutprodukter, exempelvis läkemedel, och står för en mindre del av branschens utsläpp. Till skillnad från raffinaderier och resten av kemiindustrin är övrig industri varken energi-krävande eller utsläppsintensiv och beskrivs därför inte mer ingående.

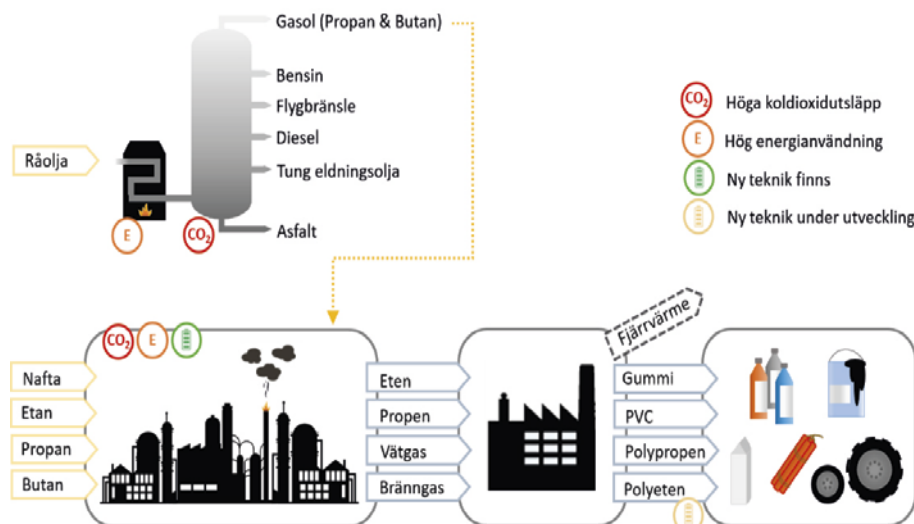
4.1 Petroleumraffinering och tillverkning av kemiska produkter

Branschens tillverkningsprocesser är komplexa och ser mycket olika ut. I processugnar hettas råvaror direkt eller indirekt upp via strömning i rör. Upphetningen sker genom ånga och eldning av externa eller interna bränslen i processugnarna. Energin används inom den kemiska industrin för att få igång och underhålla önskade kemiska reaktioner. Pannor eldade med olika bränslen (ofta internt producerade, bl.a. raffgas eller brännigas) ger ånga eller värme till processerna. Även återvunnen ånga eller värme från andra anläggningar används i viss utsträckning.

¹⁴⁴ Energianvändningen inkluderar raffinaderiernas egenanvändning av energi. Denna indelning skiljer sig från indelningen i Energimyndighetens Energifalans.

¹⁴⁵ Processrelaterade förbränningsutsläpp från interna bränslen inkluderar bl.a. förbränning av raffgas, men inte t.ex. oljeeldning.

I Figur 23 illustreras några viktiga processteg från insatsvara till slutprodukt. I ett olje-
raffinaderi separeras råolja i destillationskolonnen (överst till vänster). Vissa produkter
vidarebearbetas sedan i krackeranläggningen (nederst till vänster). Krackeranläggningen
är även det huvudsakliga processteget vid tillverkning av många petrokemiska produkter.



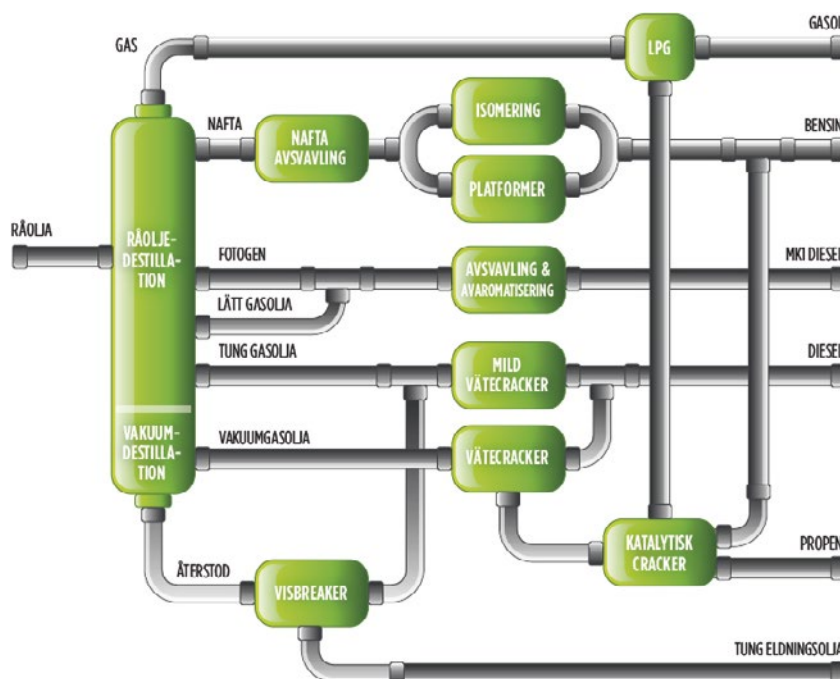
Figur 23. Från raffinaderi till petrokemisk industri.

4.1.1 Processer i raffinaderier

I raffinaderier tillverkas petroleumprodukter. Den huvudsakliga insatsvaran är råolja, men en del halvfabrikat och icke färdigbearbetade petroleumprodukter förekommer också. Tillverkningen av petroleumprodukter kan delas upp i tre huvudsteg; separation, konvertering och behandling. I separationsprocessen delas råolja upp i olika fraktioner genom destillering. Råoljedestilleringen är det första och viktigaste steget i en destilleringsprocess. Destilleringen innebär att råolja hettas upp och under atmosfäriskt (eller något högre) tryck separeras de olika råoljefraktionerna från varandra utifrån kokpunktintervall. Gaser separeras ut genom ett så kallat gasseparationssteg. I ett vakuumdestilleringssteg behandlar man ofta de tyngsta flytande eller fasta fraktionerna som sedan går vidare i andra förädlingssteg. De lättare flytande fraktionerna avsvavlas och behandlas ytterligare i olika processer för att få fram önskade produkter. I behandlingen slås de långa kolvätekedjorna sönder genom exempelvis termisk uppvärmning, katalysatorer eller hydrokrackning.

Tre av Sveriges fem raffinaderier producerar till största delen bensen, diesel, tunn- och lättolja och två producerar bitumen och naftabaserade produkter, bland annat olika smörj- och däckolja. Ett exempel på processflödet hos de tre raffinaderier som producerar bensen, diesel, tunn- och lättolja kan ses i Figur 24. Av de fem anläggningarna har en anläggning katalytisk kracker, två har vätgasanläggningar och fyra har svavelåtervinningsanläggningar.¹⁴⁶

¹⁴⁶ NIR 2018, Naturvårdsverket, 2019.



Figur 24. Exempel på en produktionsprocess för ett raffinaderi (Preemraff Lysekil.
Källa: Preem.¹⁴⁷

Vätgasanläggningarna är så kallade reformeranläggningar där avsvavlad naturgas blandas med ånga. Naturgasen är ofta flytande naturgas (LNG) som återförgasats. Reaktionen mellan naturgas och ånga sker i rör som upphetas utifrån. Vätgasen används för att ta bort svavel och andra orenheter från insatsvarorna samt för att bryta ner långa kolvätekedjor till kortare kolvätekedjor och öka energidensiteten i slutprodukten. Vätgasen används också för att minska syreinnehållet i de förnybara insatsvarorna som sedan ska bli förnybara drivmedel, t.ex. biodiesel. Petroleumprodukter och förnybara råvaror vätgasbehandlas ofta tillsammans i samma steg (co-processing).¹⁴⁸ Vätgas produceras också genom elektrolys av salter, vilken sker inom den icke-organiska kemiindustrin, och används sedan som bränsle eller råvara i produktionsprocesserna för tillverkning av olika kemiska produkter.

4.1.2 Processer inom kemiindustrin

Inom kemiindustrin tillverkas många olika produkter. De undersektorer som är störst ur energisynpunkt är petrokemi (produktion av organiska baskemikalier och basplaster) och elektrokemin (produktion av oorganiska baskemikalier).¹⁴⁹

Tillverkningen av petrokemiska produkter sker i huvudsak i en krackeranläggning där huvudsakliga råvaror är nafta, etan, propan eller butan. Dessa hettas upp i krackugnar och sönderdelas till omättade kolväten (eten, propen och buten/butadien) samt vätgas,

¹⁴⁷ Preem, En grönare framtid, <https://www.preem.se/om-preem/hallbarhet/preem-evolution-drivmedel/framtiden---var-viktigaste-marknad/framtidens-drivmedel/> (hämtad 2018-09-09).

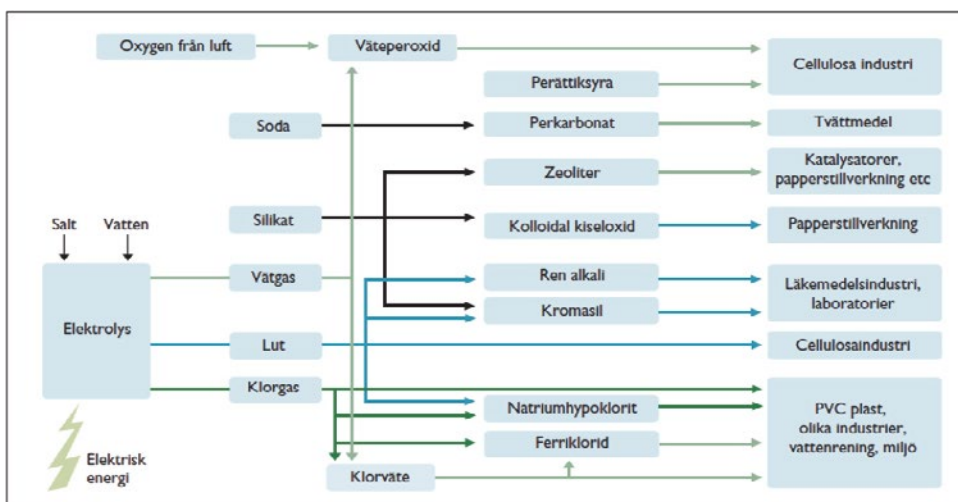
¹⁴⁸ Karatzos, S, m.fl., 2014. *The Potential and Challenges of Drop-in Biofuels*.

¹⁴⁹ Sundelöf, C., 2002. *Energianvändning i industrin – En faktarapport inom IVA-projektet energiframsyn Sverige i Europa*.

brännngas, krackbensin och tyngre produkter. Anläggningens huvudprodukter är eten och propen vilka används som insats till vidareutveckling av kemiska produkter, bland annat polyeten – vår tids vanligaste plast. Krackern har ett stort energibehov, ungefär lika stort som ett raffinaderi. Det huvudsakliga bränslet är den egenproducerade (fossila) brännngasen vilken är en biprodukt från produktionen. En mindre mängd brännngas facklas också eller säljs till närliggande kunder, framför allt andra kemiföretag. En viss mängd el används också i krackernläggningen och till kompressorer och extrudrar¹⁵⁰ vid polyetentillverkningen. Olja förekommer också som stödbränsle men kvantiteterna är begränsade.

Eten och/eller propen används också vid tillverkning av etenoxid för produktion av etylenaminer, etanolaminer och olika tensider, samt för tillverkning av mjukgörare för PVC (polyvinylklorid), olika lack- och färgapplikationer och som insatsvara för tillverkning av PVC.

Inom den elektrokemiska industrin tillverkas en mängd olika kemikalier där elektrolys är den stora grundstenen, se Figur 25, t.ex. väteperoxid, natriumklorat, natriumperkarbonat, saltsyra och natriumhypoklorit, samt klor för tillverkning av PVC.



Figur 25. Exempel på elektrokemiska processer och produkter de genererar (Eka Chemicals, Bohus plants).

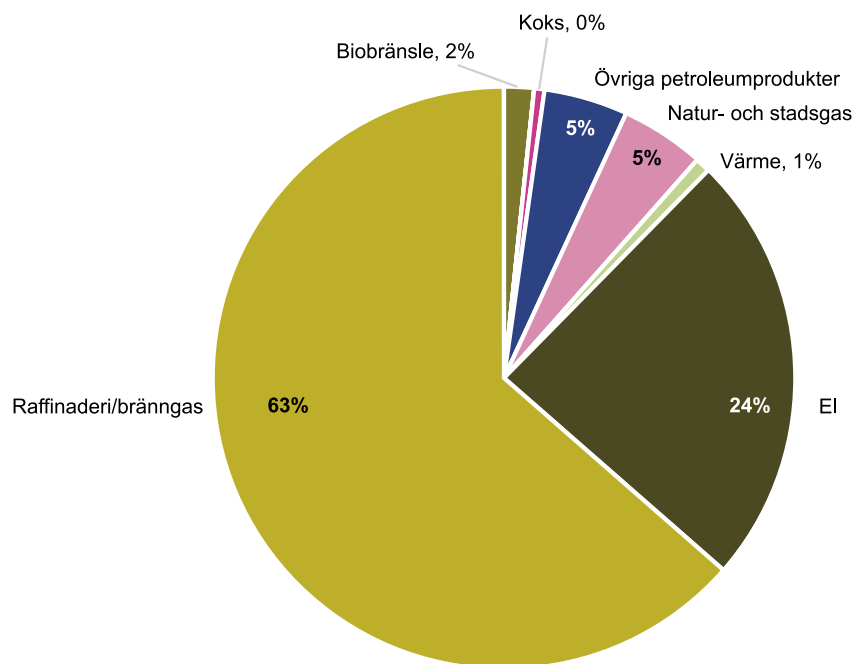
Källa: Sundelöf¹⁵¹

4.2 Energianvändning och utsläpp av växthusgaser

Raffinaderier och kemiindustrin använde tillsammans knappt 24 TWh energi 2017. I siffran ingår dessa sektors egenanvändning och fackling av raffinaderi-/brännngas. I Figur 26 visas fördelningen mellan olika energibärare.

¹⁵⁰ Maskiner där materialet pressas genom en form.

¹⁵¹ Sundelöf, C., 2002.



Figur 26. Raffinaderiers och kemiindustrins (inkl. läkemedelsindustrins) energi-användning, 2017.

Källa: Energimyndigheten.¹⁵²

Anm: I den officiella energistatistiken hör raffinaderier till energisektorn och inte till industrin.

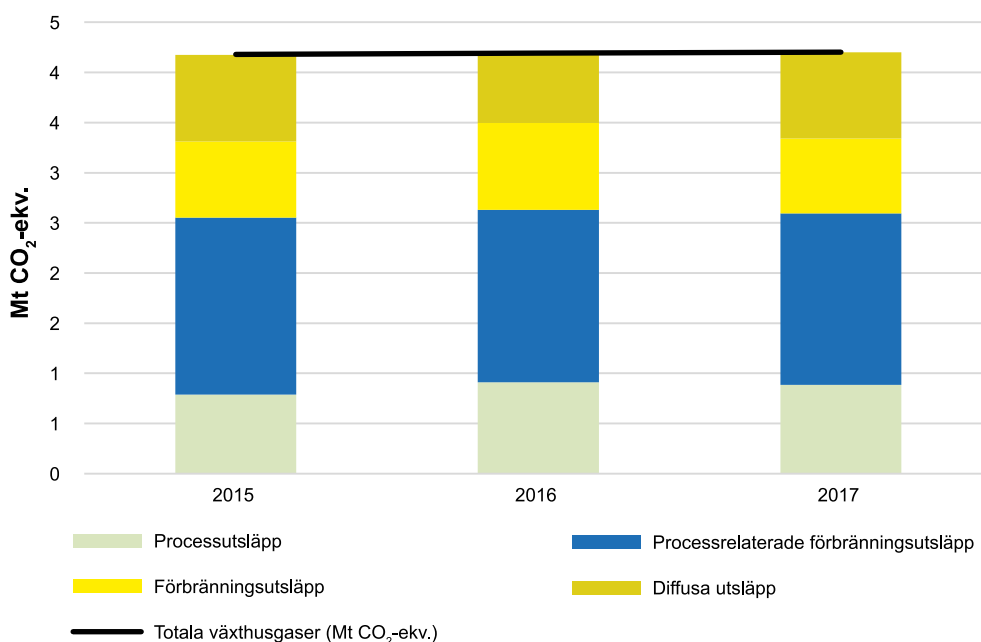
El kan användas för att värma reaktorer som ett alternativ till ånga. El används också för olika elektrolytprocesser. Elen produceras antingen internt genom mottrycksanläggningar eller köps in. I övrigt används el i stor utsträckning för pumpar, fläktar och för kompressorer samt för att finfördela fasta ämnen i olika krossnings- och malningsoperationer.

I raffinaderier används mycket energi för att värma upp stora flöden av råolja, för destillationsprocesser och andra termiska, kemiska och katalytiska processer som resulterar i olika produktströmmar. Andra viktiga energikrävande processer inkluderar fasändring mellan gas och vätska, bland annat strippningsprocesser, kondensation och adsorptionsprocesser. Rent generellt kan branschen minska energianvändningen genom att använda värmen från restgaser genom t.ex. värmeväxlare och generering av lågvärdig ånga som kan användas vid torkning eller förvärmning av material.

Råolja, halvfabrikat och andra petroleumprodukter används som råvaror i raffinaderiernas och kemiindustrins processer. Av dessa produceras bränslen såsom gasol, motorbensin, diesel, eldningsolja samt andra produkter, bland annat bitumen, smörjolja och plast. Tillverkningsprocesserna genererar även restprodukter som ibland används för att driva processerna, t.ex. raffinaderi- eller brännngas.

De totala utsläppen i raffinaderier och kemiindustrin uppgick till 4,2 miljoner ton CO₂-ekv 2017, vilket motsvarar 24 procent av industrins utsläpp. Figur 27 visar fördelningen mellan diffusa, process- och förbränningsutsläpp.

¹⁵² Energimyndigheten, 2019.



Figur 27. Raffinaderiers och kemiindustrins utsläpp 2015, 2016 och 2017, fördelat mellan olika sorters utsläpp, miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Källa: SCB/Energimyndigheten.¹⁵³

De diffusa utsläppen, som tillsammans med processutsläppen och processrelaterade förbränningsutsläpp utgör processrelaterade utsläpp, uppstår i raffinaderierna. Under hela kedjan från produktion av fossila råvaror, transport, lagring till produktion och användning av slutprodukterna uppstår läckage av fossila gaser genom dunstning, läckage eller bildandet av restgaser från olika processer. Dessa diffusa utsläpp är oftast svåra att mäta då utsläppen kan uppstå på en mängd olika ställen. Processutsläppen uppstår i kemiindustrin, framförallt vid destillering och krackning av nafta, etan, propan och butan.

4.3 Tekniker för att minska utsläppen

Det sker idag ett flertal samarbeten och projekt inom branschen för att minska dess miljöpåverkan. Ett fåtal exempel på detta är BioInnovation, Hållbar Kemi 2030, Skogskemi, SusChem och Cefic. Forskning inom nya biobaserade råvaror kan resultera i att de biobaserade produkterna ersätter fossila produkter.

Branschen är väldigt diversifierad och samverkar om utvecklingen av biobaserade insatsvaror och produkter med andra sektorer, t.ex. jordbrukssektorn och skogsindustrin, vilket gör att branschspecifika program i vissa fall inte är så meningsfulla. Generella program för forskningsfinansiering kan användas och på många svenska universitet, högskolor och forskningsinstitut sker mycket forskning inom kemi och kemiteknik. Omställningen av dagens kemi och raffinaderiindustri bygger på fyra delar: (1) återvinning av material, (2) byte av råvaror från fossilbaserade till biobaserade och (3) koldioxidavskiljning, (4) elektrolys.

¹⁵³ SCB, 2019a, Bearbetat av Energimyndigheten.

4.3.1 Återvinning

Den återvinning som främst diskuteras och är volymmässigt störst är plast, men förhållandena är i stor utsträckning desamma för andra polymerbaserade material såsom kompositer, där dock återvinningen försvåras ytterligare av närvaron av fibrer av olika slag. De främsta hindren för återvinning är bristen på ett utbyggt och väl fungerande återvinningssystem för olika plaster och kvaliteter.

Återvinning av plast kan ske genom mekanisk återvinning eller s.k. feedstock-återvinning. I dag används främst mekanisk återvinning, där materialet sönderdelas och smälts, vilket i allmänhet är mindre energikrävande och betydligt mer kostnadseffektivt än feedstock-återvinning. Feedstock-återvinning innebär att polymerkedjorna i plasten bryts ner till sina beståndsdelar, som sen kan användas för att tillverka ny plast eller andra kemiska produkter. Det finns ett antal olika tekniker för feedstock-återvinning som prövats i pilotskala, så nu är det snarare en fråga om att applicera, anpassa och optimera teknikerna från pilotskala till kommersiellt gångbara lösningar. Annars handlar hindren främst om att det krävs kostsamma och riskfyllda investeringar.¹⁵⁴

4.3.2 Bioråvaror

Biobaserade råvaror får i dag en större marknad och efterfrågan ökar. Det rör sig om två utvecklingslinjer: att ersätta en befintlig polymer med en biobaserad eller att utveckla nya polymerer som ersätter befintliga fossilbaserade. För att funktionen ska kunna garanteras även med nya polymerer krävs ett omfattande utvecklingsarbete.

Om polymerernas byggstenar, i första hand olefiner (omättade kolväten, t.ex. eten), metan, metanol och vätgas, ska vara biobaserade krävs ett omfattande arbete som spänner från grundläggande forskning till pilotprojekt. Ett stort forsknings- och utvecklingsarbete har redan gjorts och görs när det gäller förnybar metan, metanol och vätgas för andra tillämpningar men det kvarstår utvecklingsarbete. Olefinerna däremot är unika för polymertillverkning.

Byte till biobaserade råvaror rymmer ett aktivt forskningsfält. I dag tillsätts små volymer biobaserade ämnen till vissa raffinaderiprodukter, t.ex. tallolja i diesel, men det finns också planer för nya anläggningar där lignin ersätter en del av råvaran i raffinaderier. Utveckling av nya tillsatser som kan ersätta delar av den fossila råoljan kräver allt från grundläggande forskning till pilotanläggningar.

Utmaningen ligger också i att få till en lönsam omvandling av bioråvaran till ”enkla” byggstenar för vidare reaktion, medan teknik för vidare omvandling av dessa till olika slutprodukter är mer mogen. Detta kan ske genom olika tekniker som t.ex. delignifiering, hydrolys, pyrolys och förgasning. Råvaran kan sedan processas vidare med exempelvis biokemiska (t.ex. jäsning) eller termokemiska (t.ex. förgasning) metoder. Byggstenar som etanol produceras i dagsläget med biokemiska metoder för exempelvis drivmedelsproduktion. De två största pilotanläggningarna för förgasning finns i biogasanläggningen GoBiGas i Göteborg och svarlutförgasningsanläggningen Chemrec i Piteå men båda dessa har pausats för tillfället.

¹⁵⁴ SOU 2018:84.

RenFuel och Preem har gått ihop med Rottneros och ska bygga en ligninanläggning för biodrivmedel vid massabruket i Vallvik. Anläggningen ska vara färdigställd 2021 och beräknas använda 300 000 ton lignin per år.¹⁵⁵ Tekniken baseras på RenFuels patenterade katalytiska process för att framställa katalytisk ligninolja, Lignol. Processen fungerar utan tryck, under kokpunkten och är energisnål. Produkten skickas sedan till raffinaderier där den framställs till bio-olja och bio-diesel, precis som vanlig råolja.¹⁵⁶ RenFuels testanläggning där man testat lignin från Rottneros har uppförts med stöd från Energimyndigheten.

SCA:s nya bioraffinaderi i Östrand producerar biodrivmedel av restprodukter från sågverks- och massaindustri. I anläggningen används lignin för att skapa ligninolja, men det skapas även förnybar vätgas utifrån behandlingen av de förnybara råvarorna och vätgasen återförs till processen för t.ex. hydreringen.¹⁵⁷ Samtidigt planerar SCA och ST1 ett samarbete för en ny biodrivmedelsanläggning i Stenungssund där huvudråvaran utgörs av tallolja från SCA.¹⁵⁸

4.3.3 CCS och CCU

Inom kemi och raffinaderi kan koldioxidavskiljning vara aktuellt både som ett sätt att hantera de koldioxidutsläpp som uppstår (antingen CCS eller CCU) och som en insatsvara för industrins kolbaserade produkter (CCU). Om koldioxiden exempelvis används för att tillverka bränslen som sedan förbränns blir dock resultatet endast en kortare senareläggning av utsläppen och ingen långsiktig minskning. Om koldioxiden i stället används till material (t.ex. plaster eller byggnadsmaterial) dröjer det visserligen längre tills koldioxiden återförs till atmosfären. För att koldioxiden permanent ska föras ut ur kretsloppet krävs dock att de använda produkterna återanvänds, återvinns och, om det inte längre är möjligt, deponeras i stället för att förbrännas.

Preem, Chalmers tekniska högskola och det norska forskningsinstitutet SINTEF har genomfört en förstudie på hur Preems anläggning vid Lysekil kan använda sig av CCS-teknik. Förstudien undersöker de hinder och möjligheter som just den anläggningen behöver för att kunna möjliggöra tekniken. Enligt förstudien anses det bäst att transportera koldioxiden till Norge där teknik, kunskap och anläggningar finns, förutsatt att de juridiska hinder som idag hindrar en sådan lösning kan övervinnas. Anläggningen släpper idag ut 1,6 miljoner ton koldioxidequivaler per år, vilket motsvarar ungefär 3 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp. Införandet av CCS kan minska utsläppen från anläggningen med upp till 0,64 miljoner ton per år, vilket är lite över en procent av Sveriges utsläpp.¹⁵⁹

¹⁵⁵ Renfuel, *Preem och Renfuel skapar världens första ligninanläggning för drivmedel*. <https://renfuel.se/preem-och-renfuel-skapar-varldens-forsta-ligninanlaggning-for-biodrivmedel/> (hämtad 2019-07-11).

¹⁵⁶ Renfuel, *Ny teknik Lignol*. <http://renfuel.se/teknik/> (hämtad 2019-07-11).

¹⁵⁷ SCA, *Frågor och svar Bioraffinaderi*. <https://www.sca.com/sv/fornybar-energi/projekt-och-utveckling/bioraffinaderi/fragor-och-svar/> (hämtad 2019-08-29).

¹⁵⁸ SCA, *Pressmeddelande 2018-05-21*. <https://www.sca.com/sv/om-oss/Investerare/pressmeddelanden/2018-05/st1-och-sca-ingar-partnerskap-for-att-tillverka-fornybara-drivmedel/> (hämtad 2019-07-11).

¹⁵⁹ Preem, *Case: CCS minskar co2-utsläppen*. <https://www.preem.se/om-preem/hallbarhet/stabil-ekonomi/CCS-minskar-CO2-utslappen/> (hämtad 2019-07-31).

Ett demonstrationsprojekt hos Preem inleddes i februari 2019 och fortgår till december 2021. Projektet ska ta fram underlag för att kunna designa en fullskalig CCS-anläggning. Energimyndigheten och norska Gassnova stöder projektet med 7,7 miljoner kronor respektive 9,5 miljoner kronor.¹⁶⁰

Utveckling av CCS inom raffinaderi- och kemiindustrin och en övergång till bio-baserade råvaror utesluter inte varandra utan kan tvärtom på längre sikt ge synergi-effekter eftersom det kan leda till negativa utsläpp när CCS används på utsläpp med biogent ursprung.

Ett annat sätt att ersätta den fossila råvaran med bioråvara är att genom elektrolys ”bygga upp” organiska molekyler baserade på exempelvis koldioxid.¹⁶¹ Detta kan göras via flera olika processvägar, som bland annat beskrivs i en översiktsrapport från det nederländska projektet Volta chemicals. Genom elektrolys av vatten kan vätgas bildas, som kan fås att reagera med t.ex. koldioxid för att bilda exempelvis myrsyra, metanol eller eten. De kan sedan i sin tur reagera vidare för att bygga upp önskad produkt.

4.3.4 Elektrolys

Vätgas är redan i dag en viktig beståndsdel i den kemiska industrin och tillverkas främst från naturgas. Med CCS blir processen nästan koldioxidneutral, dock inte fullt ut då inte all koldioxid kommer att kunna avskiljas. En helt fossilfri vätgasproduktion kan ske genom elektrolys, under förutsättning att elen är fossilfri. Vätgasproduktion genom elektrolys är fortfarande dyrare än att producera vätgas från naturgas. Investeringskostnaderna skulle kunna sänkas genom förbättrade elektrokatalysatorer, produktseparering och en minskning av antalet nödvändiga processteg. Pågående utveckling inom området omfattar exempelvis utveckling av bimetalliska katalysatorer och modifiering av katalysatorpartiklarnas storlek och form för ökad selektivitet och aktivitet. En av de största utmaningarna för vätgasproduktion är att få till en ökad livslängd där verkningsgraden försämras långsammare.¹⁶² Nya tekniker som alkaliska polymerelektrolytmembran- och fastoxidbränsleceller kan potentiellt komma att innebära betydande kostnadssänkningar och fastoxidbränsleceller kan också innebära minskad elanvändning jämfört med konventionell teknik.

Då vätgasen och elektrolysoren ska användas i en komplex processindustri behöver tekniken prövas i mindre skala innan en kommersiell anläggning byggs. Tidsperspektivet här är 3–5 år av förstudier med efterföljande pilot och demonstration på 5–7 år. Situationen för vätgasproduktion från naturgas med CCS är snarlik och en kommersiell anläggning är drygt fem år bort.

¹⁶⁰ Preem, *Fullskalig CCS-anläggning minskar CO₂utsläppen*. <https://news.cision.com/se/preem-ab/r/fullskalig-ccs-anlaggning-minskar-co2-utslappen-med-en-tredjedel,c2663853> (hämtad 2019-07-31).

¹⁶¹ Voltachem <https://www.voltachem.com/news/whitepaper-electrification-offers-chemistry-a-sustainable-and-profitable-future> (hämtad 2019-07-11).

¹⁶² Voltachem <https://www.voltachem.com/news/whitepaper-electrification-offers-chemistry-a-sustainable-and-profitable-future> (hämtad 2019-07-11).

4.4 Marknad och ekonomi

Det finns fem raffinaderier i Sverige.¹⁶³ Ett företag, Preem, står för cirka 80 procent av raffinaderikapaciteten och äger två av dessa raffinaderier.¹⁶⁴ Ett viktigt baskemikluster ligger i Stenungssund där flera företag samlats kring en krackeranläggning.¹⁶⁵

4.4.1 Marknader för kemiska produkter och petroleumprodukter

Raffinaderierna tillverkar olika gasformiga, flytande och fasta bränslen samt andra petroleumprodukter. Gasformiga bränslen, framförallt gasol (propan/butan) används i huvudsak som bränsle för värmnings- och värmebehandlingsprocesser inom industrin. Flytande petroleumprodukter används som bränsle i transportsektorn, för arbetsmaskiner, eller för uppvärmning. En mindre del används för specifika lösningar såsom som lösningsmedel, flamskyddsmedel, bindemedel osv. Trögflytande petroleumprodukter såsom bitumen och smörjolja används i vägarbeten eller som smörjmedel i maskiner eller fordon. Petroleumkoks är ett fast petroleumbränsle som är en restprodukt i raffinaderiprocessen och kan användas som bränsle eller i den grafiska industrin. Vissa produkter från raffinaderiprocessen används också som insatsvara i den petrokemiska industrin, t.ex. gasol och nafta.

Det finns en mängd olika produkter som kommer från kemiindustrin med olika användningsområden, nedan nämns några av de viktigaste. Eten och propen kommer från den petrokemiska industrin och används som insatsvara i den övriga kemiska industrin. Eten och/eller propen används t.ex. för tillverkning av etenoxid för produktion av etylenaminer, etanolaminer, tensider, mjukgörare för PVC (polyvinylklorid) och olika lack- och färgapplikationer. PVC är en plastsort som används i bl.a. rör, kablar och golvbeläggningar.

Den elektrokemiska industrin tillverkar genom elektrolys t.ex. väteperoxid, natriumperkarbonat, saltsyra och natriumhypoklorit och klor. Väteperoxid och natriumklorat används främst till blekning av pappersmassa. Väteperoxid används också som blekningsmedel i tvättmedel. Natriumperkarbonat används framförallt som ingrediens i tvättmedel. Saltsyra och natriumhypoklorit används bland annat för desinfektion av dricksvatten. Klor används tillsammans med etenoxid för tillverkning av PVC. Natriumhydroxid (kaustiksoda) används bland annat för att lösa upp lignin i massa- och pappersindustrin samt vid tvåttillverkning.

4.4.2 Handel

Den totala varuimporten var knappt 257 miljarder kronor och varuexporten var 240 miljarder kronor 2017, se Figur 28. De största handelsströmmarna, sett till värde, var inom raffinaderi och baskemikalier, läkemedel och farmaceutiska basprodukter och råpetroleum (import). Nettoexporten för hela branschen var negativ, men i delbranscherna raffinaderi, färg, lack m.m., samt läkemedel och farmaceutiska basprodukter var exporten större än importen.¹⁶⁶ Stora delar av importen av råpetroleum används

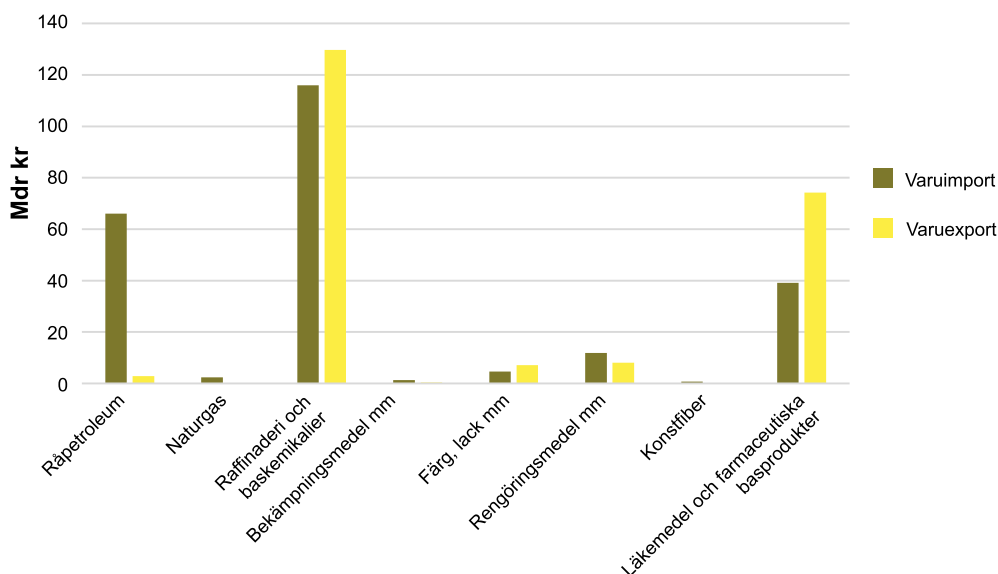
¹⁶³ NIR 2018, Naturvårdsverket, 2019.

¹⁶⁴ Preem, 2019, *Årsredovisning 2018*.

¹⁶⁵ Profu, 2012. *Industristruktur och tillhörande energiaspekter för kemi- och plastindustri, läkemedelsindustri och raffinaderier i Sverige*.

¹⁶⁶ SCB, 2019d.

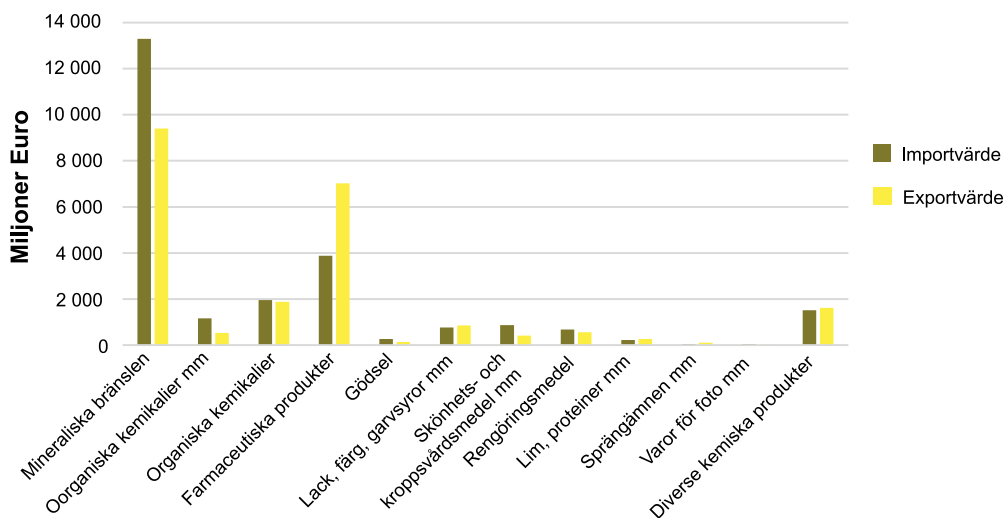
dock inom raffinaderi och baskemikalier och skulle den importen läggas till får även denna delbransch en negativ nettoexport.



Figur 28. Import- och exportvärde per delbransch (SPIN), 2017, miljarder kronor.

Källa: SCB.¹⁶⁷

Exportvärdets andel av produktionsvärdet var drygt 85 procent för raffinaderi och kemi. Kvoten är hög för alla delbranscher, vilket antyder att ansenlig del av produktionen i Sverige exporteras.¹⁶⁸



Figur 29. Import- och exportvärde per varukategori (HS), 2017, miljoner euro.

Källa: Eurostat.¹⁶⁹

¹⁶⁷ SCB, 2019d. Sekretess för SPIN 205, annan kemisk industri, så den ingår inte. Sekretessen innebär även att summan av staplarna i diagrammet inte exakt överensstämmer med total import/export.

¹⁶⁸ För SNI 061, råpetroleum, och 062, naturgas, finns inget produktionsvärde tillgängligt och för 20.5, annan kemisk industri, saknas exportvärde så de ingår inte i beräkningen.

¹⁶⁹ Eurostat, 2019.

Branschens största varukategori för både import och export är mineraliska bränslen, följt av farmaceutiska produkter, se Figur 29. Tillsammans utgjorde dessa varukategorier cirka 70 procent av branschens import- respektive exportvärden. Cirka 60 procent av branschens totala import och export skedde från och till länder inom EU-28.¹⁷⁰

Knappt 60 procent av importen av mineraliska bränslen kommer från länder utanför EU, främst Ryssland, Norge, Danmark och Finland. Den största importprodukten är råolja, med drygt en fjärdedel av branschens importvärde. Därefter kommer raffinerade oljeprodukter med knappt en femtedel. Den största delen av exporten inom mineraliska bränslen går till länder inom EU, framförallt Storbritannien, Finland, Nederländerna och Norge. Den största exportprodukten var raffinerade oljeprodukter med knappt en tredjedel av branschens exportvärde.¹⁷¹

För farmaceutiska produkter sker majoriteten av importen från länder inom EU, främst Tyskland, Danmark, och Storbritannien samt från USA. 60 procent av exporten 2017 gick till länder utanför EU. De största mottagarna var Kina, Tyskland och USA. Medikamenter är branschens tredje största importprodukt och den näst största exportvaran (en fjärdedel).

På total nivå är branschens import- och exportvärde relativt lika och många företag är specialiserade. Generellt kan man säga att företagen med stora utsläpp av växthusgaser inom raffinaderi och kemiindustri importerar fossila råvaror som de förädlar till fossila bränslen och varor med fossil bas, t.ex. plast, och som sedan till stor andel exporteras. Den höga andelen av exportvärdet och produktionsvärdet stärker detta. Samtidigt är branschen mycket diversifierad och även inom samma produktkategori finns stora variationer mellan produkterna.

4.4.3 Ekonomi

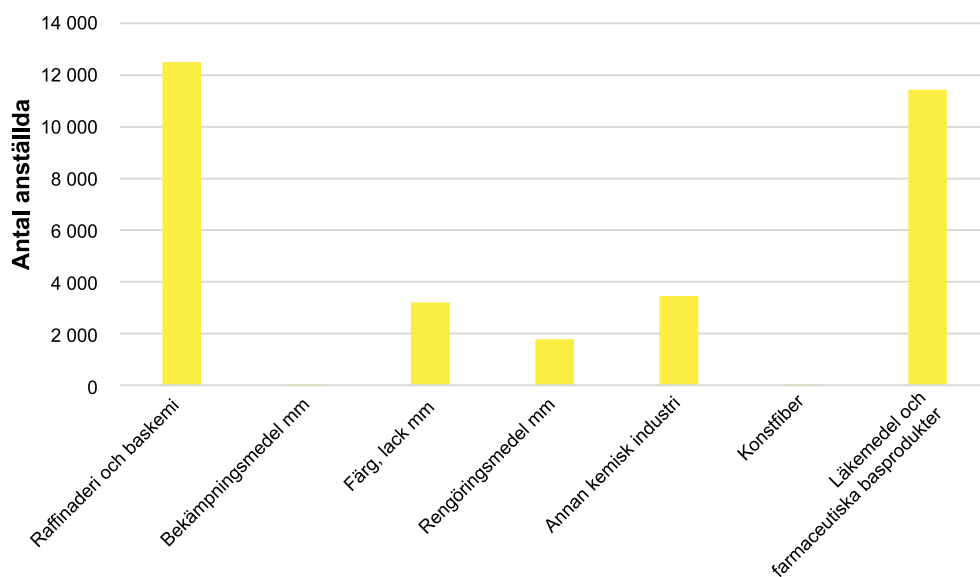
Antalet anställda i raffinaderi och kemiindustrin 2017 var knappt 32 400, vilket är högst av de studerade branscherna. Majoriteten av de anställda fanns inom delbranscherna raffinaderi och baskemi samt läkemedel, vilka tillsammans står för nästan tre fjärdedelar av sysselsättningen inom raffinaderi och kemiindustrin, se Figur 30.¹⁷² Trots det stora antalet företag arbetar de flesta inom ett mindre antal företag. Enligt Vinnova stod 15 procent av antalet företag för 80 procent av de anställda.¹⁷³

¹⁷⁰ Eurostat, 2019.

¹⁷¹ Eurostat, 2019.

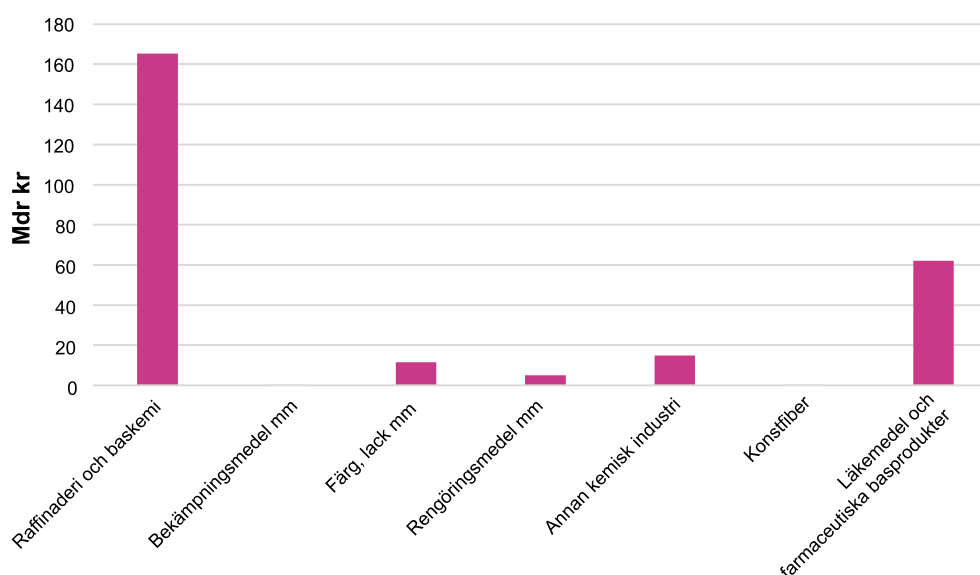
¹⁷² SCB, 2019b. SNI 06 ingår inte p.g.a. sekretess.

¹⁷³ Mossberg, J. 2016. *Chemical industry companies in Sweden – Update including data for competence analysis*.



Figur 30. Antal anställda per delbransch, 2017.

Källa: SCB.¹⁷⁴



Figur 31. Nettoomsättning per delbransch, 2017, miljarder kronor.

Källa: SCB.¹⁷⁵

Raffinaderi och kemiindustrin hade den högsta nettoomsättningen av de studerade branscherna, 259 miljarder kronor. Delbranschen raffinaderi och baskemi hade den största omsättningen och läkemedel och farmaceutiska basprodukter näst störst, tillsammans svarar de för 88 procent av branschens omsättning, se Figur 31. Antalet företag är mer jämnt fördelat och den största andelen finns i rengöringsmedel m.m. samt i raffinaderi och baskemi.¹⁷⁶

¹⁷⁴ SCB, 2019b.

¹⁷⁵ SCB, 2019b.

¹⁷⁶ SCB, 2019b.

5 Övrig metall inklusive övriga gruvor

Övrig metall stod för 1 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp och knappt 2 procent av energianvändningen 2017. 87 procent av utsläppen var processutsläpp. Processutsläppen uppstår främst i smältverken vid tillverkningen av malmbaserade basmetaller. Branschen omfattar även skrotbaserad tillverkning, mineralutvinning och gjuterier. Ett fåtal forskningsprojekt pågår för att minska utsläppen.

I branschen Övrig metall, inklusive övriga gruvor, ingår produktion av andra metaller än järn och stål samt all mineralutvinning och malmbrytning utom järnmalm. Detta inkluderar bland annat framställning av koppar, zink och bly, ädelmetaller samt aluminium. Jämfört med de andra branscherna som ingår i rapporten är utsläppen små, men majoriteten är processutsläpp som inte går att komma åt genom bränslebyten.

Aluminium tillverkas från skrot eller malm. Bauxit innehåller 50–65 procent aluminiumoxid och är den vanligaste råvaran i malmbaserad produktion.¹⁷⁷ Den malmbaserade aluminiumproduktionen (primäraluminium) har genomgått betydande förändringar de senaste tio åren, vilket resulterat i en mer effektiv produktion och sänkta utsläpp. Trots det stod aluminiumproduktionen för 39 procent av processutsläppen inom övrig metall år 2014.¹⁷⁸ Medan övrig malmbaserad metallproduktion utgår från råvaror som bryts i Sverige behöver bauxiten importeras från andra länder. Primäraluminium tillverkas bara i Kubals smältverk i Sundsvall. Utsläppen från skrotbaserad aluminiumproduktion är jämförelsevis små och bara förbränningsutsläpp.

Framställning av koppar, zink, bly m.m. stod för 42 procent av processutsläppen i övrig metall 2014, men till skillnad från aluminiumindustrin har utsläppen varit relativt konstanta över tid.¹⁷⁹ Framställning av koppar, zink, bly m.m. domineras av mineral- och smältverksföretaget Boliden, som även har verksamhet i Sveriges grannländer och på Irland. I Sverige har bolaget ett koppardagbrott, underjordsgruvor för komplexmalm, smältverk för malm- och skrotbaserad metallproduktion och Nordens enda sekundära smältverk för bly. De flesta basmetaller som produceras säljs vidare till andra industrikunder, framförallt inom bygg- elektronik- och fordonsindustrin, för vidareförädling till slutprodukter. Två tredjedelar av all koppar används för att producera och leda elektricitet. Bly används framförallt i batterier. Zink används för att galvanisera stål, dvs. skydda stålet från rost. Branschen är även stor inom återvinning av elektronikskrot och kasserade blybatterier.¹⁸⁰ Dessutom finns flera gruvföretag, gjuterier och andra bearbetningsföretag.

¹⁷⁷ Svenskt Aluminium, *Om aluminium*. <https://www.svensktaluminium.se/om-aluminium/> (hämtad 2019-07-05).

¹⁷⁸ SCB, 2019a. Eftersom processutsläppen i delbranschen övrig metallindustri är sekretessbelagda 2016 används 2014 för båda delbranscherna i texten för att underlätta jämförelser.

¹⁷⁹ SCB, 2019a.

¹⁸⁰ Boliden, *Smältverk*. <https://www.boliden.com/sv/verksamhet/smaltverk> (hämtad 2019-07-05).

I det här kapitlet beskrivs processer för malmbaserad framställning av koppar och bly samt aluminium, branschens energianvändning och växthusgasutsläpp, tekniker som kan minska utsläppen samt branschens marknad och ekonomi. Både gruvbrytningen och smältprocesserna som sker i smältverken kräver mycket energi, men de senare orsakar majoriteten av processutsläppen och är därför i fokus i det här kapitlet.

5.1 Framställning av koppar, bly och aluminium

Koppar och bly framställs antingen från metallkoncentrat (anrikad malm) eller från återvunnen metall.¹⁸¹ Malmen bryts i dagbrott eller i underjordsgruvor, krossas och transporteras till ett anrikningsverk. I anrikningsverket mals den krossade malmen, innan den separeras från övriga mineraler genom flotation.¹⁸² Därefter avvattnas och filtreras den malda malmen för att få fram metallkoncentrat. Koncentratet transporteras till smältverk där det förädlas till rena metaller. Eftersom malmen ofta är så kallad komplexmalm, dvs. består av olika metaller, separeras malmkoncentratet och transporteras till olika smältverk. Smältverken i Sverige producerar i huvudsak koppar och blylegeringar, men har materialflöden både till och från andra smältverk i Finland och Norge och mellan varandra.¹⁸³

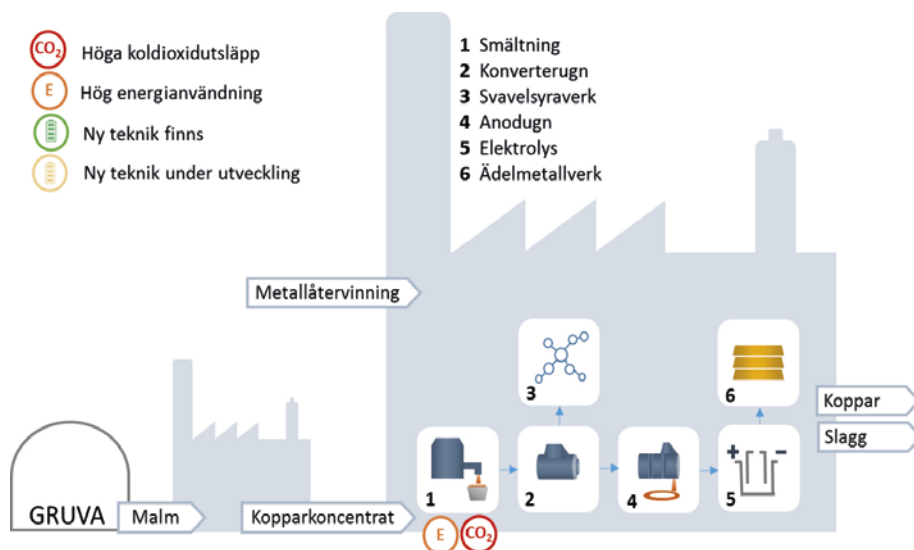
Kopparsmältverket Rönnskär i Skelleftehamn producerar i första hand koppar, men även zinkklinker, bly, svavelsyra, guld och silver. Råvarorna består av koppar- och blykoncentrat samt återvunnet elektronikskrot och restprodukter från andra industrier. Först smälts koncentratet och den återvunna metallen i en ugn för att separera kopparhaltig skärsten från slagg. Skärstenen förs vidare till en konverterugn. I konverterugnen separeras råkoppar från järn, svavel och föroreningar. Medan svavel och övriga processgaser leds vidare till ett svavelsyraverk transporteras råkopparn vidare till en anodugn. Där reduceras syrehalten innan koppar slutligen utvinns med hjälp av elektrolys. Ur elektrolysslammet utvinns ädelmetaller.

I Figur 32 illustreras kopparframställningen, med fokus på processerna som sker i smältverket.

¹⁸¹ Den återvunna metallen består bland annat av elektronikskrot och restprodukter från tidigare processteg.

¹⁸² Flotation är en kemisk process för att separera hydrofoba material från hydrofila.

¹⁸³ Boliden, 2019. *Års- och hållbarhetsredovisning 2018*.



Figur 32. Kopparframställning - från gruva till slutprodukt.
Källa: Energimyndigheten.

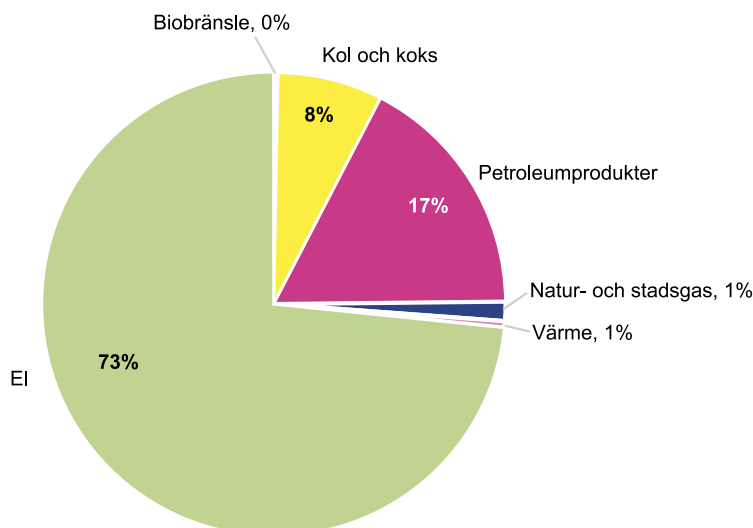
I Sverige produceras både primär- och sekundärbly. Boliden Bergsöe i Landskrona är Nordens enda sekundära blysmältverk. Sekundärbly framställs från återvunnen metall, vilken främst utgörs av kasserade blybatterier. Först smälts råmaterialet i en ugn och därefter raffinerar och legeras blyet innan det gjuts till tackor. En stor andel av det bly som produceras används för tillverkning av bilbatterier. Överskottsvärmen täcker det årliga fjärrvärmebehovet för hela Landskrona kommun.

Primäraluminium tillverkas från importerad aluminiumoxid (bauxit). Aluminium produceras genom elektrolys av aluminiumoxid i en saltsmälta.¹⁸⁴ För elektrolysen används en kolbaserad anod som förbrukas vid användning; det förbrukas cirka 45 kilo kolanod för 100 kg primäraluminium. Då bildas perfluorklorväten (PFC) och koldioxid.

5.2 Energianvändning och utsläpp av växthusgaser

Branschens energianvändning uppgick till 6,0 TWh 2017, vilket motsvarar 4 procent av industrins totala energianvändning. Figur 33 visar fördelningen mellan olika energibärare.

¹⁸⁴ Svenskt Aluminium, 2013. *Material och energiflöden i svensk aluminiumindustri. Slutrapport GeniAl.*



Figur 33. Energianvändningen i övrig metall, 2017.

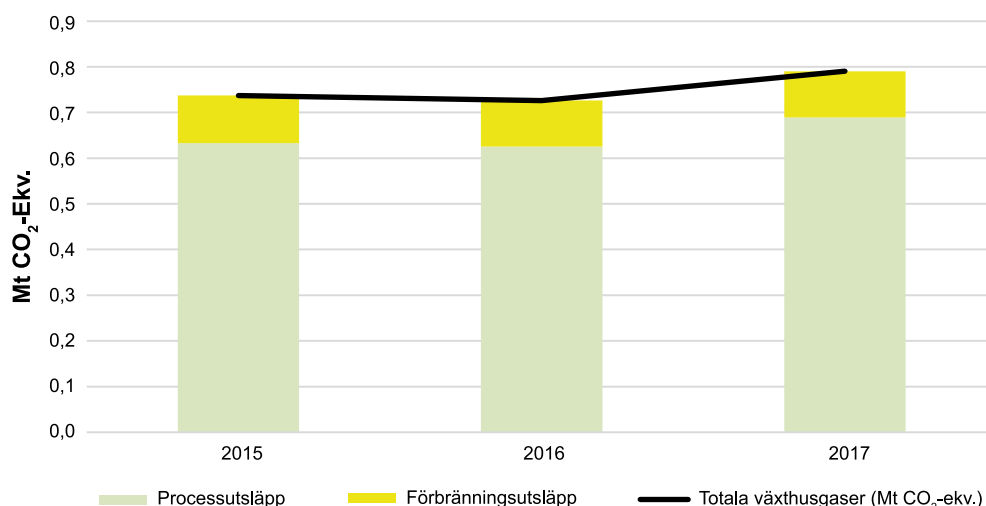
Källa: Energimyndigheten.¹⁸⁵

Elanvändningen utgör nästan tre fjärdedelar av branschens totala energianvändning. El används bland annat i elektrolysprocesserna vid aluminium- och kopparframställning. Gasol används för malmbaserad aluminium- och kopparframställning och andra petroleumprodukter används bland annat för blyframställning. Kol är en viktig energibärare i kopparframställningen och används i smältprocessen samt i elektrolys av aluminiumoxid.

Aluminiumindustrin står för knappt två procent av industrins totala energianvändning och framställning av koppar för en procent. Ungefär hälften av energianvändningen inom kopparframställning är el, en fjärdedel är kol och resterande är oljor samt naturgas. Betydligt mindre energi används vid framställning av bly och zink. Bly- och zinkproduktionen står för mindre än två procent av den totala energianvändningen inom Övrig metall.

Branschens totala utsläpp av växthusgaser uppgick till cirka 0,8 miljoner ton CO₂-ekv 2017, vilket motsvarar cirka 5 procent av industrins totala utsläpp. 87 procent av utsläppen var processutsläpp och resten var förbränningsutsläpp, se Figur 34.

¹⁸⁵ Energimyndigheten, 2019.



Figur 34. Övrig metalls utsläpp 2015 och 2017, fördelat mellan olika sorters utsläpp, miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Källa: SCB/Energimyndigheten.¹⁸⁶

Anm: Precis som för järn- och stålindustrin ingår inte utsläppen från malmbrytning och mineralutvinning eftersom dessa inte kan särskiljas från brytning av järnmalm i den officiella statistiken.

42 procent av processutsläppen inom övrig metall sker i framställning koppar, zink, bly m.m. och 39 procent inom aluminiumproduktionen. Övriga processutsläpp i branschen kommer från framställning av järnlegeringar¹⁸⁷ och magnesiumgjuterier. Processutsläppen från malmbaserad aluminiumproduktion har halverats sedan 2008 till följd av investeringar i ny teknik. Detta har lett till att branschens totala processutsläpp har minskat, trots att samma trend inte kan ses inom de andra delbranscherna.

Produktion från elektronikskrot och blybatterier orsakar en del av utsläppen eftersom koldioxid frigörs när plastdetaljer smälts. Den typen av utsläpp har ökat de senaste åren i takt med att kapaciteten att ta hand om elektronikskrot har ökat.¹⁸⁸

5.3 Tekniker för att minska växthusgasutsläpp

Även om flera av branschens tillverkningsprocesser liknar dem som används inom järn- och stålindustrin står övrig metall delvis inför andra utmaningar. Att använda direktreduktion för att producera aluminium är till exempel inte möjligt ur ett kemiskt perspektiv eftersom aluminium är ett starkare reduktionsmedel än kol.¹⁸⁹ Däremot bör det inte vara omöjligt att ersätta de fossila kolanoderna i elektrolysisprocessen med biokol.

¹⁸⁶ SCB, 2019a, Bearbetat av Energimyndigheten.

¹⁸⁷ Utsläpp från framställning av järnlegeringar (ferrolegeringar) ligger övrig metall i utsläppsstatistiken. I övrig statistik som används i rapporten (energi, ekonomi) så ligger järnlegeringar inom järn- och stål.

¹⁸⁸ NIR 2018, Naturvårdsverket, 2019.

¹⁸⁹ Råvarumarknaden, *Aluminium – världens vanligaste metall*. <http://ravarumarknaden.se/aluminium-varldens-vanligaste-metall/> (hämtad 2019-07-05).

Branschgemensam forskning inom aluminiumindustri hanteras av Tekniska Högskolan i Jönköping, Casting Innovation Center (CIC) och Swerea Swecast.¹⁹⁰ Forskning kopplat till primär aluminiumproduktion bedrivs vid Norges Teknisk-naturvetenskapliga Universitet i Trondheim och vid Linköpings universitet. Det strategiska innovationsprogrammet Metalliska material omfattar Sveriges metallindustrier och syftar till att främja innovation inom branschen.¹⁹¹ Metalliska material är ett av flera strategiska innovationsprogram som finansieras av Vinnova, Energimyndigheten och Formas.

Nedan beskrivs några tekniker som undersöks för att minska utsläppen inom övrig metall. Energimyndigheten känner inte till några forskningsinitiativ utöver dessa som är direkt inriktade mot att minska processutsläppen inom framställning av koppar, zink m.m.

5.3.1 Algteknik kan rena processutsläpp från blyproduktion

Under 2018 och 2019 ska Boliden tillsammans med forskningsinstitutet RISE undersöka om algodlingar kan minska växthusgasutsläppen från metallindustrin. Tekniken, som utvecklats av RISE och tidigare testats vid ett pappersbruk, ska nu testas vid Boliden Bergsöes blysmältverk. Målet är att utvärdera reningseffekt och kostnad för att med hjälp av mikroalger minska koldioxidutsläppen och binda metaller från gas och processvatten, samt ta fram en prototyp för biobaserat metallkolfilter. Projektet finansieras delvis av Energimyndigheten.¹⁹²

5.3.2 Inerta anoder kan minska aluminiumproduktionens utsläpp

För att minska processutsläppen från aluminiumproduktion kan så kallade inerta anoder utvecklas. Inerta anoder skulle kunna minska utsläppen av koldioxid och PFC, samtidigt som energianvändningen minskar väsentligt. Sådana satsningar borde därför kunna motiveras av företagsekonomiska skäl.¹⁹³ Inerta anoder har utvecklats och testats i flera projekt, exempelvis testas ytbeläggning av keramer eller metallegeringar som inte förbrukas i reaktioner med smältan. Åsikterna om när de kan vara kommersiellt tillgängliga varierar kraftigt.

5.3.3 Potentiella forskningsområden inom aluminiumproduktion

Den nationella intresseorganisationen Svenskt Aluminium har efterfrågat mer forskning kopplat till aluminiumindustrin. Fossila bränslen bör enligt dem rent tekniskt kunna ersättas med förnybar energi i flera processteg. Det bör även undersökas om fossilt kol kan ersättas med biokol. Förbättrade processer för återvinning av aluminium och energieffektivisering kan också minska utsläppen.¹⁹⁴

¹⁹⁰ Ahnberg m.fl. 2013.

¹⁹¹ Metalliska material, *Om metalliska mineral*. <http://www.metalliskamaterial.se/sv/om-metalliska-material/> (hämtad 2019-07-11).

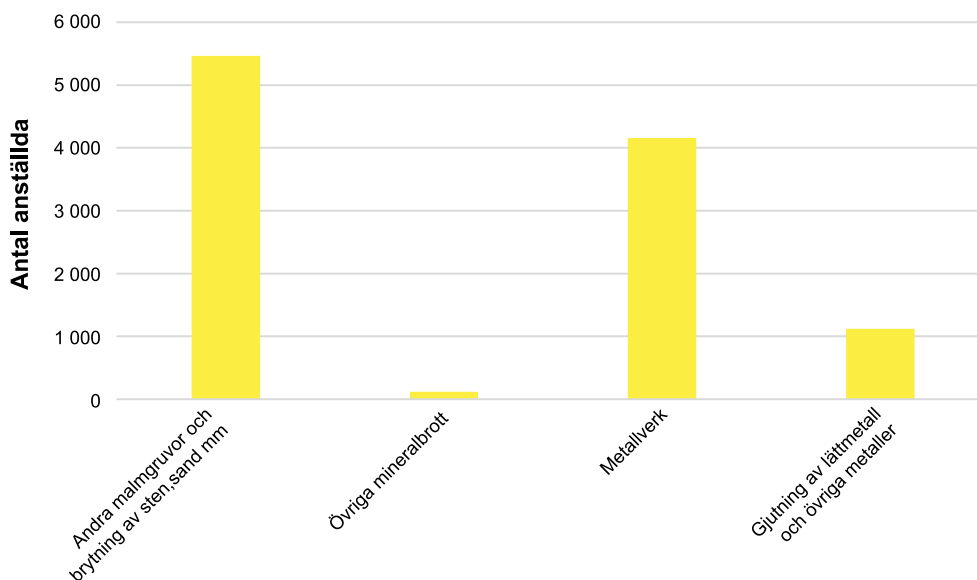
¹⁹² Energimyndighetens projektdatabas, P45363-1.

¹⁹³ Åhman M., m.fl. 2012.

¹⁹⁴ Svenskt Aluminium, 2013.

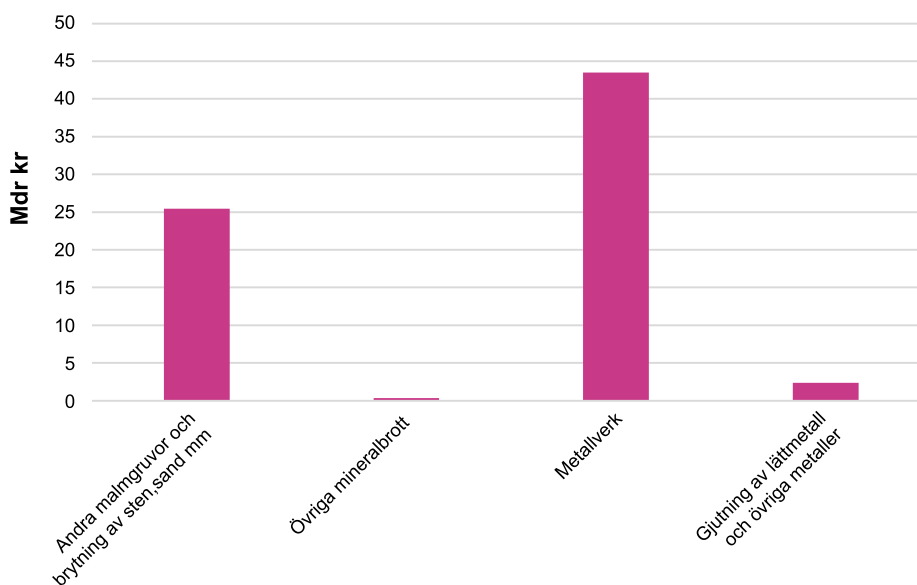
5.4 Marknad och ekonomi

År 2017 var cirka 10 900 anställda inom övrig metalls 720 företag. De flesta företagen och anställda finns inom delbranschen andra malmgruvor och brytning av sten, sand m.m., se Figur 35.¹⁹⁵



Figur 35. Antal anställda per delbransch, 2017.

Källa: SCB.¹⁹⁶



Figur 36. Nettoomsättning per delbransch, 2017, miljarder kronor.

Källa: SCB.¹⁹⁷

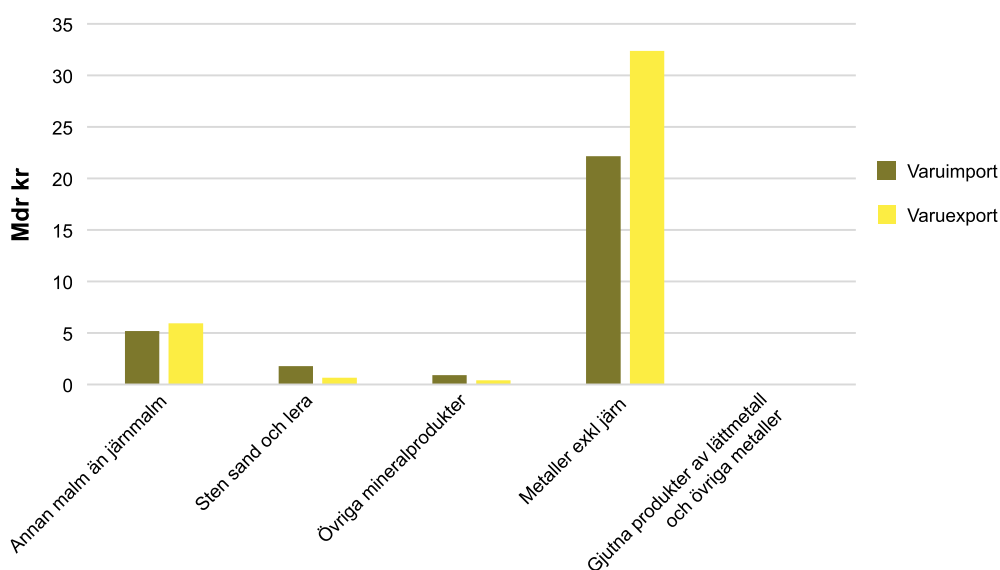
¹⁹⁵ SCB, 2019b.

¹⁹⁶ SCB, 2019b.

¹⁹⁷ SCB, 2019b.

Branschens omsättning var cirka 72 miljarder kronor 2017 och mer än hälften av omsättningen var inom metallverk, se Figur 36.¹⁹⁸

Företagen inom aluminiumindustrin är framförallt koncentrerade till Östergötland och Småland, vilket troligtvis beror på företagarkulturen och närhet till kunder och leverantörer. Produktionen av primäraluminium, där processutsläppen inom aluminiumproduktion sker, ligger i Sundsvall. Stenbrott och sand-, grus-, berg-, och lertäkter står för ett stort antal företag som är spridda över stora delar av Sverige. De produkter som fås från den verksamheten har höga transportkostnader, lågt varuvärde per ton och materialen är vanligt förekommande. Det gör att produktion och användning av dessa produkter är lokal, vilket förklarar den stora geografiska spridningen och låg import/export. Flest antal anställda inom andra metalmalmsgruvor finns i Västerbotten, Norrbotten och i Örebro län.¹⁹⁹



Figur 37. Import- och exportvärde per delbransch (SPIN), 2017, miljarder kronor.
Källa: SCB.²⁰⁰

Importvärdet för övrig metall 2017 var knappt 30 miljarder kronor och exportvärdet var drygt 39 miljarder, se Figur 37. Nettoexporten var alltså positiv vilket beror på hög nettoexport i metaller exklusive järn, drygt 10 miljarder kronor. Även annan malm än järn hade en positiv nettoexport medan importvärdet var större än exportvärdet i de övriga delbranscherna. Metaller exklusive järn stod för branschens största internationella handel med en majoritet av både import och export.²⁰¹

Importvärdet var relativt jämnt fördelat mellan länder inom och utanför EU. De länder som mest import kommer från är Norge, Tyskland och Finland. Av exporten gick cirka 80 procent av värdet till länder inom EU och de största mottagarländerna var Tyskland, Finland, Norge och Polen.²⁰²

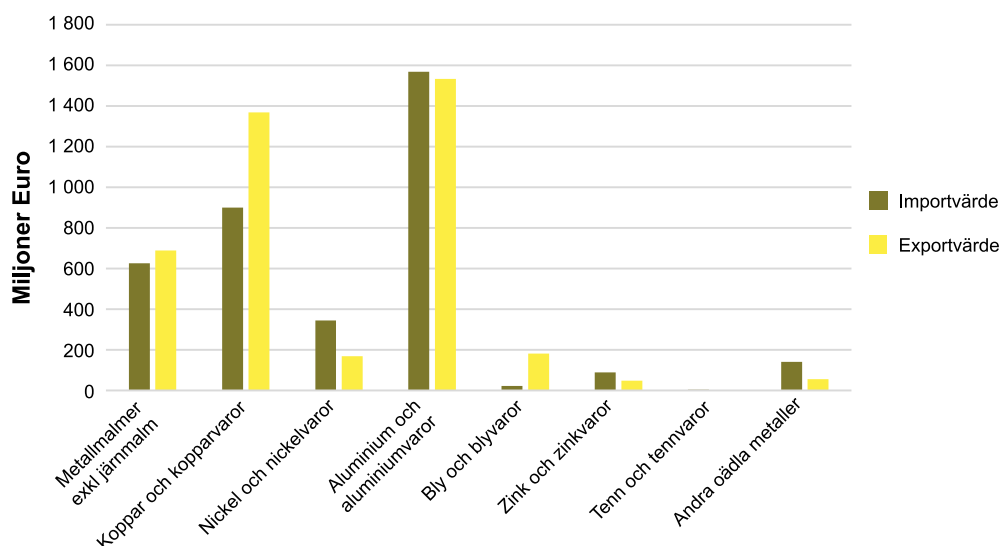
¹⁹⁸ SCB, 2019b.

¹⁹⁹ Ahnberg m.fl., 2013

²⁰⁰ SCB, 2019d.

²⁰¹ SCB, 2019d.

²⁰² Eurostat, 2019.



Figur 38. Import- och exportvärde per varukategori (HS) 2017, miljoner euro.

Källa: Eurostat.²⁰³

De största importvarukategorierna är aluminium och aluminiumvaror, koppar och kopparvaror samt metallmalmer exklusive järnmalm, se Figur 38. De största importprodukterna är kopparmalm och -koncentrat, obearbetat aluminium, plåt och band av aluminium samt kopparskrot. De största exportvarukategorierna är samma som för import men på produktkategorinivå finns vissa skillnader. Den största exporten är inom raffinerad obearbetad koppar och kopparlegeringar, zinkmalm och -koncentrat, koppartråd samt obearbetat aluminium.²⁰⁴

Kopparmalm och kopparskrot importeras för att användas tillsammans med inhemsk malm och skrot i kopparanrikningsverket. Koppar exporteras sedan som bland annat raffinerad obearbetad koppar och kopparlegeringar samt koppartråd. Obearbetat aluminium importeras och exporteras i relativt lika mängder och det har inte varit möjligt att i den här rapporten finfördela statistiken ytterligare. Om kvoten mellan importvärde och importerad vikt jämförs med kvoten av exportvärde och exporterad vikt är exportkvoten lägre. Det antyder att produkterna inom obearbetat aluminium som importeras troligen är av högre förädlingsnivå än produkterna som exporteras.

Boliden är det 15:e största kopparsmältverksföretaget i världen, men världsledande i återvinning av elektronikskrot. För kopparbrytning är Boliden en mindre global aktör, men en av de största i Europa. Boliden bryter även zink i Sverige, men den anrikas i företagets anläggningar i Finland och Norge. Bolaget som helhet är världens 5:e största gruvbolag och 6:e största smältverksföretag för zink. Dessutom bryter och förädlar Boliden flera andra metaller och biprodukter.²⁰⁵

Exportvärdets andel av produktionsvärdet var 64 procent för branschen totalt. Variationen mellan delbranscher är dock stor. Det kan ses som en indikation på att utrikeshandeln främst är viktig för vissa delbranscher medan andra delbranscher säljer en större del av sin produktion inom Sverige.

²⁰³ Eurostat, 2019.

²⁰⁴ Eurostat, 2019.

²⁰⁵ Boliden, 2019. Uppgifterna omfattar även Bolidens verksamhet i Norge, Finland och Irland.

Referenser

Ahnberg Elisabeth, Kostela Johanna och Messing Jan. *Metallindustrin i Sverige 2007–2011*. 2013. Vinnova Analys VA 2013:02.

Boliden, 2019. *Års- och hållbarhetsredovisning 2018*.

Boliden, *Smältverk*. <https://www.boliden.com/sv/verksamhet/smaltverk> (hämtad 2019-07-05).

Cementa, 2018. *Färdplan cement – för ett klimatneutralt betongbyggande*. Cementa HeidelbergCement Group: Fossilfritt Sverige.

Cementa, *Cementa och Vattenfall satsar på nästa steg mot klimatneutralt cement*. <https://www.cementa.se/sv/cementa-och-vattenfall-satsar-pa-nasta-steg-cemzero> (hämtad 2019-07-15).

Cementa, *Tillverkning av cement*. <https://www.cementa.se/sv/tillverkning-av-cement> (hämtad 2019-07-05).

Cortus Energy. *6 MW WoodRoll i Höganäs – Projekt Probiostål*. <http://www.cortusenergy.se/hoganas> (hämtad 2019-10-02).

Directive (EU) 2018/410 of the European Parliament and of the Council of 14 March 2018 amending Directive 2003/87/EC to enhance cost-effective emission reductions and low-carbon investments, and Decision (EU) 2015/1814.

Energimyndigheten, 2019. *Energibalans*. <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energibalans/> (hämtad 2019-07-01).

Energimyndighetens projektdatabas, P42684-3, P46751-1, P46752-1 och P42684-1. <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/> (hämtad 2019-07-09).

Energimyndigheten. *Utllysning Industriklivet*. <http://www.energimyndigheten.se/utlysningar/industriklivet2/> (hämtad 2019-09-24).

ENET-Steel, *Energieffektivisering inom SSAB i Oxelösund under åren 1996–2007*. <https://static1.squarespace.com/static/534fa8d4e4b0a1a3d8a42c81/t/54352b8de4b052cb7a7ff7f4/1412770725088/SSAB+1996-2007.pdf> (hämtad 2019-07-15).

Eurostat 2019, International trade in goods (Detailed data (ext_go_detail) EU trade since 1988 by HS2-HS4 [DS-016894]), *Database*. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (hämtad 2019-07-15).

Fossilfritt Sverige. <http://fossilfritt-sverige.se/> (hämtad 2018-07-11).

HeidelbergCement, *HeidelbergCement*. <https://www.heidelbergcement.com/en/company> (hämtad 2019-07-24).

Hinder för klimatomställning i processindustrin – En rapport inom regeringsuppdraget Innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser, ER 2019:20. Eskilstuna. Energimyndigheten, 2019.

HYBRIT, three Hybrit pilot projects. <http://www.hybritdevelopment.com/articles/three-hybrit-pilot-projects> (hämtad 2019-07-09).

HYBRIT, toward fossil free steel_ <http://www.hybritdevelopment.com/hybrit-toward-fossil-free-steel> (hämtad 2019-07-09).

HYBRIT. <http://www.hybritdevelopment.com/> (hämtad 2018-07-16).

IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3. Industrial Processes and Product Use. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_1_Ch1_Introduction.pdf (hämtad 2019-07-16).

Jernkontoret, 2018. *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*. Jernkontoret: Fossilfritt Sverige.

Jernkontoret, 2019. *Fakta och nyckeltal om stålindustrin*. <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/fakta-och-nyckeltal/> (hämtad 2019-07-05).

Jernkontoret. *Nytt metallforskningsinstitut bildas*. <https://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/nytt-fran-jernkontoret/pressmeddelanden/2018/nytt-metallforskningsinstitut-bildas2/> (hämtad 2019-07-09).

Karatzos, S., McMillan, J.D., Saddler, J.N., 2014. *The Potential and Challenges of Drop-in Biofuels - A Report by IEA Bioenergy Task 39*. IEA Bioenergy.

Lag (1994:1776) om skatt på energi.

LKAB, 2019. *2018 Års- och hållbarhetsredovisning*.

LKAB, *Anrikning*. <https://www.lkab.com/sv/om-lkab/fran-gruva-till-hamn/foradla/anrikning/> (hämtad 2019-07-15).

LKAB, *Energi och klimat*. <https://www.lkab.com/sv/hallbarhet/miljo/energi-och-klimat/> (hämtad 2019-07-31).

LKAB, *Förädla*. <https://www.lkab.com/sv/om-lkab/fran-gruva-till-hamn/foradla/> (hämtad 2019-07-15).

Material Economics, 2019. *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*.

Metalliska material, *Om metalliska mineral*. <http://www.metalliskamaterial.se/sv/om-metalliska-material/> (hämtad 2019-07-11).

Metalliska material, *SSAB slår fast tidsplan för ljusbågsugnen i Oxelösund*. <https://www.metalliskamaterial.se/sv/fakta/ssab-slar-fast-tidsplan-for-ljusbagsugn-i-oxelosund/> (hämtad 2019-08-26).

Miljö- och energidepartementet, *Bakgrundspromemoria om Industriklivet*. 2017-08-22.

Miljö- och energidepartementet. 2018-12-20. *Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende anslag 1:20 Industriklivet*. D.nr M2018/02943/S (delvis).

Mistra Carbon Exit, *Om oss*. <https://www.mistracarbonexit.org/om-oss/> (hämtad 2019-07-10).

Mossberg, J. 2016. *Chemical industry companies in Sweden – Update including data for competence analysis*. Vinnova Analys VA 2016:04.

Mousa, E., Wang, C., Riesbeck, J., Larsson, M. 2016. *Biomass applications in iron and steel industry: An overview of challenges and opportunities*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 65, November 2016, Pages 1247-1266. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.061>

National Inventory report Sweden 2018 (NIR 2018). Naturvårdsverket, 2019.

- Norcem, 2018. *Carbon capture – a part of our zero vision*.
<https://www.norcem.no/no/karbonfangst>. (hämtad 2019-09-30).
- Nulägesanalys – Underlag till regeringsuppdrag Uppdrag att genomföra innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser; ER 2017:4, Eskilstuna, Energimyndigheten, 2017.
- Preem, *Case – CCS minskar CO2-utsläppen*. <https://www.preem.se/om-preem/hallbarhet/stabil-ekonomi/CCS-minskar-CO2-utslappen/> (hämtad 2019-07-31).
- Preem, *En grönare framtid*, <https://www.preem.se/om-preem/hallbarhet/preem-evolution-drivmedel/framtiden---var-viktigaste-marknad/framtidens-drivmedel/> (hämtad 2018-09-09).
- Preem, *Fullskalig CCS-anläggning minskar CO2-utsläppen med en tredjedel*.
<https://news.cision.com/se/preem-ab/r/fullskalig-ccs-anlaggning-minskar-co2-utslappen-med-en-tredjedel,c2663853> (hämtad 2019-07-31).
- Preem, 2019. Årsredovisning 2018.
- Profu, 2012. *Industristruktur och tillhörande energiaspekter för kemi- och plast-industri, läkemedelsindustri och raffinaderier i Sverige*. Underlagsrapport till Energimyndigheten.
- Renfuel, *Preem och Renfuel skapar världens första ligninanläggning för drivmedel*.
<https://renfuel.se/preem-och-renfuel-skapar-varldens-forsta-ligninanlaggning-for-biodrivmedel/> (hämtad 2019-07-11).
- Renfuel, *Ny teknik Lignol*. <http://renfuel.se/teknik/> (hämtad 2019-07-11).
- Råvarumarknaden, *Aluminium – världens vanligaste metall*. <http://ravarumarknaden.se/aluminium-varldens-vanligaste-metall/> (hämtad 2019-07-05).
- SCA, *Frågor och svar Bioraffinaderi*. <https://www.sca.com/sv/fornybar-energi/projekt-och-utveckling/bioraffinaderi/fragor-och-svar/> (hämtad 2019-08-29).
- SCA, Pressmeddelande 2018-05-21. <https://www.sca.com/sv/om-oss/Investerare/pressmeddelanden/2018-05/st1-och-sca-ingar-partnerskap-for-att-tillverka-fornybara-drivmedel/> (hämtad 2019-07-11).
- SCB, 2019a. Utsläpp av växthusgaser från industrin efter växthusgas, bransch och år. *Statistikdatabasen*. <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/55982/> (hämtad 2019-07-01).
- SCB, 2019b. Företagens ekonomi (Företagsenhet – Basfakta företag enligt Företagens ekonomi efter näringsgren SNI 2007. År 2000–2017). *Statistikdatabasen*.
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__NV__NV0109__NV0109L/BasfaktaFEngs07/ (hämtad 2019-07-12).
- SCB, 2019c. Nationalräkenskaper (BNP från produktionssidan (ENS2010) efter näringsgren SNI 2007. År 1980–2017) *Statistikdatabasen*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper-kvartals-och-arsberakningar/> (hämtad 2019-09-16).
- SCB, 2019d. Utrikeshandel med varor (Varuimport och varuexport efter produktgrupp SPIN 2007, bortfallsjusterat) *Statistikdatabasen*.
<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/handel-med-varor-och-tjanster/utrikeshandel/utrikeshandel-med-varor/> (hämtad 2019-07-15).

SCB, 2019e. Forskning och utveckling i Sverige (FOU inom företagssektorn, företagens FoU-utgifter och personal (inkl. forskarexaminerade) i FoU-verksamhet efter näringsgren SNI 2007. Vartannat år 2007–2017). *Statistikdatabasen*. http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__UF__UF0301__UF0301F/UF0302SNI07T01/ (hämtad 2019-07-24).

SCB, 2019f. Företagsdatabasen – Företag (FDB efter näringsgren SNI2007 och storleksklass. År 2008–2018). *Statistikdatabasen*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/naringsverksamhet/naringslivets-struktur/foretagsdatabasen-fdb/> (hämtad 2019-09-09).

Seminarium, Klimatneutral processindustri, 2017-05-03.

SOU 2018:84, *Det går om vi vill. Förslag till en hållbar plastanvändning*.

SSAB, 2018. *Årsredovisning 2017*.

SSAB, 2019. *Årsredovisning 2018*.

SSAB, *Fossilfri produktion*. <https://www.ssab.se/ssab/om-ssab/production-sites-in-sweden/oxelosund/fossilfri-produktion> (hämtad 2019-07-09).

SSAB, *Hybrit*. <https://www.ssab.com/company/sustainability/sustainable-operations/hybrit> (hämtad 2019-07-16).

Sundelöf, Camilla. *Energianvändning i industrin – En faktarapport inom IVA-projektet energiframsyn Sverige i Europa*, Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, 2002.

Svemin, 2018. *Färdplan för en konkurrenskraftig och fossilfri gruv- och mineralnärning. Delrapport april 2018*. Svemin: Fossilfritt Sverige.

Svenskt Aluminium, 2013. *Material och energiflöden i svensk aluminiumindustri – Slutrapport GeniAl*.

Svenskt Aluminium, *Om aluminium*. <https://www.svensktaluminium.se/om-aluminium/> (hämtad 2019-07-05).

Sweco, 2016. *Cementindustrins möjlighet till minskade koldioxidutsläpp – CCS-teknik och alternativa bränslen. Underlagsrapport till Tillväxtanalys*.

Swerea, 2018. *Vägen till en grön masugn*. <https://www.swerea.se/cases/vagen-till-en-gron-masugn> (hämtad 2019-07-09).

Så kan stålindustrins utsläpp av växthusgaser minska – Sverige kan lära av Japan och Kina. Svar direkt 2016:01. Tillväxtanalys, 2016.

Så klarar svensk industri klimatmålen – En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, 2019.

Voltachem. <https://www.voltachem.com/news/whitepaper-electrification-offers-chemistry-a-sustainable-and-profitable-future> (hämtad 2019-07-11).

World Steel Association 2018. *Steel statistical yearbook 2018*.

Åhman M., Nikoleris A., Nilsson L. J. 2012. *Decarbonising industry in Sweden – an assessment of possibilities and policy needs*. Environmental and Energy Systems Studies, Lund University.

Bilaga 1. Bearbetning och tolkning av statistik

I den här bilagan beskrivs hur statistik från olika källor har bearbetats eller tolkats för att matcha rapportens branschindelning. Eftersom statistikkällorna skiljer sig åt med hänsyn till bland annat urval, avgränsningar, sekretess, klassificeringssystem och insamlingsmetod ska jämförelser mellan källorna göras med försiktighet.

Statistik om utsläpp och energianvändning

Utsläpp från koks-, masugns- och LD-gas som används för produktion av el och värme räknas till järn- och stålindustrins processrelaterade utsläpp i denna rapport. I den internationella klimatrapporteringen rapporteras dessa utsläpp under elproduktion (förbränningsutsläpp), men eftersom utsläppen är direkt kopplade till produktionen i koksverk, masugnar och LD-konverter och uppkommer oavsett om gaserna används till elproduktion, som bränsle för tillverkningsprocessen eller facklas bort så är de för uppdraget relevanta som processrelaterade förbränningsutsläpp. Utsläpp från förbränning av processgaser räknas i den här rapporten som processrelaterade (förbrännings)utsläpp oavsett vart förbränningen sker.

Utsläppsstatistiken är delvis annorlunda uppbyggd än övrig statistik och det har därför inte varit möjligt att helt synkronisera dessa. Gruvornas växthusgasutsläpp kan inte fördelas mellan olika sorters gruvor och följaktligen inte heller enligt den branschindelning som används i rapporten. Förbränningsutsläpp från framställning av järnlegeringar (ferrolegeringar) kan inte heller separeras ut från andra förbränningsutsläpp inom övrig metall i utsläppsstatistiken och därför ligger alla utsläpp från dessa inom övrig metall i rapporten. För övrig statistik (energi, ekonomi) däremot går det inte att separera ut järnlegeringar från järn- och ståltillverkning utan järnlegeringar redovisas därför i järn- och stålindustri. Se också figuren i slutet av bilaga 2 för mer information om skillnaderna i branschuppdelning.

Energianvändningen i raffinaderier ingår inte i industrins slutliga energianvändning i Energimyndighetens årliga energibalans, utan hör till tillförselsidan. Därför skiljer sig industrins totala energianvändning i denna rapport något från industrins energianvändning i energibalansen. Dessutom är det antaget att all värme från fackling inom raffinaderier har återvunnits i de interna processerna.

Statistik om handel och ekonomi

Vid beräkning av exportvärdets andel av produktionsvärdet används data från två olika källor, Företagens ekonomi och Utrikeshandel med varor, till täljare och nämnare. Kvoten ska därför tolkas med försiktighet, speciellt på finfördelad branschnivå, och den ska främst ses som en indikation på om en större eller mindre del av produktionen exporteras.

Det handlas många olika varor och kvaliteter inom samma bransch så för att få en bättre förståelse av handelsströmmarna kan man undersöka import och export på varunivå. I rapporten görs en grov genomgång, främst på 2-4-siffrig HS/KN för att skapa en översikt av handelsströmmarna. Även på 4-siffrig HS/KN är ett flertal varor aggregerade under samma kod. I vissa fall skiljer sig andelarna av import/export i värde och vikt åt. Här undersöks, om inget annat anges, handeln i värde.

All import av stenkol och kolbaserade produkter används inte inom ståltillverkning utan kan också användas till el- och värmeproduktion m.m. Det går inte att se hur stor andel av importen som går till vilket användningsområde i statistiken. Men sett till hur kolanvändningen fördelas i energistatistiken är det rimligt att anta att en större del av importen används inom ståltillverkning.

För statistikår 2017 har järnmalmgruvor (SNI 07.1) på grund av sekretess slagits ihop med utvinning av råpetroleum och naturgas (SNI 06) i Företagens ekonomi (SCB), det vill säga den statistik som ligger till grund för uppgifter om antal företag, antal anställda, produktionsvärde och omsättning i branschkapitlen. I företagsdatabasen uppges att det finns 2 stycken företag med noll anställda inom utvinning av råpetroleum och naturgas. Det finns inga företag inom branschen 2008–2013, 2015–2016 eller 2018. 2014 fanns ett företag med noll anställda inom utvinning av råpetroleum och naturgas.²⁰⁶ Eftersom det rör sig om företag utan anställda är det rimligt att anta att de inte påverkar övriga poster särskilt mycket. I denna rapport har därför hela den aggregerade gruppen 06.1–07.1 använts för stålprocessen för beräkningar baserade på Företagens ekonomi.

Bara egen FoU-kostnad har använts för beräkningen av FoU-kostnad som andel av omsättningen. I statistiken finns även kostnader för utlagd FoU men för att undvika risk för dubbelräkning tas den inte med här. För de studerade branscherna är kostnaderna för utlagd FoU en mindre del av de totala kostnaderna. Det är inte möjligt att bryta ut järn- och stål från övrig metall i statistikdatabasen och därför används Vinnovas uppskattning för järn- och stål och ingen siffra redovisas för övrig metall. För FoU-kostnadens andel av omsättningen har siffror för 2013 använts.

²⁰⁶ SCB, 2019f. Företagsdatabasen, *Statistikdatabasen*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/naringsverksamhet/naringslivets-struktur/foretagsdatabasen-fdb/> (hämtad 2019-09-09).

Bilaga 2. Bransch-, varu- och produktindelning

Branschuppdelningen har gjorts med avsikt att fånga hela kedjan från råvara till slutprodukt. I tabell 1, 2 och 3 beskrivs vilka SNI-koder och SPIN-koder som ingår i respektive bransch, vilka varu- och produktkategorier dessa motsvarar samt CRF-kodernas branschindelning²⁰⁷. I slutet av bilagan finns en schematisk bild över hur branschindelningen i CRF och SNI hänger ihop.

Tabell 1. Branschuppdelning enligt SNI och SPIN för energistatistik, ekonomisk statistik och handelsstatistik. SNI-koder används för att klassificera verksamheter efter vad de gör (deras aktivitet) medan SPIN-koder används för att klassificera varor.

Rapportnamn	SNI/SPIN-kod
Hela industrin	05–33
Järn- och stålindustri, inklusive järnmalmgruvor och ferrolegeringar	05.1, 07.1, 27.1–24.1, 24.51–24.52
– Stenkolsgruvor/Kol	05.1
– Järnmalmgruvor/Järnmalm	07.1
– Framställning av järn- och stålverk samt ferrolegeringar	24.1
– Tillverkning av rör, ledningar, ihåliga profiler och tillbehör av stål/stålrör mm	24.2
– Övrig primärbearbetning av stål/Övriga primärbearbetade stålprodukter	24.3
– Gjutning/gjutna produkter av järn och stål	24.51, 24.52
Övrig metall inklusive övriga gruvor	07.2–08 + 24.4, 24.53–24.54
– Andra malmgruvor och brytning av sten, sand mm	07.2–08
– Andra malmgruvor än järnmalm/Annan malm än järnmalm	07.2
– Brytning av sten, sand m.m./Sten, sand och lera	08.1
– Övriga mineralbrott/Övriga mineralprodukter	08.9
– Metallverk/Metaller exkl järn	24.4
– Gjutning/Gjutna produkter av lättmetall och övriga metaller	24.53, 24.54
Raffinaderier och kemiindustri	06, 19–21
– Raffinaderi och baskemi /raffinaderi och baskemikalier	19.1–20.1
– Raffinaderi	19.2
– Baskemikalier mm	20.1
– Bekämpningsmedel mm	20.2
– Färg, lack mm	20.3
– Rengöringsmedel mm	20.4
– Annan kemisk industri	20.5
– Konstfiber	20.6
– Läkemedel och farmaceutiska basprodukter	21.1–21.2
– Råpetroleum	06.1
– Naturgas	06.2

²⁰⁷ I rapporten används varukategori för att beskriva övergripande kategorier, främst på 2-siffrig HS/Kn-nivå, medan produktkategorier används för mer finfördelade kategorier på 4-siffrig HS/Kn.

Rapportnamn	SNI/SPIN-kod
Mineralindustri	23
– Glas- och glasvarutillverkning/Glas och glasvaror	23.1
– Tillverkning av eldfasta produkter/Eldfasta produkter	23.2
– Tillverkning av byggmaterial av lergods/Byggmaterial av lergods	23.3
– Tillverkning av andra porslinsprodukter och keramiska produkter/Andra porslin- och keramiska produkter	23.4
– Tillverkning av cement, kalk och gips/Cement, kalk och gips	23.5
– Tillverkning av varor av betong, cement och gips/Betong-, cement- och gipsvaror.	23.6
– Huggning, formning och slutlig bearbetning av sten/Stenvaror	23.7
– Tillverkning av slipmedel och övriga icke-metalliska mineraliska produkter/Slipmedel mm	23.9

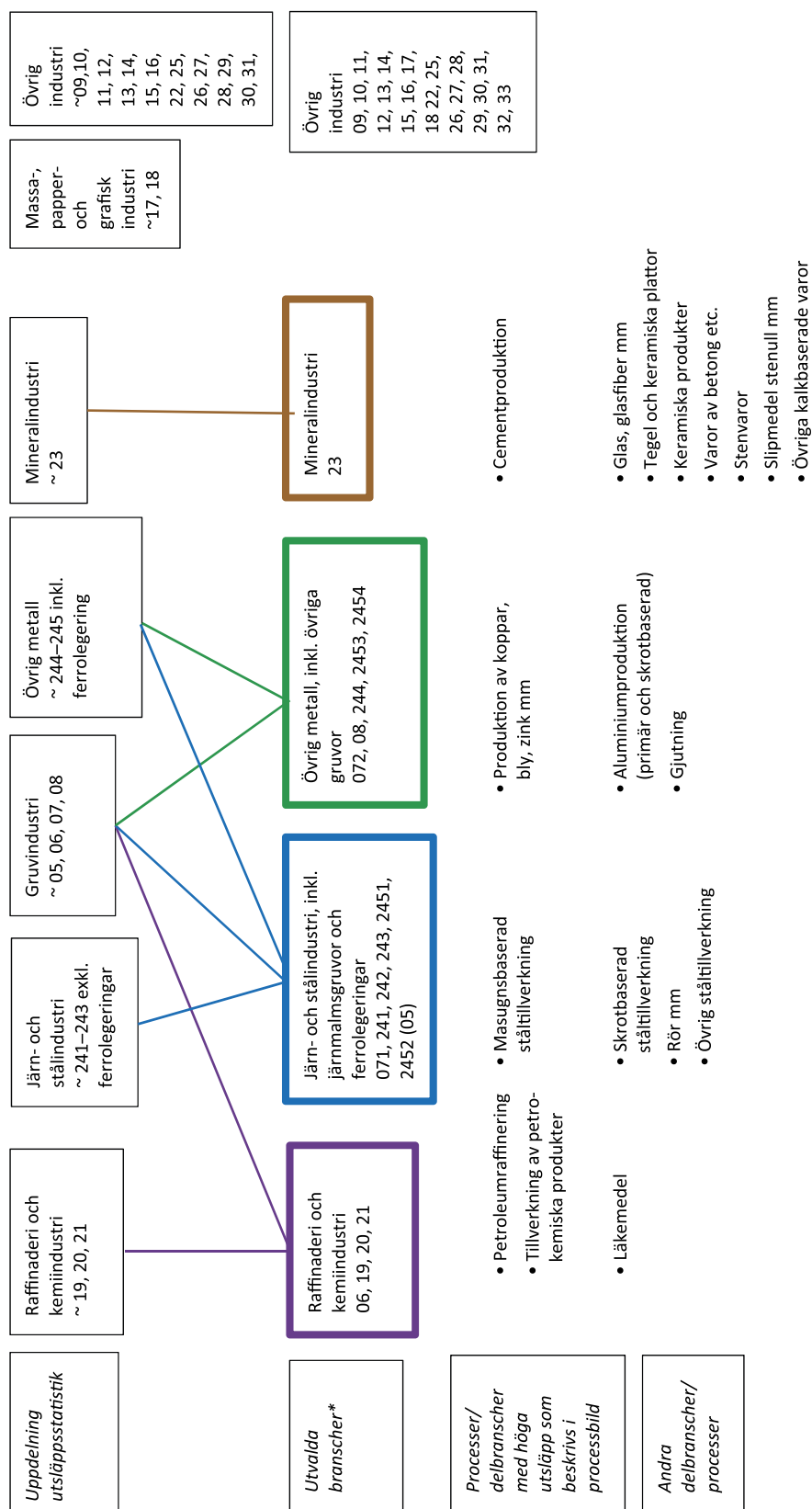
Tabell 2. Varu- och produktkategorier enligt HS/Kn och vilken bransch respektive produktkod antas tillhöra i rapporten. 2-siffrig HS/Kn kallas i rapporten för varukategori och 4-siffrig för produktkategori.

Bransch	HS/KN	Rapportnamn
Järn- och stålindustri	2601	Järnmalmprodukter
Järn- och stålindustri	2701+2704+2705	Kolprodukter
Järn- och stålindustri	2701	Kol; briketter och liknande fasta bränslen av kol
Järn- och stålindustri	270112	Stenkol
Järn- och stålindustri	2704	Koks
Järn- och stålindustri	2705	Kolbaserade gaser mm
Järn- och stålindustri	72	Järn och stål
Järn- och stålindustri	7210	Platta valsade produkter av järn eller olegerat stål.
Järn- och stålindustri	7219	Platta valsade produkter av rostfritt stål
Järn- och stålindustri	7225	Platta valsade produkter av legerat stål
Järn- och stålindustri	73	Varor av järn och stål
Järn- och stålindustri	7308	Konstruktioner och konstruktionsdelar
Järn- och stålindustri	7326	Övriga järn- och stålvaror
Järn- och stålindustri	7318	Skrudar, bultar m.m.
Övrig metall	2602-26MM/SS	Metallmalmer exklusive järnmalm
Övrig metall	2603	Kopparmalm och -koncentrat
Övrig metall	2607	Blymalm och -koncentrat
Övrig metall	2608	Zinkmalm och -koncentrat
Övrig metall	74	Koppar och kopparvaror
Övrig metall	7403	Raffinerad obearbetad koppar och kopparlegeringar
Övrig metall	7404	Kopparskrot
Övrig metall	7408	Koppartråd
Övrig metall	75	Nickel och nickelvaror
Övrig metall	76	Aluminium och aluminiumvaror
Övrig metall	7601	Obearbetad aluminium
Övrig metall	7606	Plåt och band av aluminium
Övrig metall	78	Bly och blyvaror
Övrig metall	79	Zink och zinkvaror
Övrig metall	80	Tenn och tennvaror
Övrig metall	81	Andra oädla metaller

Bransch	HS/KN	Rapportnamn
Raffinaderi och kemi – Raffinaderi	27 exkl. 2701, 2704 och 2705	Mineraliska bränslen
Raffinaderi och kemi – Raffinaderi	2709	Råolja
Raffinaderi och kemi – Raffinaderi	2710	Raffinerade oljeprodukter
Raffinaderi och kemi – Raffinaderi	2716	Ei
Raffinaderi och kemi – kemi	28	Oorganiska kemikalier mm
Raffinaderi och kemi – kemi	29	Organiska kemikalier
Raffinaderi och kemi – kemi	2937	Hormoner mm
Raffinaderi och kemi – kemi	31	Gödsel
Raffinaderi och kemi – kemi	32	Lack, färg, garvsyror mm
Raffinaderi och kemi – kemi	33	Skönhets- och kroppsvårdsmedel mm
Raffinaderi och kemi – kemi	34	Rengöringsmedel
Raffinaderi och kemi – kemi	35	Lim, proteiner mm
Raffinaderi och kemi – kemi	36	Sprängämnen mm
Raffinaderi och kemi – kemi	37	Varor för foto mm
Raffinaderi och kemi – kemi	38	Diverse kemiska produkter
Raffinaderi och kemi – Läkemedel	30	Farmaceutiska produkter
Raffinaderi och kemi – Läkemedel	3004	medikamenter
Raffinaderi och kemi – Läkemedel	3002	Blod mm
Mineralindustri	25	Cement, kalk, sten mm
Mineralindustri	2523	Cement
Mineralindustri	68	Varor av cement, gips, sten mm
Mineralindustri	6806	Stenull mm
Mineralindustri	6810	Varor av cement och betong
Mineralindustri	69	Keramiska produkter
Mineralindustri	6910	Keramiska tvättställ, badkar, WC-stolar mm
Mineralindustri	70	Glas och glasvaror
Mineralindustri	7007	Säkerhetsglas
Mineralindustri	7010	Glasflaskor- och behållare
Mineralindustri	7019	Glasfiber

Tabell 3. Statistik över växthusgasutsläpp enligt CRF.

Bransch	CRF	Ungefärlig motsvarighet SNI 2007
Järn- och stålindustri	1.A.2.a, 1.B.1, 2.C.1, 1.A.1.b, 1.A.1.b, del av 2.C.1	242–243 + del av 241
Övrig metall	1.A.2.b, 2.C.2–2.C.7	244–245 + del av 241
– Aluminiumindustrin (processutsläpp)	CRF 2.C.3	–
– Framställning av koppar, bly, zink mm (processutsläpp)	CRF 2.C.7	–
Gruvor	1.A.2.g, del av 2.C.1	05–09
Mineralindustri	1.A.2.f, 2.A,	23
Raffinaderi och kemiindustri	1.A.1.b, 1.A.2.c, 1.B.2.A, 1.B.2.C.1.1, 1.B.2.C.1.3, 1.B.2.C.2.1, 1.B.2.C.2.3, 2.B,	19–21



Figur 1. Schematisk bild av rapportens branschindelning och skillnaden mellan utsläppsstatistiken och övrig statistik. Siffrorna är SNI-koder.

*Branscher som beskrivs i egna branschkapitel.



Energimyndigheten driver på energiomställningen in i ett modernt och hållbart fossilfritt välfärdssamhälle – med hjälp av trovärdighet, helhetssyn och mod.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället.

Forskning om förnybara energikällor, smarta elnät och framtidens fordon och bränslen får stöd av oss. Vi stöttar också affärsutveckling som gör det möjligt att kommersialisera innovationer och ny teknik, och ser till att goda lösningar kan exporteras.

Vi ansvarar för Sveriges officiella statistik på energiområdet, och hanterar elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter.

Dessutom deltar vi i internationella klimatsamarbeten, och förmedlar fakta om effektivare energianvändning till hushåll, företag och myndigheter.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se