Från brunt till grönt

Bedömning av satsningarna på fossilfritt stål i Norrland utifrån ett teknik- och marknadsperspektiv

Författare: Ekon.dr David Sundén, Lakeville

Skandinaviska Policyinstitutet

Om Skandinaviska Policyinstitutet

Skandinaviska Policyinstitutet (SPI) är en icke vinstdrivande och politiskt oberoende forsknings- och public policy-organisation. SPI bedriver forskning, granskning och utvärdering av public policy. Syftet är att stärka näringslivets långsiktiga förmåga till policyutformning, med förankring i forskning och samhällsintressen, samt därmed vara till gagn för svensk konkurrenskraft. Målet är att framställa välgrundade och forskningsförankrade underlag med hög relevans för beslutsfattande, opinionsbildning och policyutformning.

Skandinaviska Policyinstitutet

Från brunt till grönt

Bedömning av satsningarna på fossilfritt stål i Norrland utifrån ett teknik- och marknadsperspektiv

Författare: Ekon.dr David Sundén, Lakeville

Om författaren

David Sundén är disputerad nationalekonom från Handelshögskolan i Stockholm. David arbetar med att analysera marknader utifrån ett nationalekonomiskt perspektiv. Det handlar bland annat om bedömningar av de samhällsekonomiska och offentligfinansiella effekterna av marknadsregleringar och teknikomställningar.

David har bland annat arbetat som rådgivare åt det tyska och det svenska finansdepartement. Han har på uppdrag skrivit samhällsekonomiska analyser åt exempelvis Nordiska Ministerrådet, Konkurrensverket och Expertgruppen för studier i offentlig ekonomi. Vissa av hans rapporter finns tillgängliga offentligt och handlar bland annat om optimal reglering av spel-, alkohol- och tobaksmarknaderna.

Författare:
Ekon.dr David Sundén, Lakeville

Innehållsförteckning

Förord ... 7
Sammanfattning ... 8
Summary ... 13

1 Inledning ... 19

2 Bruna och gröna tekniker ... 20

2.1 Dagens bruna tillverkningstekniker ... 20

2.1.1 Den traditionella bruna tillverkningsprocessen ... 20
2.1.2 Stål från ljusbågsugnar ... 21
2.1.3 Järnsvamp ... 21

2.2 Framtidens grönare tekniker ... 22

2.2.1 Stålskrot ... 23
2.2.2 CCSU ... 24
2.2.3 Omställning av existerande tekniker ... 25
2.2.4 Vätgasbaserad järnsvamp ... 25
2.2.5 Smältreduktion ... 26
2.2.6 Smältelektrolys ... 27

3 Järn- och stålmarknaderna ... 28

3.1 Marknaden för järnmalm ... 28
3.2 Marknaden för järnsvamp ... 31
3.3 Marknaden för stålskrot ... 33
3.4 Marknaden för stål ... 34

4 Svenska investeringar ... 37

4.1 Hybrit Development AB ... 37

4.1.1 Hybrit-projektet: från pilot till demonstration ... 37
4.1.2 SSAB:s framtida planer ... 38
4.1.3 LKAB:s framtida planer ... 39

4.2 H2 Green Steel ... 40

5 Bedömning av de svenska affärerna ... 41

5.1 Det nya stållandskapet ... 41
5.2 Bedömning av SSAB:s annonserade planer ... 42
5.3 Bedömning av LKAB:s annonserade planer ... 43
5.4 Bedömning av H2GS planer ... 46
5.5 Sammantagen bedömning ... 47

Referenser ... 49

Förord

Aktiv industripolitik upplever idag en global renässans – runt om i världen sker omfattande satsningar. Politiken drivs dels av den hållbarhetsagenda som pekar på behovet av omställning mot mer hållbara produktionsmetoder, dels av en många gånger uttalad önskan om att även stärka berörda regioner och nationers konkurrenskraft. I USA är Inflation Reduction Act ett exempel på en industripolitik som kommer att få konsekvenser långt utanför USA:s gränser. Likaså planerar och genomför Europa, EU och Sverige egna industripolitiska satsningar vars effekter är svåra att överblicka och därmed i behov av forskning och analys.

I Sverige utmärker sig framför allt de industripolitiska satsningarna i Norrland. För Sveriges vidkommande är dessa av en aldrig tidigare skådad omfattning. Omställningen av svensk stålindustri till fossilfria produktionsmetoder kommer under lång tid få betydande konsekvenser för miljö, konkurrenskraft, ekonomi och samhället i stort. Konsekvenserna är dock högst osäkra och satsningar är behäftade med betydande ekonomiska, tekniska och sociala risker. Inom ramen för ett större forsknings- och analysprojekt ”Svensk industripolitik” – under ledning av professor Magnus Henrekson – kommer policyinstitutet att publicera ett flertal rapporter som på olika sätt belyser dessa osäkra konsekvenser och risker.

Denna rapport, författad av ekon.dr David Sundén, är den första i serien och har gjorts inom ramen för forsknings- och utredningsprojektet ”Samhällsekonomiska effekter av att producera fossilfritt stål i norra Sverige”. Detta delprojekt syftar till att lägga grunden för en såväl företagsekonomisk som samhällsekonomisk bedömning av satsningarna på att producera fossilfritt stål i norra Sverige. Det görs genom att systematiskt sammanställa företagens planer och bedöma dem utifrån ett tekniskt, marknadsekonomiskt och samhälleligt perspektiv.

”Samhällsekonomiska effekter av att producera fossilfritt stål i norra Sverige” finansieras via ett ramanslag från Marianne och Marcus Wallenbergs Stiftelse till Institutet för Näringslivsforskning, genom bidrag från Stiftelsen tekn. doktor Ernst Wehtjes fond och Axel och Margaret Ax:son Johnsons stiftelse för allmännyttiga ändamål samt en bred krets av privatpersoner såsom Rune Andersson, Mats Arnhög, Lars Backsell, Carl Bennet, Christer Gardell, Anders Lindström, Sven Salén och ytterligare fem entreprenörer och företagsledare som önskar förbli anonyma.

Rapportförfattaren ansvarar själv för de analyser, metodval, slutsatser och rekommendationer som presenteras i rapporten. Dessa delas inte nödvändigtvis av Skandinaviska Policyinstitutet och dess företrädare.

Malmö i oktober 2023

Johan Eklund, professor
Vd Skandinaviska Policyinstitutet

Magnus Henrekson, professor
Projektansvarig

Sammanfattning

EU och ett stort antal andra länder har förbundit sig att vara klimatneutrala 2050. I kombination med Parisavtalet innebär det ett starkt tryck för omställning till klimatneutrala tekniker. Detta tryck gäller även för stålindustrin som står för 7–8 procent av de globala CO_2-utsläppen.

Gruv-, järn- och stålindustrin världen över står således inför en period med tydliga krav på omställning för att minska utsläppen och samtidigt verka med lönsamhet. Järn- och stålindustrin investerar därför i ny innovativ teknik för att minska CO_2-utsläppen. För att ställa om produktionen används ett flertal olika strategier. Strategierna omfattar ett brett spektrum av forskning – från att minska utsläppen i nuvarande anläggningar till att försöka hitta helt nya och banbrytande fossilfria tekniker att tillverka stål från järnmalm.

Sverige har mer ambitiösa mål än EU och ska vara klimatneutralt 2045. Den svenska gruv-, järn- och stålindustrin har således krav på en snabbare omställning jämfört med övriga EU och resten av världen. Till skillnad från många internationella satsningar planerar företagen i Sverige att försöka göra hela värdekedjan från gruva till stål helt fossilfri direkt, utan fossila övergångslösningar. Det ska främst ske genom att gå över till tillverkningstekniker som kräver fossilfri el.

De stora satsningarna i norra Sverige

Mot denna bakgrund har SSAB, LKAB och H2 Green Steel (H2GS) aviserat satsningar på produktion av vad som marknadsförs som fossilfritt stål i norra Norrland. Storleken på satsningarna har ingen svensk historisk motsvarighet. Trots omfattningen på projekten har inget av bolagen redovisat någon ekonomisk lönsamhetsanalys, varken företags- eller samhällsekonomisk. Samtidigt satsar bolagen på en och samma typ av teknik: produktion av järnsvamp med hjälp av vätgas, som sedan omvandlas till stål i ljusbågsugnar. LKAB avser dessutom att ställa om bolaget från att tillverka järnmalmspellets till att helt och hållet producera järnsvamp.

Syftet med denna rapport är att lägga grunden för en bedömning av lönsamheten i dessa satsningar; såväl företagsekonomiskt som samhällsekonomiskt. Det görs genom att systematiskt sammanställa företagens planer och bedöma dem utifrån ett tekniskt och marknadsekonomiskt perspektiv.

Marknaderna är inlåsta i brunt stål lång tid framöver

Koldioxidutsläppen från stålindustrin bedöms vara helt utfasade globalt tidigast 2070. Den främsta orsaken är att huvuddelen av all stålproduktion är inlåst i den traditionella tillverkningsprocessen. Det vill säga att tillverka stål via masugnar och koks med stora utsläpp som följd. Inlåsningen är som störst i Asien, i synnerhet i Kina och Indien. Inlåsningen beror på att genomsnittsåldern på masugnarna i Asien är cirka tio år med långa återstående medellivslängder på upp till 40 år.

Dessa unga masugnar matas för tillfället med hematitbaserad järnmalm från stora gruvor i Australien och Brasilien som huvudsakligen ägs av världens fyra största gruvbolag. Hematitmalmen från dessa gruvor har än så länge små förutsättningar att kostnadseffektivt kunna användas i alternativa fossilfria tillverkningstekniker – malmen har antingen för lågt järninnehåll eller är förorenad. Malmen passar i stället bra för att användas i masugnar, vilket är en beprövad och kostnadseffektiv teknik. För att kunna användas till att tillverka till exempel järnsvamp behöver hematitmalmen anrikas, vilket än så länge är för dyrt för att vara konkurrenskraftigt.

Inlåsningen i hematitmalm och masugnar framgår inte minst av att de fyra största internationella gruvbolagen menar att den traditionella processen kommer gälla även på lång sikt framöver. De uttrycker att de nuvarande fossilfria alternativen inte har någon möjlighet att minska utsläppen i någon större omfattning. I stället satsar världens fyra största gruvbolag på att först försöka göra den traditionella processen fossilfri. Endast små resurser läggs på att försöka ställa om produktionen av järnmalm så att den passar alternativa fossilfria processer.

Brunt stål kommer således att finnas på marknaden en lång tid framöver. Det tills den traditionella produktionsprocessen antingen har blivit fossilfri eller övergivits för andra klimatneutrala tekniker.

Omställningen försvåras av lågt utbud av järnmalm av rätt kvalitet

Den process som framhävs ha störst potential att minska utsläppen är: järnsvamp till stål via ljusbågsugnar. Processen är sedan länge kommersialiserad och industrialiserad men leder i dagsläget till stora utsläpp på grund av användningen av naturgas. Den kan göras fossilfri genom att först tillverka järnsvamp med hjälp av vätgas framställd av fossilfri el, för att därefter tillverka stål genom att smälta järnsvampen i ljusbågsugnar med hjälp av fossilfri el. Under rätt förutsättningar kan tekniken leda till synnerligen små eller inga utsläpp alls av koldioxid.

Metoden kräver tillgång till järnmalm av högsta kvalitet, både vad gäller järnhalt och renhet. Sådan malm handlas globalt främst som så kallade DR-pellets (Direct Reduced pellets).[1] Tillgången till sådana pellets är generellt låg eftersom järnmalmen den tillverkas från endast kan utvinnas på ett fåtal platser i världen. Mängden handelsbara DR-pellets på världsmarknaden är ännu lägre och uppgår endast till fyra procent av den globala handeln med järnmalm. Omräknat motsvarar det två procent av den globala produktionen av stål.

Den begränsade mängden handelsbara DR-pellets beror dels på att det endast finns ett fåtal gruvor där det går att bryta malm av tillräckligt hög kvalitet, dels på att de DR-pellets som framställs ofta är inlåsta i vertikalt integrerade värdekedjor. Möjligheten att skapa omfattade fossilfria värdekedjor från gruva till stål via järnsvamp och ljusbågsugnar är således begränsad och kan därför endast förväntas vara en av många vägar för att minska koldioxidutsläppen i stålindustrin.

Den begränsade tillgången innebär ekonomiska möjligheter för de bolag som har tillgång till malm av hög kvalitet, exempelvis LKAB. Malmen är väl anpassad för att säkra en fossilfri produktion av stål i senare led samtidigt som förädling av malm av lägre kvalitet än så länge inte är kostnadseffektivt.

Företag som satsar på värdekedjan järnsvamp-ljusbågsugnar och som inte har säker tillgång till DR-pellets tar en stor risk. Det eftersom de kan stå utan DR-pellets till produktionen på grund av den dåliga tillgången och på grund av att priset på DR-pellets kan förväntas stiga. Ett stort antal stålbolag världen över satsar för tillfället på att ställa om delar av sin produktion mot just sådana fossilfria värdekedjor, vilket förväntas driva upp priset på järnmalm av hög kvalitet i allmänhet och DR-pellets i synnerhet.

Nya banbrytande tekniker hotar både traditionella och nya alternativa tekniker

Inlåsningen i den traditionella processen och den begränsade tillgången till högkvalitativ malm öppnar för nya banbrytande tekniker om de kan kommersialiseras och industrialiseras. Exempel är smältreduktion och smältelektrolys. De är fortfarande i pilotstadiet och har långt kvar innan de kan visas vara konkurrenskraftiga.

Dessa tekniker har ett flertal fördelar jämfört med de redan existerande, vilket gör dem banbrytande. Den viktigaste är att de kan producera kemiskt rent järn i ett enda steg och mer eller mindre direkt från vilken typ av järnmalm som helst. Detta järn kan sedan användas för precisionstillverkning av alla typer av låg- och högkvalitativt stål.

Tekniken för smältreduktion är dessutom modulär och tillverkningen kan ske i betydligt mindre volymer än i dagens stålverk. Modulerna kräver således begränsade kapitalinsatser och begränsade arealer samtidigt som byggtiden blir kort. Produktionen kan anpassas och skalas upp efter behov. Modulariteten innebär även att det räcker med ett fåtal lyckade försök för att bevisa teknikens ekonomiska och industriella potential. Det innebär att tekniken snabbt kan komma ut på marknaden. Ytterligare en fördel är att tekniken är känd och redan används för att tillverka aluminium. För tillfället sker investeringar i USA för att bevisa att smältreduktion av järn kan kommersialiseras och industrialiseras.

Banbrytande tekniker har potentialen att förändra ståltillverkningen i grunden. Om en av dessa metoder visar sig vara kommersiellt gångbar kan den på kort tid attrahera investeringar världen över. En sådan utveckling kan fundamentalt förändra värdekedjorna och hota att göra såväl den traditionella processen som andra tillverkningsmetoder olönsamma på kort tid.

[1] De pellets som används till järnsvampstillverkning benämns DR-pellets (Direct Reduction pellets) till skillnad från de som används i masugnar BF-pellets (Blast Furnace pellets). DR-pellets måste som minst innehålla 65 procent järn och helst 67 procent järn eller mer. Det kan jämföras med BF-pellets som innehåller mindre än 65 procent järn.

Satsningarna i Norrland

LKAB, SSAB och Vattenfall har startat företaget Hybrit med syftet att demonstrera att hela värdekedjan i ståltillverkningen kan göras fossilfri, industrialiseras och kommersialiseras i stor skala. Hybrit är enbart ett pilot- och demonstrationsprojekt och utgör bara en begränsad del av företagens omställning för att minska utsläppen. Slutmålet för Hybrit är att senast 2026 kunna tillverka 1,2 miljoner ton fossilfritt råstål om året. Det ska ske genom att LKAB tillverkar fossilfria DR-pellets i Malmberget. Av dessa pellets ska LKAB därefter tillverka fossilfri järnsvamp med hjälp av vätgas, även det i Malmberget. Vätgasen ska komma från elektrolys genom fossilfri el. Järnsvampen ska därefter skeppas till SSAB i Oxelösund för att tillverka fossilfritt stål i en ljusbågsugn.

Bortom Hybrit och 2026 ska företagen utöka sin produktion av både järnsvamp och fossilfritt stål. På riktigt lång sikt (till 2050) planerar LKAB att ställa om hela företaget så att de enbart tillverkar järnsvamp. SSAB avser att ställa om från masugnar med stora utsläpp till ståltillverkning från järnsvamp och stålskrot i ljusbågsugnar drivna av fossilfri el i både Luleå och Brahestad i Finland senast 2030.

I tillägg avser H2GS att bygga anläggningar för att tillverka vad de kallar fossilfritt stål från skrot och DR-pellets i en helt vertikalt integrerad process på samma sätt som LKAB och SSAB. Målet är att 2026 tillverka 2,5 miljoner ton stål och 5 miljoner ton 2030.

Bolagens satsningar i Norrland ska till stor del förstås mot bakgrunden ovan vad gäller tekniker och marknader. För LKAB:s del gäller att deras tillgång till högkvalitativ järnmalm innebär ekonomiska möjligheter om de kan utvinna denna och producera fossilfria DR-pellets på vilka efterfrågan kan förväntas öka. Investeringarna ska också förstås mot att de stora mängderna el som behövs för att tillverka järnsvamp och stål i ljusbågsugnar. När investeringarna sker är elen i elområde SE1 än så längre relativt billig samtidigt som tillgången är stabil på grund av den vattenkraft som produceras i området.

Bedömning av LKAB:s planer

Det är inte uppenbart varför LKAB planerar att integrera sig vertikalt nedströms för att helt och hållet tillverka järnsvamp. Järnsvamp kommer inte vara premiumprodukten i värdekedjan. Orsaken är att bristvaran inte är järnsvamp utan insatsvaran till järnsvampen – det vill säga LKAB:s DR-pellets. Konkurrensen på världsmarknaden leder sannolikt till att priset på DR-pellets stiger till nivåer som gör att järnsvampen i bästa fall ger normal avkastning. De eventuella premier som fossilfritt stål genererar kan därför förväntas hamna bland annat hos de gruvbolag som har tillgång till den högkvalitativa malmen.

LKAB och SSAB skulle lika gärna ha kunnat komma överens om att SSAB tillverkar järnsvampen baserat på LKAB:s DR-pellets. Med nuvarande planer väljer LKAB att ta över huvuddelen av kapitalkostnaderna – med alla därtill hörande risker – från SSAB genom att bygga ett stort antal järnsvampsanläggningar. Detta är en okonventionell strategi och går tvärtemot de globala trenderna där de största globala stålbolagen i stället försöker integrera sig uppströms och säkra de strategiskt viktiga insatsvarorna – däribland DR-pellets och fossilfri el.

LKAB:s sammantagna planer är omfattande, både fram till 2030 och på längre sikt. Genom att integrera sig nedströms tar företaget på sig nästan alla risker som finns på de framtida järnmalms-, järn- och stålmarknaderna och inom alla områden: tekniskt, ekonomiskt och marknadsmässigt. LKAB:s projekt omfattar att:

1. ställa om hela sin produktion av pellets till fossilfria DR-pellets;
2. bygga ett stort antal kapitalintensiva järnsvampsanläggningar i en skala som aldrig tidigare genomförts och det med teknik som ännu inte demonstrerats vara kommersialiserbar och industrialiserbar;
3. bygga vätgastillverkning i en skala som aldrig tidigare genomförts, visat sig vara tekniskt möjligt eller vara ekonomiskt försvarbart;
4. bygga vätgaslager i en skala som ännu aldrig genomförts eller demonstrerats vara tekniskt möjligt eller ekonomiskt lönsamt;
5. bryta järnmalm på upp till 2 000 meters djup i både Malmberget och Kiruna i en skala som aldrig tidigare genomförts;
6. prospektera och exploatera de sällsynta jordartsmetallerna i Per Geijer-fyndigheten;
7. utvinna sällsynta jordartsmetaller och fosfor ur gruvavfall.

De flesta projekten har LKAB ingen tidigare erfarenhet av och nästan samtliga är var för sig mer omfattande än alla tidigare satsningar LKAB har gjort historiskt. Om alla LKAB:s planer ska realiseras måste företaget investera minst 50 procent av företagets omsättning årligen bara under de kommande sex åren. Då ingår varken investeringar för fortsatt prospektering och brytning av nya mineraltillgångar eller investeringar för brytning av järnmalm på djupet i Kiruna och Malmberget.

Omfattningen av kapitalinvesteringarna, den snabba takten, den okonventionella och omotiverade vertikala integreringen nedströms, de oprövade teknikerna och skalan på alla projekt innebär att LKAB:s samtliga planer framstår som riskabla och svåra att realisera. Risken är att en eller flera av satsningarna fallerar och att bolaget på grund av detta förlorar fokus på sin mest värdefulla tillgång: den högkvalitativa järnmalmen.

Bedömning av SSAB:s planer

Många av stålverken i Europa har aviserat att de kommer pensionera sina ålderstigna masugnar och gå över till ljusbågsugnar. SSAB:s strategi att tillverka stål i ljusbågsugnar från järnsvamp och skrot med hjälp av mer eller mindre fossilfri el är således långt ifrån unik. SSAB:s masugnar är ålderstigna och kan inte drivas vidare utan fortsatt höga utsläpp. Bolaget har tillgång till relativt billig fossilfri el i både Sverige och Finland och har en etablerad infrastruktur för tillverkning av stål. Bolagets investeringar för att lägga om produktionen ska därför snarare ses som en realekonomisk nödvändighet för att överleva än som en investering i lägre koldioxidutsläpp.

I och med SSAB:s omställning blir bolagets framtida lönsamhet starkt beroende av prisutvecklingen på insatsvarorna: el, stålskrot och järnsvamp som samtliga är hårt internationellt konkurrensutsatta. Riskerna för SSAB gäller främst priset på el och priset på stålskrot.

Priset på SSAB:s fossilfria stål kommer till viss del att sättas av elpriset. Det både på grund av SSAB:s egen användning av el, men till större del på grund av den elanvändning som LKAB behöver för att tillverka järnsvamp. Elpriset kan bli både högt och volatilt dels på grund av en allmänt ökad efterfrågan på el, dels på grund av LKAB:s utbyggnad av sina järnsvampsanläggningar. Det finns således en prisrisk för SSAB om LKAB kannibaliserar på sig själva och driver upp priset på el i takt med att de bygger ut sin produktion av järnsvamp och ökar sin efterfråga på el.

SSAB kommer även att använda upp till 50 procent stålskrot i sin produktion. Utvecklingen av stålskrotsmarknaden är osäker. Därför har de största stålproducenterna i världen påbörjat en konsolidering av skrotmarknaden genom att köpa upp skrotföretag för att säkra sin tillgång till skrot i framtiden. Samtidigt ställer många europeiska stålverk om till ljusbågsugnar. Framtiden för mindre stålverk blir därmed mer osäker när tillgången till handelsbart stålskrot minskar samtidigt som efterfrågan ökar. Risken är därför att priset på stålskrot stiger betydligt i framtiden och slår mot de stålverk som går över till ljusbågsugnar.

SSAB satsar på att fossilfritt stål är en lönsam differentiering på marknaden. Om SSAB kan sälja fossilfritt stål med en premie är det relativt enkelt för de europeiska ståltillverkarna att följa efter. Samtidigt kommer den traditionella processen och brunt stål att förbli dominerande under en lång tid framöver. Efterfrågan på stål måste anpassa sig till detta faktum. Slutkonsumenterna kan inte förvänta sig tillgång till fossilfritt stål i större mängder på lång tid. SSAB kommer därför fortsatt möta hård konkurrens på stålmarknaden från både grönt och brunt stål och i bästa fall kunna ta betalt för sitt stål med en begränsad premie.

Bedömning av H2GS planer

H2GS satsar precis som SSAB på att fossilfritt stål är en framtida lönsam differentiering på marknaden. De kommer på samma sätt som SSAB möta de risker och den problematik som nämnts ovan vad gäller konkurrens, elpriser och skrotpriser.

Utöver detta tillkommer att H2GS inte har säker tillgång till DR-pellets för att kunna tillverka järnsvamp. H2GS verkar i sin affärsplan ha utgått från att de ska få tillgång till LKAB:s fossilfria DR-pellets. Det kan troligtvis aldrig ha varit eller komma att bli ett realistiskt alternativ. LKAB avser i ett första skede att tillverka fossilfria DR-pellets i Malmberget. Den mängden räcker till att enbart producera SSAB:s behov av järnsvamp. Därefter är tanken att bygga ut i Malmberget i en takt som sammanfaller med SSAB:s ökade behov.

Efter 2030, när LKAB ställt om produktionen i Kiruna, är det osäkert om LKAB kommer vilja sälja malm till H2GS eftersom LKAB:s plan för Kiruna fokuserar på järnsvamp som slutprodukt. Eventuellt överskott av DR-pellets kan visserligen säljas på världsmarknaden som H2GS kan köpa. Det betyder inte att H2GS garanteras tillgång eftersom andra aktörer kan bjuda över. H2GS har därför tvingats att importera DR-pellets från Kanada och Brasilien. Det kommer sannolikt att gälla för lång tid framöver.

Problemet med den osäkra tillgången till DR-pellets är de prisrisker och de risker för att H2GS anläggningar tvingas köras med begränsad kapacitet, vilket slår mot lönsamheten om de realiseras. Det alternativ som finns är att använda en högre grad stålskrot eller blanda in malm av lägre kvalitet. Sådana åtgärder slår mot lönsamheten eftersom det försämrar både kvaliteten på stålet och energieffektiviteten. Risken finns att H2GS järnsvampsanläggning tvingas producera under sin kapacitet och därmed inte kan täcka sina kapitalkostnader.

H2GS menar att deras import och export av DR-pellets, stålskrot och färdigt stål ska transporteras på Malmbanan. Malmbanan är ansträngd enligt Trafikverket. I värsta fall kan transporterna mellan Luleå hamn och H2GS i Boden tvingas ske med lastbil. Utsläppen från sådana transporter ska då läggas till att H2GS inte kan tillverka fossilfritt stål eftersom delar av tillverkningen innebär utsläpp från naturgasanvändning. I sämsta fall kommer H2GS produktion av stål innebära utsläpp på över 0,75 miljoner ton koldioxid per år vid full produktion 2030. Innan dessa problem är lösta blir det svårt att sälja H2GS stål som fossilfritt och därmed inte betinga någon premie. Om så blir fallet kommer H2GS affär få problem med lönsamheten.

H2GS ska under kommande tre år bygga en av världens största vätgasfabriker, en ny toppmodern järnsvampsanläggning baserad på vätgasteknik, en ljusbågsugn samt efterföljande anläggningar för tillverkning av handelsfärdigt stål och stålprodukter. Tidplanen är redan försenad och riskerar att fördröjas ytterligare om H2GS inte inom en snar framtid helt säkrar en långsiktig tillgång till DR-pellets och järnvägstransporter.

Mot bakgrund av H2GS alla olösta problem framstår deras planer som svåra att realisera inom uppsatta tidplaner och med lönsamhet.

Sammantagen bedömning

LKAB:s, SSAB:s och H2GS satsningar grundar sig på samma teknik och är inte banbrytande, varken i teknisk eller kommersiell mening. Satsningarna kan inte förväntas leda till några omvälvande effekter på vare sig stålets kvalitet eller produktionskostnader. Det krävs fortsatt stora investeringar och teknikerna i sig själva ger inga konkurrensfördelar – förutom möjligheten att tillverka fossilfritt stål. I slutändan är det endast LKAB:s komparativa fördel med tillgång till högkvalitativ järnmalm som kan motivera företagens satsningar i Norrland.

Denna fördel kan snabbt suddas ut om någon banbrytande teknik visar sig kommersiellt framgångsrik. För ett sådant scenario har inget av bolagen några motmedel – varken tekniska eller ekonomiska – eftersom de lagt alla ägg i en och samma korg. De investeringar bolagen nu gör kan således vara föråldrade och olönsamma redan på medellång sikt, utan att bolagen har några alternativ att falla tillbaka på.

Trots alla risker tar bolagen ut framgångarna i förskott i sin marknadsföring av vad de kallar fossilfritt stål. Verkligheten 2030 kan mycket väl innebära att inget av bolagen har lyckats med sina satsningar. I värsta fall har LKAB genom olönsamma investeringar slarvat bort en av Sveriges största tillgångar – den svenska högkvalitativa järnmalmen.

Summary

The EU member states, and many other countries have committed to being climate neutral by 2050. Combined with the Paris Agreement, this puts pressure on the transition to climate neutral technologies. This pressure also applies to the steel industry, which accounts for 7–8 percent of global CO_2 emissions.

The mining, iron, and steel industries worldwide are therefore facing a period with clear requirements for transitioning to reduce emissions while maintaining profitability. Consequently, the iron and steel industries are investing in new innovative technologies to reduce CO_2 emissions. Several different strategies are being used to transform production. These strategies encompass a wide range of research, from reducing emissions in current facilities to finding completely new and groundbreaking fossil-free techniques for steel production from iron ore.

Sweden has more ambitious goals than the EU and aims to be climate neutral by 2045. Therefore, the Swedish mining, iron, and steel industries face demands for a faster transition compared to the rest of the EU and the world. Unlike many international efforts, companies in Sweden plan to make the entire value chain from mining to steel production completely fossil-free directly, without transitional fossil-based solutions. This will primarily be achieved by transitioning to manufacturing technologies that require fossil-free electricity.

The major initiatives in northern Sweden

Considering this background, SSAB, LKAB, and H2 Green Steel (H2GS) have announced investments in the production of what is marketed as fossil-free steel in northern Norrland, Sweden. The scale of these investments has no historical equivalent in Sweden. Despite the magnitude of the projects, none of the companies have provided any financial profitability analysis, either at the company or societal level. At the same time, the companies are all investing in the same type of technology: the production of sponge iron using hydrogen, which is then converted into steel in electric arc furnaces. LKAB also intends to transition from manufacturing iron ore pellets to exclusively producing sponge iron.

The purpose of this report is to lay the foundation for an assessment of the profitability of these investments, both from a company and societal perspective. This is done by systematically compiling the companies' plans and evaluating them from a technical and economic perspective.

Markets are locked into brown steel for a long time to come

The carbon dioxide emissions from the steel industry are estimated to be completely phased out globally no earlier than 2070. The primary reason is that most steel production is locked into the traditional manufacturing process, which involves using blast furnaces and coke, resulting in significant emissions. The highest level of lock-in is found in Asia, particularly in China and India. This lock-in is due to the relatively young age of blast furnaces in Asia, with remaining lifespans of up to 40 years.

Currently, these young blast furnaces are primarily fed with hematite-based iron ore from large mines in Australia and Brazil, mainly owned by the world's four largest mining companies.

The hematite ore from these mines has so far little potential for cost-efficient use in alternative fossil-free manufacturing technologies – the ore either has too low an iron content or is contaminated. Instead, the ore is well-suited for use in blast furnaces, which is a proven and cost-efficient technology. To be used to make sponge iron, for example, hematite ore needs to be enriched, which is still too expensive to be competitive.

The lock-in to hematite ore and blast furnaces is demonstrated not least by the fact that the four largest international mining companies believe that the traditional process will continue to apply in the long term. They argue that existing fossil-free alternatives have no significant potential to reduce emissions. Instead, the world's four largest mining companies are focusing on trying to make the traditional process fossil-free. Only limited resources are being allocated to transitioning iron ore production to fit alternative fossil-free processes.

Brown steel will therefore be on the market for a long time to come. That will be the case until the traditional production process is either fossil-free or abandoned for other climate-neutral technologies.

Transition hampered by low supply of the right quality of iron ore

Sponge iron to steel via electric arc furnaces is the process highlighted as having the greatest potential to reduce CO_2 emissions. The process has long been commercialized and industrialized but currently results in high emissions due to the use of natural gas. It can be made fossil-free by first producing sponge iron using hydrogen produced from fossil-free electricity, and then producing steel by melting the sponge iron in electric arc furnaces using fossil-free electricity. Under the right conditions, the technology can lead to very low or no carbon dioxide emissions.

The method requires access to iron ore of the highest quality, both in terms of iron content and purity. Such ore is traded globally mainly as so-called DR pellets (Direct Reduced pellets).[2] The availability of such pellets is generally low because the iron ore from which they are made can only be extracted in a few places worldwide. The amount of tradable DR pellets in the global market is even lower, accounting for only four percent of global iron ore trade. This translates to two percent of global steel production.

The limited availability of tradable DR pellets is because there are only a few mines where ore of sufficient quality can be mined and because the DR pellets produced are often locked within vertically integrated value chains. The possibility of creating comprehensive fossil-free value chains from mine to steel via sponge iron and electric arc furnaces is thus limited and can therefore only be expected to be one of many pathways to reduce carbon dioxide emissions in the steel industry.

The limited availability presents economic opportunities for companies that have access to high-quality ore, such as LKAB. The ore is well-suited to secure fossil-free steel production in later stages, while processing lower-quality ore is not yet cost-efficient.

Companies that invest in the sponge iron–electric arc furnace value chain and do not have secure access to DR pellets are taking a significant risk. This is because they may face a shortage of DR pellets for production due to limited availability and the expected increase in its price. Currently, many steel companies worldwide are investing in transitioning parts of their production to such fossil-free value chains, which is expected to drive up the price of high-quality iron ore in general and DR pellets in particular.

Breakthrough technologies threaten both traditional and new alternative technologies

The lock-in to the traditional process and the limited availability of high-quality ore create opportunities for new groundbreaking technologies if they can be commercialized and industrialized. Examples include smelting reduction and smelting electrolysis. They are still in the pilot stage and have a long way to go before they can be shown to be competitive.

These technologies have several advantages compared to existing ones, making them groundbreaking. Most importantly, they can produce chemically pure iron in a single step, directly from any type of iron ore. This iron can then be used for precision manufacturing of all types of low- and high-quality steel.

Moreover, smelting reduction is modular, allowing production in much smaller volumes than today's steelworks. The modules require limited capital investment and space, while construction time is short. Production can be adjusted and scaled up as needed. The modularity also means that a few successful trials are enough to demonstrate the technology's economic and industrial potential, enabling a quick market entry. Another advantage is that the technology is already known and used for aluminium production. Currently, investments are being made in the United States to prove the commercial viability and industrialization of smelting reduction.

Groundbreaking technologies have the potential to fundamentally change steelmaking. If one of these methods proves to be commercially viable, it can quickly attract massive investments worldwide. Such a development could fundamentally change value chains and threaten to make both the traditional process and other manufacturing methods unprofitable in a short period of time.

[2] The pellets used for sponge iron production are called DR pellets (Direct Reduced pellets) as opposed to BF pellets (Blast Furnace pellets). DR pellets must contain at least 65% iron and preferably 67% iron or more. This compares to BF pellets which contain less than 65% iron.

Initiatives in Norrland

LKAB, SSAB, and Vattenfall have started the company Hybrit with the aim of demonstrating that the entire value chain in steel production can be made fossil-free, industrialized, and commercialized on a large scale. Hybrit is only a pilot and demonstration project and represents only a limited part of the companies' transition to reduce emissions. The goal of Hybrit is to produce 1.2 million tons of fossil-free crude steel per year by 2026. This will be done by LKAB manufacturing fossil-free DR pellets in Malmberget. LKAB will then produce fossil-free sponge iron from these pellets using hydrogen, also in Malmberget. The hydrogen will be generated through electrolysis using fossil-free electricity. The sponge iron will then be shipped to SSAB in Oxelösund to produce fossil-free steel in an electric arc furnace.

Beyond Hybrit and 2026, the companies plan to expand their production of both sponge iron and fossil-free steel. In the long term (by 2050), LKAB plans to transition the entire company to produce only sponge iron. SSAB intends to shift from blast furnaces with high emissions to steel production from sponge iron and steel scrap in electric arc furnaces powered by fossil-free electricity in both Luleå and Brahestad in Finland by 2030.

In addition, H2GS intends to build facilities to produce what they call fossil-free steel from scrap and DR pellets in a fully vertically integrated process, similar to LKAB and SSAB. Their goal is to produce 2.5 million tons of steel by 2026 and 5 million tons by 2030.

The investments made by these companies in Norrland are largely driven by the above-mentioned factors related to technologies and markets. For LKAB, their access to high-quality iron ore presents economic opportunities if they can extract it and produce fossil-free DR pellets, for which demand can be expected to increase. The investments also consider the large amounts of electricity required for producing sponge iron and steel in electric arc furnaces. At the time of the investments, the electricity in the SE1 area is relatively inexpensive, and the supply is stable due to the hydropower generated in the region.

Assessment of LKAB's plans

It is not apparent why LKAB plans to vertically integrate downstream to solely produce sponge iron. Sponge iron will not be the premium product in the value chain. The reason is that the scarcity lies not in sponge iron but in the input material for sponge iron, namely LKAB's DR pellets. Competition in the global market is likely to drive up the price of DR pellets to levels where sponge iron, at best, yields a normal return. Therefore, any premiums generated by fossil-free steel can be expected to benefit the mining companies that have access to the high-quality ore.

LKAB and SSAB could have just as easily agreed that SSAB would produce sponge iron based on LKAB's DR pellets. With the current plans, LKAB chooses to assume most of the capital costs, along with associated risks, from SSAB by building many sponge iron plants. This is an unconventional strategy and goes against the global trend where the largest global steel companies instead are trying to integrate upstream and secure strategically important input materials, including DR pellets and fossil-free electricity.

LKAB's overall plans are extensive, both until 2030 and in the long term. By integrating downstream, the company takes on almost all the risks involved in future iron ore, iron, and steel markets, in all areas: technical, economic, and market-related. LKAB's project includes:

1. transition their entire pellet production to fossil-free DR pellets;
2. build a number of capital-intensive sponge iron plants on an unprecedented scale, using technologies that have not yet been demonstrated to be commercially viable and industrializable;
3. establish hydrogen production on a scale that has never been done before, proven to be technically feasible or economically viable;
4. construct hydrogen storage on a scale that has never been implemented or demonstrated to be technically possible or economically profitable;
5. mine iron ore at depths of up to 2,000 meters in both Malmberget and Kiruna on a scale never before undertaken;
6. prospect and exploit the rare earth elements in the Per Geijer deposit;
7. extract rare earth metals and phosphorus from mining waste.

For most of the projects LKAB has no previous experience and almost all of them are individually more extensive than any previous undertakings that LKAB has made historically. If all LKAB's plans are to be realized, the company must invest at least 50 percent of its annual turnover for the next six years alone. This does not include investments for continued prospecting and extraction of new mineral resources or investments for deep iron ore mining in Kiruna and Malmberget.

The magnitude of the capital investment, the rapid pace, the unconventional and unjustified vertical integration downstream, the untested technologies and the scale of all projects mean that all LKAB's plans appear risky and difficult to realize. The risk is that one or more of the initiatives will fail and that the company will lose focus on its most valuable asset: the high-quality iron ore.

Assessment of SSAB's plans

Many steelworks in Europe have announced that they will retire their aging blast furnaces and switch to electric arc furnaces. Therefore, SSAB's strategy of producing steel in electric arc furnaces from sponge iron and scrap using mostly fossil-free electricity is far from unique. SSAB's blast furnaces are old and cannot be operated without continued high emissions. The company has access to relatively cheap fossil-free electricity in both Sweden and Finland and has an established infrastructure for steel production. Therefore, the company's investments to transition its production should be seen more as an economic necessity for survival rather than an investment to attain lower carbon emissions.

As a result of SSAB's transition, the company's future profitability will be heavily dependent on the price development of its inputs: electricity, steel scrap and sponge iron, all of which are subject to strong international competition. The risks for SSAB mainly concern the price of electricity and the price of steel scrap.

The price of SSAB's fossil-free steel will to some extent be set by the price of electricity. This is both because of SSAB's own use of electricity, but to a greater extent because of the electricity that LKAB needs to produce sponge iron. Electricity prices can be both high and volatile, partly due to a general increase in demand for electricity and partly due to LKAB's expansion of its sponge iron facilities. There is thus a price risk for SSAB if LKAB cannibalizes on itself and drives up the price of electricity as it expands its sponge iron production and increases its demand for electricity.

SSAB will also use up to 50 percent steel scrap in its production. The future of the steel scrap market is uncertain. Consequently, major steel producers worldwide have initiated a consolidation of the market by acquiring scrap companies to secure their future access to scrap. At the same time, many European steel mills are converting to electric arc furnaces. The future of smaller steel mills thus becomes more uncertain as the supply of tradable steel scrap decreases while demand increases. There is a risk that the price of steel scrap will rise significantly in the future, impacting those steel mills that switch to electric arc furnaces.

SSAB is betting that fossil-free steel is a profitable way to differentiate itself in the market. If SSAB can sell fossil-free steel at a premium, it is relatively easy for European steel producers to follow suit. At the same time, the traditional process and brown steel will be dominant for a long time to come. The demand for steel must adapt to this fact. End consumers cannot expect access to fossil-free steel in large quantities for a long time. SSAB will therefore continue to face fierce competition in the steel market from both green and brown steel and at best be able to charge a limited premium for its steel.

Assessment of H2GS's plans

H2GS, like SSAB, is also investing in the belief that fossil-free steel will be a profitable product differentiation in the market. They will face the same risks and challenges as mentioned above, including competition, electricity prices, and scrap prices.

Additionally, H2GS does not have a secure supply of DR pellets to produce sponge iron. In their business plan, H2GS seems to have assumed access to LKAB's fossil-free DR pellets, which may never have been or may not become a realistic option. LKAB plans to initially produce fossil-free DR pellets in Malmberget, which will only be sufficient to meet SSAB's sponge iron needs. The plan is then to expand in Malmberget at a pace that aligns with SSAB's increased demand.

After 2030, when LKAB transitions its production in Kiruna, it is uncertain wether LKAB will want to sell ore to H2GS, as their plan for Kiruna focuses on sponge iron as the final product. Any surplus of DR pellets could be sold on the global market, which H2GS could purchase. However, this does not guarantee H2GS access, as other players can outbid them. Therefore, H2GS has been forced to import DR pellets from Canada and Brazil, which will likely continue for a long time.

The problem with the uncertain availability of DR pellets is the price risk and the risk that H2GS plants will have to run at limited capacity, which will affect profitability. The alternative is to use a higher grade of steel scrap or blend in lower-quality ore. Such measures have a negative impact on profitability as they reduce both the quality of the steel and the energy efficiency. There is a risk that the H2GS sponge iron plant may have to produce below its capacity and not be able to cover its capital costs.

H2GS claims that their imports and exports of DR pellets, steel scrap and finished steel should be transported on the Malmbanan railway. According to the Swedish Transport Administration, the Malmbanan railway is strained. In the worst case, transportation between Luleå harbour and H2GS in Boden may have to be done by truck. The emissions from such transportation should then be added to the fact that H2GS cannot produce fossil-free steel because parts of the production involve emissions from the use of natural gas. In the worst-case scenario, H2GS steel production will result in emissions of over 0.75 million tons of carbon dioxide per year at full production by 2030. Until these problems are solved, it will be difficult to sell H2GS steel as fossil-free and thus not pay a premium. If this is the case, the H2GS business will face profitability issues.

Over the next three years, H2GS plans to build one of the largest hydrogen plants in the world, a new state-of-the-art sponge iron plant based on hydrogen technology, an electric arc furnace and subsequent facilities to produce finished steel and steel products. The schedule is already delayed, and risks being further delayed if H2GS does not fully secure long-term access to DR pellets and rail transportation soon.

Given all H2GS's unresolved issues, their plans appear difficult to realize within the set timelines and with profitability.

Overall assessment

LKAB's, SSAB's, and H2GS's investments are based on the same technology and are not groundbreaking, either in technical or commercial terms. These investments are not expected to lead to any revolutionary effects on the quality or production costs of steel. Continued significant investments are required, and the technologies themselves do not provide any competitive advantages, except for the ability to produce fossil-free steel. In the end, it is only LKAB's comparative advantage of having access to high-quality iron ore that can justify the companies' investments in Norrland.

This advantage can be quickly erased if some breakthrough technology proves commercially successful. In such a scenario, none of the companies have any countermeasures – either technical or financial – because they have put all their eggs in one basket. The investments they are currently making may therefore become obsolete and unprofitable already in the medium term, with no alternatives to fall back on.

Despite all the risks, the companies are prematurely claiming success in their marketing of what they call fossil-free steel. The reality in 2030 may very well be that none of the companies have succeeded in their investments. In the worst case, LKAB has squandered one of Sweden's greatest assets – the high-quality Swedish iron ore – through unprofitable investments.

1 Inledning

SSAB, LKAB och H2GS har aviserat omfattande satsningar på produktion av vad de marknadsför som ”fossilfritt” eller ”grönt” stål i Norrland. Storleken på satsningarna har ingen svensk historisk motsvarighet. Bolagens kommunicerade planer är knapphändiga samtidigt som de ekonomiska och tekniska detaljerna är begränsade och utspridda i ett stort antal källor.

Trots omfattningen av projekten har inget av bolagen redovisat någon ekonomisk lönsamhetsanalys, varken företagsekonomisk eller samhällsekonomisk. Vad gäller LKAB är detta synnerligen anmärkningsvärt eftersom bolaget ägs av staten och dess planer är så omfattande att de kommer få betydande samhällsekonomiska konsekvenser om de realiseras.

Syfte

Syftet med denna rapport är att lägga grunden för oberoende ekonomiska analyser av projekten. Det genom att systematiskt sammanställa företagens planer och bedöma dem utifrån ett tekniskt och marknadsekonomiskt perspektiv.

Metod

För att kunna sätta in de tre bolagens satsningar i ett större perspektiv sammanställs och beskrivs först ståltillverkningens äldre och nyare tillverkningstekniker. Med detta som bakgrund sammanställs och beskrivs även de globala järn- och stålmarknaderna. Därefter sammanställs mer i detalj företagens enskilda planer och satsningar. Rapporten avlutas med att planerna bedöms utifrån ett globalt marknads- och teknikperspektiv där risker och komparativa fördelar analyseras.

2 Bruna och gröna tekniker

2.1 Dagens bruna tillverkningstekniker[3]

2.1.1 Den traditionella bruna tillverkningsprocessen

Traditionell ståltillverkning sker i fyra större processteg.

1. **Behandling och anrikning.** I det första steget behandlas och anrikas styckejärnmalm från gruvan till intermediära järnmalmsprodukter som lämpar sig för handel och transporter. Detta har skapat en internationell marknad för olika järnmalmsprodukter såsom sinter, fines och pellets.
2. **Syrereduktion.** I det andra steget avlägsnas syret från de intermediära järnmalmsprodukterna för att tillverka smält råjärn. Det sker genom att tillsätta koks och järnmalm i masugnar. Råjärnet kan i smält form levereras till ståltillverkning i det tredje steget. Råjärnet kan även handlas på den internationella järnmarknaden som till exempel tackjärn.
3. **Kolreduktion.** I det tredje steget reduceras kolhalten i järnet samtidigt som stålskrot och eventuella legeringsmetaller tillsätts för att få ett stål som stämmer med den beställda specifikationen. Stålet skickas flytande vidare som råstål till steg 4.
4. **Ståltillverkning.** I det fjärde steget bearbetas det flytande råstålet till handelsstål eller specialstål i form av olika typer av intermediära stålprodukter som plåt, band-, stång- eller rörstål.

Vertikal integrering i den traditionella tillverkningsprocessen

Stegen kan vara mer eller mindre tekniskt och ekonomiskt vertikalt integrerade beroende på vilken teknik som används, tillgång till energikällor, transportmöjligheter och andra faktorer. Den tekniska integrationen av steg 2–4 i så kallade stålverk beror på att stora mängder energi krävs för att smälta järnet och avlägsna syret i steg 2. Denna tillförda värmeenergi kan med fördel användas i efterkommande steg. Masugnarna i steg två är den mest kapitalintensiva delen i stålverket och har en livstid på 40 år eller mer. Investeringsbeslutet för ett stålverk som helhet drivs därför till stor del av investeringen i masugnarna.

Vertikal integration med insatsvarumarknaden

Den ekonomiska integrationen av steg 1 (behandling och anrikning av malm) till de övriga stegen motiveras främst av tillgång till råvaror, leveranssäkerhet och kostnadskontroll. Både Baowu och ArcelorMittal, världens två största ståltillverkare, har en uttalad strategi för full vertikal integration. De äger järnmalmsgruvor och stålskrotsproducenter och är även väl integrerade på kolmarknaden. De äger kolgruvor och har kokstillverkning för att säkra alla delar i tillverkningsprocessen.[4]

Koldioxidutsläpp i den traditionella tillverkningsprocessen

Den traditionella tillverkningsprocessen släpper ut mellan 1,9–2,2 ton CO_2 per producerat ton stål.[5] Utsläppen sker under alla steg i processen, men mer än 50 procent av utsläppen uppkommer när järnmalmen syrereduceras tillsammans med koks och smälts till järn, steg 2.[6] Övriga utsläpp kommer från tillverkning av koks (cirka 10 procent) och intermediära järnmalmsprodukter (cirka 10 procent). Även vid ståltillverkningen och bearbetningen till handelsstål sker utsläpp (cirka 10 procent vid varje steg). CO_2-utsläppen varierar starkt efter land, anläggning och vilka insatsprodukter som används.[7]

---

[3] Processerna som beskrivs nedan kan i många fall kompletteras och kombineras i ett flertal versioner. Den förenklade framställningen här motiveras av att kunna ge en övergripande förståelse av de tekniska processerna med fokus på CO_2-utsläpp, vertikal integrering och värdekedjor.
[4] Baowu (2018) och McKinsey & Company (2014).
[5] International Energy Agency (2020) och Somers (2022).
[6] International Energy Agency (2020) och Somers (2022).
[7] Somers (2022).

2.1.2 Stål från ljusbågsugnar

Ljusbågsugnar är ett alternativt sätt att smälta och reducera kolhalten i järn och använder en elektrisk ljusbåge för att smälta metaller. Genom hög spänning över två elektroder skapas en ljusbåge som genererar tillräckligt med värme för att smälta metallerna i malmen. Ljusbågsugnar omvandlar järn, stålskrot och järnsvamp[8] till stål och motsvarar kolreduktionen i steg 3 i den traditionella processen.

Av de knappt två miljarder ton stål som producerades under 2021 tillverkades cirka 30 procent i ljusbågsugnar. Främst då från stålskrot.[9] Sedan 1970 har andelen stål som tillverkats i ljusbågsugnar ökat kraftigt.

Koldioxidutsläpp med ljusbågsugnar

Om elen som används för att smälta järn och stålskrot kommer från förnybara källor kan CO_2-utsläppen från ljusbågsugnar potentiellt minska utsläppen till noll, givet rätt förutsättningar.[10] I praktiken sker utsläpp från användningen av grafit-elektroder, viss inblandning av naturgas i processen samt indirekta utsläpp via fossilbaserad elproduktion. På grund av detta bidrar ljusbågsugnar i dagsläget i praktiken inte till lägre CO_2-utsläpp jämfört med kolreduktionen som sker i steg 3 i den traditionella processen.[11]

Ljusbågsugnarnas betydelse för den vertikala integreringen

Ljusbågsugnar är en separat teknik som inte är beroende av den traditionella processen för att tillverka stål. Insatsvarorna består av järnprodukter eller stålskrot. Produktionen har därför inga tekniska fördelar av att vara integrerad med tillverkningen av smält råjärn, eftersom järnet och stålskrotet smälts i ljusbågsugnen. Däremot finns det tekniska och ekonomiska skäl att ljusbågsugnarna är integrerade med ståltillverkningen i steg 4 eftersom den kvarvarande värmeenergin i det smälta råstålet kan utnyttjas.

De skilda förutsättningarna mellan teknikerna framgår bland annat av att det finns cirka 116 mindre stålverk med ljusbågsugnar över hela Europa som står för knappt 45 procent av ståltillverkningen.[12] Det i stark kontrast till de 27 traditionella stålverken som producerar de resterande 55 procenten.[13]

2.1.3 Järnsvamp

Direktreduktion av järnmalm till järnsvamp är en alternativ metod att avlägsna syret från järnmalmen och motsvarar steg 2 i den traditionella processen. Malmen som syrereduceras är främst pellets och styckemalm med ett högt järninnehåll och fri från orenheter.[14] Uppskattningsvis tillverkas 75 procent av all järnsvamp enbart med pellets, medan resterande 25 procent tillverkas av en mix av pellets och styckemalm.[15] Järnsvamp benämns även som Direct Reduced Iron (DRI).

Produktionsprocess

Järnsvampen tillverkas genom att syret i järnmalmen reduceras främst med hjälp av en syntesgas (vätgas och kolmonoxid) som framställts ur naturgas.[16] Syrereduktionen kan ske vid relativt låga temperaturer, cirka 800° C, det vill säga reduktionen sker i fast form utan att järnet behöver smältas. Produktionen av järnsvamp är flexibel och processen är relativt enkel att starta och stanna. Dessutom kan tillverkningen skalas upp i relativt små steg, vilket gör investeringar och utbyggnad enklare.

---

[8] Järnsvamp, eller direktreducerat järn (DRI), är en form av järn som framställs genom att reducera järnmalm i form av pellets eller pulver i en reaktor med hjälp av en ström av väte eller koldioxid.
[9] World Steel Association (2022).
[10] International Energy Agency (2020).
[11] Utsläppen blir i grova drag lika stora. Cirka 0,2 ton CO_2 per ton stål. Somers (2022).
[12] Eurofer (2022).
[13] Eurofer (2022).
[14] Linklater (2021).
[15] Midrex (2022b).
[16] Upp till 20 procent av produktionen av järnsvamp sker med hjälp av kol, främst i Indien, vilket resulterar i betydande CO_2-utsläpp.

Järnmalmen måste än så länge vara ren med högt järninnehåll

I en masugn avlägsnas föroreningar som slagg i smältprocessen. Men eftersom järnmalmen inte smälts vid tillverkningen av järnsvamp koncentreras i stället föroreningarna i järnsvampen. Kvaliteten på järnsvampen står därför i direkt relation till kvaliteten på den järnmalm som används.[17] Dessutom påverkar järnmalmens innehåll både energieffektiviteten och det slutliga metallinnehållet i järnsvampen. Kraven på de järnpellets som används för att tillverka järnsvamp är därför högre än för vanliga järnmalmspellets.[18]

De pellets som används till järnsvampstillverkning benämns DR-pellets (Direct Reduction pellets) till skillnad från de som används i masugnar BF-pellets (Blast Furnace pellets). DR-pellets måste som minst innehålla 65 procent järn och helst 67 procent järn eller mer. Det kan jämföras med BF-pellets som innehåller mindre än 65 procent järn.[19] Av detta skäl finns en separat marknad för högkvalitativa DR-pellets.

Järnsvamp som intermediär järnprodukt

Järnsvampen skickas i dagsläget i de allra flesta fall direkt vidare till vertikalt integrerade ljusbågsugnar för ståltillverkning.[20] Samtidigt är järnsvampen en intermediär järnprodukt. Den kan handlas och transporteras på samma sätt som järnmalm och tackjärn på de internationella järnmalms- och järnmarknaderna. Den viktiga skillnaden är att järnsvampen har en högre järnhalt, typiskt cirka 90–95 procent jämfört med till exempel de vanligaste järnmalmsprodukterna, pellets eller fines, med en järnhalt på 55–65 procent. Järnsvampen används som insatsvara såväl i den traditionella tillverkningsprocessen som i ljusbågsugnar. Det betyder att järnsvampen fungerar mer eller mindre som substitut till järnmalm, tackjärn och stålskrot.

I den traditionella processen är den tekniska integreringen av steg 2–4 i stålverk en naturlig följd av de stora energibehoven. Med järnsvamp som produkt på marknaden är vertikal integrering inte längre lika självklart, varken tekniskt eller ekonomiskt. Som produkt luckrar järnsvampen således upp den nuvarande vertikala integreringen i form av stålverk inom den traditionella processen.

Koldioxidutsläpp från järnsvampstillverkning

Anläggningarna som tillverkar järnsvamp är på samma sätt som masugnar kapitalintensiva, har lång livslängd och släpper ut stora mängder koldioxid. Genom att använda naturgas i stället för koks kan CO_2-utsläppen ändå begränsas med upp till 60 procent när järnmalmen syrereduceras. Från cirka 1,4 ton CO_2 per ton stål till 0,6 ton.[21] Om järnsvamp används i traditionella masugnar effektiviserar de även omvandlingen till järn i masugnen och minskar behovet av inblandning av koks. Därmed blir CO_2-utsläppen lägre.

2.2 Framtidens grönare tekniker

Järn- och stålindustrin investerar för tillfället stort i ny innovativ teknik för att minska CO_2-utsläppen, se exempel i tabell 1. En av de viktigare strategierna är att försöka minska utsläppen i befintliga traditionella anläggningar. Här ingår försök att ersätta kokset med biomassa eller vätgas samt utveckla tekniker för avskiljning, lagring och användning av koldioxid så kallade CCSU-tekniker (Carbon Capture Starage and Utilisation).

En annan strategi är att förtidspensionera stålverken vid 25-årsåldern då de typiskt genomgår en större och kostsam översyn för att kunna drivas ytterligare 15 år. Dessa medel kan då i stället användas för att investera i ny grön teknik.

Ytterligare en strategi utgår från att hitta nya banbrytande tekniker som kan konkurrera med existerande processer. Exempel är försök att reducera syret i järnmalmen med vätgas eller elektricitet.

En fjärde strategi är att öka återanvändningen av stålskrot.

---

[17] Linklater (2021).
[18] Linklater (2021).
[19] Linklater (2021).
[20] Endast 12 procent av produktionen handlas på marknaden, Midrex (2022a).
[21] Somers (2022), Cavaliere (2019) och Agora Energiewende (2021).

Tabell 1: Framtida tekniker för att minska CO_2-utsläppen i stålindustrin

Teknik	TRL[1]	Industrialiserad[2]	Betydelse[3]
Anpassningar av existerande tekniker			
CCU - CO_2 till bränsletillverkning	8	Idag	Medel
CCU - CO_2 till kemikalietillverkning	7	2025	Medium
CCU - CO_2 till Enhanced Oil Recovery	9	Idag	Mycket hög
CCU - CO_2 till CO för återanvändning i stålverket	4	2030	…
H_2-inblandning i järnsvampstillverkning med naturgas	7	2030	Hög
H_2-inblandning i traditionella processen	7	2025	Medium
Biomassa i traditionella processen, träkol	10	Idag	Medium
Biomassa i traditionella processen, bio-kol	7	2025	Medium
Top-gas recycling	4	…	…
Ökad inblandning av metaller	7	…	…
Nya tekniker under utveckling			
H_2-järnsvamp	5	2030	Mycket hög
Smältreduktion med H_2	4	…	Medium
Smältreduktion med kol och CCSU, HIsarna	7	2028	Mycket hög
Smältelektrolys	4	…	Medium

Not: [1] TRL = Technology Readiness Level står för hur mogen tekniken är för industrialisering på skalan 1–10.
[2] Förväntat år som teknologin är tillgänglig för industrialisering.
[3] IEA:s värdering av hur viktig teknologin är för att nå netto-noll-utsläpp.
Källa: International Energy Agency (2020), Somers (2022), Vogl m.fl. (2021), Kildahl m.fl. (2023).

2.2.1 Stålskrot

Stål är idag ett av de mest återanvända materialen globalt. Cirka 85 procent av stålet återvinns och drygt 30 procent av stålproduktionen kommer från återvunnet skrot.[22] Inom EU återvinns 90 procent av det rostfria stålet och drygt 50 procent av stålproduktionen kommer från stålskrot.[23]

Koldioxidutsläpp från stålskrot

Fördelarna med återvinning är stora. Stålskrot behöver bara en åttondel av energin för att omvandlas till stål jämfört med järnmalm. Stålskrot som smälts i ljusbågsugnar medför dessutom bara 40 kilo CO_2-utsläpp per ton producerat råstål om elen är fossilfri.[24]

Teknikutveckling inom stålskrot

En av de enklaste strategierna för att minska koldioxidutsläppen är därför att öka användningen av återvunnet stålskrot. En sådan utveckling begränsas i dagsläget av tillgången på skrot och av att stålskrotet är kontaminerat, främst av koppar. I stora delar av världen är stålskrotet allt för kontaminerat och måste därför smältas tillsammans med någon form av järnmalmsprodukt eller järn för att minska halten föroreningar. Ett alternativ är att stålskrotet används till stål av lägre kvalitet med större toleranser vad gäller inblandning av andra metaller.

Teknikutvecklingen har därför stort fokus på att förbättra kvaliteten på skrotet. Detta sker genom att tillverkningen av produkter som innehåller stål i högre grad tar hänsyn till att stålet ska återvinnas i framtiden. Samt genom bättre demontering och sortering av produkter som innehåller stål.

[22] International Energy Agency (2020) och World Steel Association (2021b).
[23] EuRIC AISBL (2020).
[24] International Energy Agency (2020).

2.2.2 CCSU

Avskiljning av koldioxid för lagring (CCS – Carbon Capture and Storage) samt avskiljning av koldioxid för användning (CCU – Carbon Capture and Utilisation) är två tekniker som länge har beaktats som möjligheter att minska CO_2-utsläppen.

Huvudprincipen i teknikerna är att först fånga in koldioxiden i produktionsanläggningarna. CCS-tekniken innebär därefter att transportera och lagra koldioxiden i till exempel uttömda gas eller oljefält.[25] CCU-tekniken har i stället som mål att använda den infångade gasen som insatsvara för att tillverka andra material såsom ammoniak eller etanol.[26]

Reduktionsminskningar med CCSU

En fördel med CCSU är att de inte är specifika för stålindustrin. Utvecklingen av tekniken drivs därför framåt av ett flertal industriområden som kan dela erfarenheter och kostnader för utveckling. Det finns ett flertal industrialiserade exempel inom andra områden. CCSU-teknikerna är ännu alltför tekniskt och ekonomiskt omogna för full tillämpning inom stålindustrin. Det finns än så länge endast ett industrialiserat och kommersialiserat exempel.[27]

Möjligheterna till storskalig användning begränsas av ett flertal faktorer. Ett av de största problemen är att endast delar av koldioxiden än så länge kan fångas in.[28] Detta problem accentueras inom stålindustrin av att utsläppen i anläggningarna är utspridda, vilket bland annat försvårar tillbyggnation i existerande anläggningar för att fånga koldioxid.

I teorin kan nästan alla CO_2-utsläpp fångas in från ståltillverkningen inom rimliga ekonomiska gränser.[29] I praktiken utgör både teknik, och än så länge ekonomiska faktorer, tydliga begränsningar. Faktisk uppmätta resultat visar på att mellan 50 och 85 procent av CO_2-utsläppen i nuläget kan fångas in.[30]

Teknikutveckling och marknaden för CCSU

Transporten av koldioxiden, samt hur och var lagringen av koldioxiden ska säkras på lång sikt är ännu oklara. Kostnaderna för teknikerna i full industriell skala är dessutom svåra att bedömda om målet är att fånga in alla utsläpp av koldioxid.[31]

Trots problemen är CCSU-teknikerna viktiga eftersom stålindustrin är inlåst under flera decennier framöver i den traditionella processen och järnsvampstillverkning med hjälp av naturgas. För att kunna minska utsläppen i dessa anläggningar är därför CCSU en av de mest intressanta vägarna att gå. CCSU-teknikerna är viktiga i Kina och Indien som har respektive kommer att bygga upp en relativt ung stålverksindustri. Fokus i dessa länder kommer därför till stor del att vara att säkra lönsamheten i redan existerande anläggningar och samtidigt minska deras CO_2-utsläpp.[32]

Pilotprojekt inom CCSU

Det pågår ett par olika försöksprojekt för att fånga, lagra och använda koldioxid.[33] ArcelorMittal driver i samarbete med andra företag några av dessa. I Belgien omvandlas utsläppsgaserna från stålverket i Gent till bio-etanol och minskar därmed CO_2-utsläppen med 125 000 ton.[34] I Frankrike och Norge driver ArcelorMittal tillsammans med andra aktörer projekten 3D[35] och Northern Lights,[36] som båda syftar till att lagra koldioxid i Nordsjön. I fullskalig drift ska projekten tillsammans lagra 15 miljoner ton CO_2 årligen (det motsvarar produktionen av cirka 7,5 miljoner ton stål med den traditionella processen eller en tredjedel av Sveriges totala CO_2-utsläpp.).

I projektet Carbon2Chem utvecklar ThyssenKrupp ny teknik för att tillverka metanol och ammoniak från utsläppsgaserna.[37] Med den nya teknologin beräknas utsläppen kunna minska med upp till 50 procent.

---

[25] Khallaghi m.fl (2020).
[26] Thyssenkrupp (2023b).
[27] Global CCS Institute (2020).
[28] Somers (2022).
[29] Brandl m.fl. (2021).
[30] Somers (2022).
[31] Somers (2022) och World Steel Association (2021a).
[32] Barrington (2022).
[33] World Steel Association (2021a).
[34] Steelanol (2023) och ArcelorMittal (2023).
[35] 3D (2023).
[36] NorthenLights (2023).
[37] Thyssenkrupp (2023a).

2.2.3 Omställning av existerande tekniker

Den traditionella processen kan anpassas för att minska utsläppen. Detta genom att återanvända de gaser som släpps ut, ersätta kokset med andra reduktionsmedel eller använda ny kolbaserad tillverkningsteknik. De mest relevanta teknikerna omfattar i stora drag:

1. **Återvinning av toppgaser.** Utsläppsgaserna från masugnarna – kolmonoxid, koldioxid och vätgas – kan återvinnas. Kolmonoxiden och vätgasen kan återanvändas direkt, medan koldioxiden kan gå till CCSU. Ny teknik visar dessutom att koldioxiden kostnadseffektivt kan omvandlas till kolmonoxid, vilket minskar utsläppen ytterligare.[38]

2. **Vätgasinblandning.** Det finns ett flertal forskningsprojekt som försöker öka inblandningen av vätgas i existerande tillverkningsprocesser. Det kan göras genom att tillsätta vätgas tillsammans med kokset, alternativt öka inblandningen av vätgas vid tillverkningen av järnsvamp via naturgas.

3. **Inblandning av biomassa och biogas.** Biomassa är en förnybar resurs och kan användas för att ersätta kokset för att minska beroendet av fossila bränslen. Träkol direkt från ved är ett exempel. Ett annat är bio-kol som framställs från återvunna träprodukter. Alternativt kan biogas användas i stället för naturgas. Biomaterial kan kombineras med CCUS-system för att minska CO_2-utsläppen ytterligare. Biomaterialen kan minska utsläppen med 40 till 60 procent. Kombinerat med CCUS kan produktionen bli fossilfri.

   Ett exempel är den brasilianska ståltillverkaren Aço Verde do Brasil som blev certifierade som koldioxidneutrala med sin träkolsprocess i kombination med både top-gas recycling och återvinning av slaggprodukter.[39] Än så länge används tekniken i en relativt småskalig produktion på 0,6 miljoner ton stål per år.

   En fördel är att omställningen och utsläppsminskningarna kan göras relativt snabbt. Nackdelen är biomassans ursprung, med möjliga negativa konsekvenser för avskogning och utökad landanvändning i känsliga områden.

4. **Ökad inblandning av metaller.** Genom att öka inblandningen av metaller – såsom skrot eller järnsvamp – minskar behovet av koks i den traditionella processen. Med mindre koks minskar även CO_2-utsläppen. Det finns praktiska begränsningar för hur mycket metall som kan blandas in, vilket även begränsar utsläppsminskningarna. Ståltillverkarna Voestalpine och Kobe Steels har båda demonstrationsanläggningar som visar på positiva resultat.[40] I Kobe Steels process har den ökade inblandningen av järnsvamp reducerat koldioxidutsläppen med 20 procent.

2.2.4 Vätgasbaserad järnsvamp

Järnsvamp kan även tillverkas genom att syret i järnmalmen reduceras enbart med hjälp av vätgas, utan naturgas. För att tillverkningen av järnsvampen ska bli fossilfri måste även tillverkningen av vätgas vara fossilfri. Det finns två vägar att gå: grön eller blå vätgas. Grön vätgas tillverkas genom elektrolys med hjälp av fossilfri el. Blå vätgas tillverkas från naturgas i kombination med CCSU-tekniker.

Koldioxidutsläpp med vätgasreduktion

Tillverkning av järnsvamp med vätgas resulterar i vattenånga som utsläpp. Genom att därefter tillverka stål från järnsvamp i ljusbågsugnar kan CO_2-utsläppen minskas med över 98 procent jämfört med den traditionella processen.

Tillverkningen av järnpellets och kalk som råvaror till stålet innebär vissa utsläpp, även kolinblandningen i järnet innebär utsläpp. Sammantaget kan CO_2-utsläppen minskas till mellan 30 och 70 kilo CO_2 per ton stål givet att elen kommer från fossilfria källor, jämfört med cirka 2 000 kilo i den traditionella processen.[41] Det vill säga en minskning med upp till 98,5 procent.

---

[38] Kildahl m.fl (2023).
[39] Aço Verde do Brasil (2023).
[40] Poveromo och Chaigneau (2022).
[41] Somers (2022).

Energibehov med vätgasreduktion

Uppskattningsvis behövs 50 till 60 kilo vätgas för att tillverka ett ton järnsvamp.[42] Används därefter ljusbågsugnar för att smälta järnet behövs mellan 3,5 och 3,95 MWh el totalt för att tillverka ett ton stål.[43] Elektrolysen för att utvinna vätgas ur vatten står för cirka 75 procent av elanvändningen.

Ett modernt integrerat stålverk, med järnsvampstillverkning och ljusbågsugnar, har en kapacitet att tillverka cirka 2,5 miljoner ton järnsvamp och drygt 2,25 miljoner ton stål årligen. För den årliga driften behövs mellan 5,9 och 6,7 TWh el för att enbart tillverka mellan 125 000 och 150 000 ton vätgas.

Teknikutveckling för vätgasreduktion

Det pågår ett stort antal projekt världen över för att möta de tekniska utmaningarna med vätgasreduktion. I Europa har samtliga stora ståltillverkare som ArcelorMittal, ThyssenKrupp, Voestalpine och Salzgitter pågående försök[44] och i Norrbotten samarbetar LKAB, SSAB och Vattenfall inom projektet HYBRIT. Uppskattningsvis pågår 33 projekt världen över med fokus på att tillverka järnsvamp via vätgas, varav 20 i Europa.[45]

Utbyggnaden av vätgastillverkningen, dess infrastruktur och oklara kostnader för fossilfri el är än så länge ett hinder. Många av de järnsvampsanläggningar som är i bruk är baserade på syntesgas från naturgas. De kan redan idag blanda in upp till 30 procent vätgas och kan även relativt enkelt konverteras till att helt kunna drivas med vätgas.[46] De kan då under en övergångsperiod använda en mix av vätgas och naturgas i tillverkningen av järnsvamp.[47] Målet är att öka inblandningen av vätgas i takt med att vätgastekniken blir mer mogen och ekonomiskt lönsam. Med en sådan strategi kan CO_2-utsläppen minska i takt med att den nya tekniken blir mogen samtidigt som den ekonomiska investeringen blir mindre riskfylld.[48]

ArcelorMittal har i Hamburg ett integrerat stålverk med järnsvampstillverkning från naturgas och ståltillverkning via ljusbågsugnar. Målet är att först börja tillverka järnsvamp från grå vätgas som i sin tur produceras av utsläppsgaser från stålverket. Övergången ska vara klar 2025. Därefter är planen att gå över till grön vätgas när den är tillgänglig i tillräckliga mängder till överkomliga priser.[49]

Redan existerande och industrialiserade vätgastekniker

I tillägg till produktion av järnsvamp från järnpellets finns två redan utvecklade och industrialiserade tekniker: FINEX[50] och Circored[51]. I dessa processer syrereduceras uppvärmd fines (finmald järnmalm upp till 2 mm) med hjälp av vätgas i en reaktor. Fördelarna med processerna är att försteget att först omvandla järnmalm till pellets kan uteslutas, vilket ger lägre kostnader och lägre CO_2-utsläpp. Båda processerna har industrialiserats i stor skala, men har ännu inte visat sig vara kommersiellt framgångsrika eller kunnat minska CO_2-utsläppen i tillräcklig omfattning.[52]

2.2.5 Smältreduktion

Med smältreduktion smälts järnmalmen med stålskrot direkt till tackjärn. Det vill säga steget att förbehandla och anrika järnmalmen kan uteslutas.

Det finns två olika processer. I den första används kol, även kallad HIsarna-processen. Den kan minska CO_2-utsläppen med upp till 85 procent. Resterande koldioxidutsläpp är väl lämpat för att tas om hand av CCSU då utsläppen är relativt koncentrerade i anläggningen. I den andra används vätgas i en plasmareaktor för att tillverka järnet, med låga koldioxidutsläpp som följd.

---

[42] Hall m.fl. (2021) och Rechberger m.fl (2020) .
[43] Bahaskar m.fl. (2021), Krüger m.fl. (2021), Vogl (2018).
[44] Vogl m.fl. (2021).
[45] Vogl m.fl. (2021).
[46] Millner m.fl (2021).
[47] Millner m.fl. (2021) och Astoria m.fl. (2022).
[48] Barrington (2022).
[49] ArcelorMittal (2023).
[50] Primetals Technologies (2023).
[51] Metso (2023).
[52] Poveromo m.fl. (2022).

Fördelen med smältreduktionsprocessen är att den sker vid lägre temperaturer och att järnmalmen inte behöver förprocessas, vilket minskar energiåtgången. I industrialiserad skala förväntas tillverkningskostnaden av stål kunna bli betydligt lägre samtidigt som kvaliteten på stålet blir bättre.

Endast ett pilotverk i Österrike har byggts av Voestalpine. Tekniken är därför långt från både industrialisering och kommersialisering.[53]

2.2.6 Smältelektrolys

Smältelektrolys av järnmalm innebär att syret separeras från järnmalmen i en elektrolyt med hjälp av elektricitet. Smältelektrolys är en välkänd teknik och används bland annat för framställning av aluminium. Som teknik för att tillverka järn i industriell skala är den relativt outforskad.

Koldioxidutsläpp och energibehov med smältelektrolys

Om elen som används är fossilfri innebär tillverkningsprocessen mycket låga till inga CO_2-utsläpp vid tillverkningen av järnet. Elbehovet för att tillverka 1 ton stål uppskattas till mellan 3,6 och 4,0 MWh, vilket är i linje med elbehovet för att tillverka stål från fossilfri järnsvamp i ljusbågsugnar.

Smältelektrolysens framtida utveckling

Det finns för tillfället två pågående försöksprojekt. Ett inom EU som leds av ArcelorMittal[54] och ett i USA som leds av Boston Metal.[55] Tekniken är fortfarande outvecklad och endast en begränsad mängd järn har ännu tillverkats. Tidplanerna för båda projekten är att kunna nå industriella produktionsnivåer senast 2050.[56] Än så länge är processerna inte flexibla och kan inte startas och stoppas enkelt. De behöver därför en kontinuerlig tillgång till el och kan således inte dra nytta av tillfälligt låga priser på el.

En fördel med smältelektrolys är att järnet blir kemiskt rent, dvs helt saknar föroreningar som kol, silikon eller mangan. Det medför bättre kemiska förutsättningar för att kontrollera tillsatserna av legeringsämnen och få stål exakt enligt specificeringarna. En annan fördel är att industrialisering av smältelektorlys kan ske i en mer distribuerad skala och modulärt. Detta till skillnad från både dagens storskaliga järntillverkning i den traditionella processen, men även jämfört med tillverkningen av järnsvamp som behöver tillgång till natur- eller vätgas. Kapitalkostnaderna uppges dessutom vara låga i jämförelse med andra tekniker.[57]

Boston Metal

Världsbanken, några av de största stål- och gruvbolagen och andra storföretag har investerat i Boston Metal.[58] Boston Metals utvecklade teknik kan använda järnmalm av så låg kvalitet att den inte ens kan användas i den traditionella processen. Den är dessutom starkt modulär, vilket innebär att en småskalig gradvis utbyggnad kan ske efter behov och vartefter marknaden tillåter. Detta skapar möjligheter för små utvecklingsländer med tillgång till järnmalm av låg kvalitet att tillverka stål till rimliga kostnader. Detta är skälet till att Världsbanken investerat i företaget.[59]

Boston Metal har sedan 2013 tagit in finansiering på drygt 2,5 miljarder kronor och håller på att hitta finansiering för ytterligare över 3 miljarder kronor, varav hälften redan är säkrat.[60] Företaget räknar med att kunna tillverka stål i kommersiell skala 2026 och att tjäna pengar på licenser och tillverkning av anoder.

---

[53] Voestalpine (2023).
[54] Siderwin (2021) och Europeiska kommissionen (2022).
[55] Boston Metal (2023a) och Lazzaro (2022).
[56] International Energy Agency (2020).
[57] Boston Metal (2023b).
[58] Boston Metal (2023c).
[59] CNBC (2023).
[60] CNBC (2023).

3 Järn- och stålmarknaderna

3.1 Marknaden för järnmalm

Produktionen av järnmalm är starkt geografiskt koncentrerad. Australien och Brasilien står tillsammans för över 56 procent av den globala produktionen och nästan 75 procent av den internationella handel med järnmalm.[61] De sex största järnmalmsproducerande länderna står för över 85 procent av produktionen. Australien är den största exportören och Kina är den största importören. Den totala handelsvolymen uppgår till 70 procent av den järnmalm som produceras.

Tabell 2: Järnmalmsproducerande länder, marknadsandelar, export och import 2021

Miljoner ton järnmalm och procentuell andel

Placering	Land	Produktion (milj. ton)	Produktions-andel (procent)	Kumulativ produktions-andel (procent)	Export (milj. ton)	Import (milj. ton)
1	Australien	923	39,5	39,5	873	1
2	Brasilien	391	16,7	56,2	343	0
3	Kina	271	11,6	67,7	16	1 170
4	Indien	204	8,7	76,5	52	1
5	Ryssland och Ukraina	203	8,7	85,1	86	8
6	Kanada	59	2,5	87,7	55	7
7	USA	39	1,7	89,3	10	5
8	Sverige	29	1,2	90,6	27	0
9	Chile	15	0,6	91,2	17	0
10	Mauretanien	14	0,6	91,8	14	–
	Övriga länder	192	8,2	100,0	2	2
	Summa	**2 338**	**100,0**		**1 656**	**1 617**

Källa: World Steel Association 2022.

Produktion efter bolag

Produktionen av järnmalm är starkt koncentrerad till fyra gruvbolag baserade i Brasilien, Australien och Storbritannien som står för knappt hälften av den globala produktionen. De fyra stora, Vale, Rio Tinto, BHP (Broken Hill Proprietary) och FMG (Fortescue Metal Group), står även för över 70 procent av världshandeln med järnmalm.[62]

Den svenska produktionen utgör cirka drygt en procent av världsproduktionen där LKAB står för den största delen. LKAB:s produktion utgör mellan 9 och 15 procent av de fyra stora järnmalmsproducenternas produktionsvolymer.

[61] World Steel Association (2022).
[62] International Iron Metallics Association (2018).

Tabell 3: Järnmalmsproducerande företag och marknadsandelar 2020

Miljoner ton järnmalm och procentuell andel

Företag	Produktion (milj. ton)	Produktions-andel (procent)	Kumulativ produktions-andel (procent)
Vale	300,4	12,9	12,9
BHP – Broken Hill Proprietary	288,4	12,4	25,3
Rio Tinto	285,9	12,3	37,6
FMG – Fortescue Metal Group	177,2	7,6	45,2
Hancock Prospecting	88,5	3,8	49,0
Anglo American	61,2	2,6	51,7
ArcelorMittal	58,0	2,5	54,2
NMDC Limited + Odisha	44,5	1,9	56,1
Metalloinvest	40,4	1,7	57,8
CSN Mining	30,7	1,3	59,1
LKAB	26,7	1,1	
Övriga företag	949,8	40,9	100,0
Summa	**2325**	**100**	

Källa: Löf och Löf 2021.

Handel med järnmalm efter järnhalt

Handeln med järnmalm kan i ett första steg grovt delas in i DSO (Direct Shipping Ore) och anrikad malm. DSO är krossad järnmalm utan någon särskild bearbetning. Järnhalten är typiskt mellan 55 och 65 procent och handlas främst som fines men även som styckemalm. Australiens och Brasiliens export består huvudsakligen av DSO framställd ur hematit. Anrikad järnmalm handlas i stället främst i form av pellets som anrikats. Huvuddelen blir BF-pellets som används i den traditionella processen.

Järnhalten i den handlade järnmalmen har minskat över tid. Det på grund av att mer järnhaltiga malmfyndigheter har uttömts samtidigt som andelen låggradig järnmalm som skeppats till traditionella masugnar i Kina har ökat.[63]

Tabell 4: Handel av järnmalm efter järnhalt 2021

Miljoner ton järnmalm och procentuell andel

Järnhalt		Handlad volym (milj. ton)	Andel (procent)
Låg	< 59 % järnhalt	315	19,0
Medel	59,0–63,5 % järnhalt	729	44,0
Hög	> 63,5 % järnhalt	613	37,0
varav DR-pellets		*66*	*4,0*
Summa		**1 656**	**100**

Källa: Egna beräkningar baserat på Fastmarkets 2021.

[63] Barrington (2022).

Handeln med järnmalm av DR-kvalitet är begränsad

En stor del av den järnrika och högkvalitativa malmen som produceras är inlåst och går till vertikalt integrerad tillverkning av järnsvamp nedströms. Det finns således endast ett fåtal producenter som i större mängder kan leverera DR-pellets och styckemalm med en järnhalt över 67 procent. De största producenterna är Vale, LKAB, Ferroexpo, Rio Tinto Canada och ArcelorMittal Canada.[64] Den tillgängliga handelsvolymen är i sammanhanget mycket liten och uppgår till cirka 66 miljoner ton, eller fyra procent av den globala handeln med järnmalm.[65] Det motsvarar knappt 45 miljoner ton stål, vilket är cirka två procent av den globala stålproduktionen. Både mängden högkvalitativ malm som kan tillföras den globala marknaden för handel och kostnaden för malmen är oklar.

Järnmalmsmarknaden är fortsatt inlåst i hematit med låg järnhalt

Den absoluta merparten av den globalt handlade järnmalmen härrör från hematit, har låg järnhalt och skeppas från Australien och Brasilien. Malmen går till masugnar som använder den traditionella processen som kan hantera den låga halten järn och orenheterna.

För att denna typ av malm ska kunna användas till järnsvampsproduktion behöver den genomgå en förädlingsprocess för att kunna konverteras till DR-pellets. En sådan förädling är kostsam. Både den brasilianska och australiensiska gruvindustrin investerar för närvarande i sådana processer.

Samtidigt uppvisar de fyra största gruvbolagen ett svagt intresse att ställa om sin produktion till DR-värdig järnmalm i större skala. De ser avgörande problem med att öka andelen malm med högt järninnehåll eftersom tillgången är begränsad.[66]

Vale har tillgång till reserver av höggradig järnmalm som de avser att använda vid tillverkningen av DR-pellets med hög järnhalt.[67] Men de menar samtidigt att andelen handelsbar DR-pellets på världsmarknaden inte kan öka förrän tidigast efter 2030.[68]

Rio Tintos framtida fokus är att minska CO_2-utsläppen inom den traditionella processen och först i ett senare skede bidra till minskade utsläpp via järnsvamp och ljusbågsugnar.[69]

BHP uppger att vätgasbaserad ståltillverkning i större skala troligtvis inte kommer att bli verklighet förrän om 20 till 30 år på grund av bristen på järnmalm med högt järninnehåll. De hänvisar även till att många av de traditionella stålverken har 20 till 30 års återstående livslängd. För att minska CO_2-utsläppen på kort sikt måste stålindustrin således helt fokusera på att minska utsläppen i den traditionella processen.[70] Dessutom ser de att utbudet av stålskrot inte kan öka tillräckligt snabbt för att kunna bidra till lägre utsläpp. BHP menar därför att den traditionella processen kommer vara den dominerande under lång tid framöver.[71] Företaget kommer därför endast att på lång sikt försöka ställa om verksamheten för att i större omfattning öka andelen malm med järnhalter över 65 procent.

Mot en sådan bakgrund är risken stor att den internationella järnmalmsmarknaden blir inlåst i hematitbaserad malm med relativt låg järnhalt under lång tid framöver. Det har följder för möjligheterna att ställa om stålindustrin till järnsvamp och ljusbågsugnar i större omfattning. Om en ökad efterfrågan på DR-pellets inte kan mötas av ett högre utbud i tillräcklig omfattning finns risker att premien på malm med hög järnhalt stiger och att investeringar i järnsvampsanläggningar och ljusbågsugnar uteblir.

[64] Nicholas och Basirat (2022) och International Iron Metallics Association (2018).
[65] Fastmarkets (2021).
[66] Nicholas m.fl (2022).
[67] Vale (2021b).
[68] Vale (2021a).
[69] Rio Tinto (2021).
[70] Kinch (2021).
[71] Ellis och Bao (2020).

3.2 Marknaden för järnsvamp

Järnsvampen spelar en viktig roll som insatsvara till ljusbågsugnar och därmed som en väg att minska CO_2-utsläppen. Det både som brun järnsvamp från naturgas och fossilfri järnsvamp från vätgas. Oavsett väg kan båda typerna bidra till lägre CO_2-utsläpp.

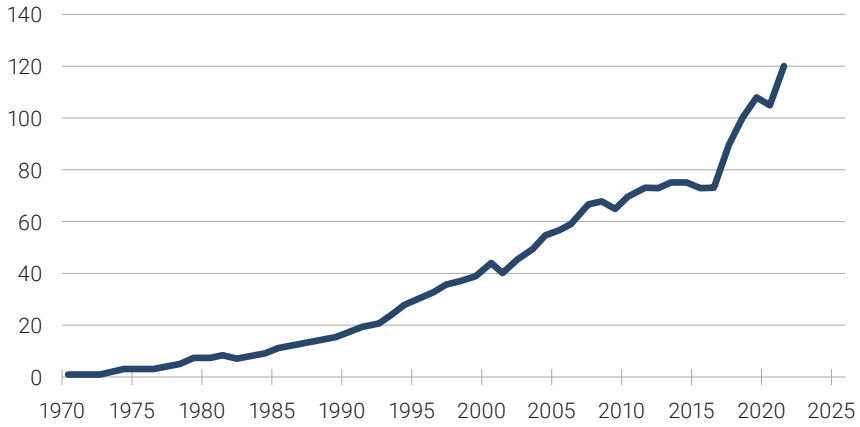
Anläggningar för tillverkning av järnsvamp globalt

Tillverkning av järnsvamp kräver tillgång till naturgas och sker därför främst i regioner med stora naturgas-tillgångar. I dagsläget produceras mer än 65 procent av all järnsvamp i Indien, Iran och Ryssland.[72]

Det finns 136 större anläggningar som producerar järnsvamp över hela världen. Den största anläggningen, ägd av Mobarakeh Steel, ligger i Iran med en kapacitet på fyra miljoner ton järnsvamp per år. Den omfattar fem separata tillverkningslinjer.[73] De största anläggningarna med enskilda tillverkningslinjer finns i Algeriet, USA och Ryssland. De har alla en kapacitet på 2,5 miljoner ton årligen och anläggningarna är de modernaste i världen.[74]

Figur 1: Produktion av järnsvamp

Miljoner ton



Källa: Midrex 2022a.

Produktionen av järnsvamp

Andelen järn som tillverkas med hjälp av järnsvamp är fortfarande relativt begränsad och står för cirka fem procent av produktionen.[75] Nya anläggningar i Indien och Iran har bidragit till att produktionen ökar snabbt och under de senaste fem åren har produktionen ökat med 65 procent.[76]

Över tid förväntas järnsvamp ta en större del av järnmarknaden. Under de kommande åren kommer som minst 13 nya anläggningar tas i bruk med en sammanlagd kapacitet på 17 miljoner ton. Majoriteten ligger i Iran och Ryssland.[77]

Prognoser på längre sikt visar på mer än en tredubbling av produktionen. Från 120 miljoner ton 2021 till 411 miljoner 2050. Av denna ökning står den vätgasbaserade järnsvampstillverkningen för den i särklass största andelen, 75 procent, men då främst efter 2040.[78]

[72] Midrex (2022a).
[73] Midrex (2022a).
[74] Midrex (2022a).
[75] World Steel Association (2022).
[76] Midrex (2022a).
[77] Egna beräkningar baserat på Midrex (2022a).
[78] International Energy Agency (2020).

Begränsad tillgång på järnmalm hotar tillväxten i produktion av järnsvamp

Järnsvamp i kombination med ljusbågsugnar framställs i flera framtidsscenarier som avgörande för att överhuvudtaget kunna minska CO_2-utsläppen inom stålindustrin.[79] I synnerhet framhålls järnsvamp som tillverkas med vätgas.

Oavsett tillverkningsprocess krävs högkvalitativ järnmalm som insatsvara. Beräkningar baserade på annonserade järnsvampssatsningar visar att efterfrågan på handelsbar DR-pellets ökar med 31 miljoner ton fram till 2030, men att detta i bästa fall kan täckas av en ökning av utbudet med 23 miljoner ton. Uppskattningar visar på att utbudet kan öka i samma takt som efterfrågan fram till 2026.[80]

I andra prognoser ökar efterfrågan på högkvalitativ malm från dagens 180 miljoner ton till 250 redan 2030. Till 2050 prognosticeras produktionen av högkvalitativ malm behöva mer än tredubblas till 600 miljoner ton för att stålindustrin överhuvudtaget ska kunna nå utsläppsmålen.[81]

Både vad gäller annonserade satsningar på järnsvamp och prognosticerade satsningar kommer dessa investeringar sannolikt möta stigande priser på högkvalitativ malm och DR-pellets när utbudet inte växer i samma takt som efterfrågan. I värsta fall kan vissa anläggningar behöva köras på reducerad kapacitet om det inte finns tillräckligt med malm att tillgå. Alternativet är att anläggningarna blandar in malm med lägre kvalitet, vilket minskar effektiviteten, minskar uttaget av järn samt försämrar energieffektiviteten.

Den begränsade tillgången på högkvalitativ malm och DR-pellets som insatsvara gör framtida investeringar i järnsvampsanläggningar riskfyllda. Risken är dessutom högre för de vätgasbaserade anläggningarna som även har risker kopplade till ny teknik och kostnader för produktion av vätgas. För att begränsa riskerna måste de som investerar i järnsvampstillverkning på förhand försöka säkra tillgången till DR-malm till rimliga priser.

Vertikal integrering för att säkra tillgången till högkvalitativ järnmalm

För att säkra produktionen av järnsvamp är redan idag en stor del av järnsvampstillverkningen vertikalt integrerad med egen tillgång till DR-malm. Omkring 75 procent av all järnsvamp tillverkas av malm från egna järnmalmskällor. Det gäller i ett stort antal länder som i Indien, Iran, Ryssland, Mexiko, Venezuela och Kanada.

Utbyggnaden av nya produktionsanläggningar sker dessutom i vissa fall genom vertikal integration mellan gruva och/eller pelletsanläggningar samt järnsvampfabriker. Ett exempel är gruvbolaget LKAB:s affärsplan som innebär en vertikal integrering nedströms från gruva och pelletstillverkning till handelsbar järnsvamp. Detta säkrar värdekedjan nedströms från störningar på järnmalmsmarknaden.

Andra exempel är anläggningarna Tosyali Algerie och SULB/Bahrain Steel som integrerat järnsvampsanläggningen med egna pelletsfabriker och förädlingsanläggningar.[82] I dessa fall kan fabrikerna säkra tillgången till DR-pellets genom egen tillverkning eller förädling av järnmalm av lägre kvalitet. En sådan strategi säkrar tillgången men innebär samtidigt att produktionen blir dyrare.

---

[79] International Energy Agency (2020).
[80] Barrington (2021).
[81] International Energy Agency (2020) och Barrington (2021).
[82] Barrington (2022).
[83] International Energy Agency (2020).

3.3 Marknaden för stålskrot

I dag används cirka 700 miljoner ton stålskrot i den globala stålproduktionen.[83] Denna mängd förväntas öka stadigt i framtiden i takt med att det stål som används – i till exempel byggnader, maskiner eller anläggningar – återförs som stålskrot.

Stålskrot och dess framtida utveckling

Utvecklingen drivs av att starkt växande ekonomier, som Kina och Indien, blir mer mogna och övergår till en mer balanserad tillväxt. Med det följer att uppbyggda infrastrukturer som innehåller stål kommer att återvinnas.

Samtidigt är återvinningsandelarna för stålskrot i både Kina och Indien låga; mellan 20 och 30 procent.[84, 85] Detta ska jämföras med återvinningsandelar för stål i USA på 70 procent[86] och för rostfritt stål i EU på 90 procent. Med stigande återvinningsandelar i Kina och Indien upp till andelar motsvarande USA och EU kommer stålskrot vara en av de viktigaste insatsvarorna för stålproduktion i framtiden.

Hur stor andel som stålskrotet kommer utgöra i tillverkningen är oklart. År 2050 uppskattas mängden återvunnet stålskrot att ha ökat från dagens dryga 30 procent till cirka 50 procent av metallinsatsen i ståltillverkningen.[87] Beräkningar visar på att tillgången till stålskrot över tid kan växa så pass mycket att huvuddelen av allt stål som produceras kommer från skrot.[88] Andra beräkningar visar på att utbudet av stålskrot kan bli så stort att det till och med överstiger efterfrågan på stål 2050.[89]

Skrotsproduktionen integreras vertikalt med stålproducenterna

Stålskrotets strategiska betydelse som råvara har ökat. Det har medfört att stålproducenter världen över påbörjat uppköp av skrotföretag för att säkra den framtida tillgången till stålskrot.

Cleveland-Cliffs, ett vertikalt integrerat gruv- och stålföretag i USA, köpte 2021 Ferrous Processing and Trading Company för över 8 miljarder kronor.[90] Det var ett av flera planerade steg för Cleveland-Cliffs att vertikalt integrera hela sin verksamhet från råvaror till färdiga stålprodukter. Uppskattningsvis kontrolleras fem av Nordamerikas tio största skrotproducenter numera av stålproducenter.[91]

Steel Dynamics, ett amerikanskt stålbolag baserat i Texas, köpte 2022 upp det mexikanska skrotföretaget Roca Acero med fem skrotanläggningar i Mexiko. Genom uppköpet säkrar Steel Dynamics tillgången till hela Roca Aceros skrotkapacitet. Totalt har Steel Dynamics genom egen verksamhet och uppköp en säker tillgång till 2,5 miljoner ton skrot.[92]

ArcelorMittal köpte under 2022 ett stort antal skrotproducenter. I februari köpte de John Lawrie Metals Ltd. baserat i Skottland och som återvinner skrot från den brittiska gas och oljeindustrin.[93] Senare under året köpte de tio skrotupplag i södra Tyskland med en kapacitet att producera 0,4 miljoner ton skrot per år.[94] Uppköpen är en del av ArcelorMittals strategi att säkra tillgången till metall för att kunna ställa om till en grönare produktion. Det genom ökad produktion av stål via stålskrot och ljusbågsugnar, men även ökad inblandning av stålskrot i den traditionella processen. I Europa är företagets plan att huvuddelen av produktionen 2030 sker via ljusbågsugnar och järnsvamp.[95]

---

83 International Energy Agency (2020).
84 Reuters (2020).
85 Ministry of Steel Government of India (2019).
86 American Iron and Steel Institute, Steel Manufacturers Association (2021).
87 International Energy Agency (2020) och World Steel Association (2017).
88 Pauliuk m.fl. (2013).
89 Material Economics (2019) och Cavaliere (2019).
90 Secard (2021).
91 Secard (2021).
92 Steel Dynamics (2022).
93 ArcelorMittal (2022b).
94 ArcelorMittal (2022a).
95 Murphy (2022).

3.4 Marknaden för stål

I kontrast till järnmalmsmarknaden är stålmarknaden decentraliserad. Orsaken är att stål är en strategisk vara och används i tillverkningen i viktiga nyckelindustrier såsom försvarsindustrin.

Med undantag för Kina, som står för mer än 50 procent av stålproduktionen, är därför koncentrationen efter land relativt låg, se tabell 5. De tio största producentländerna, exklusive Kina, står för drygt 30 procent av ståltillverkningen. Därefter följer ett stort antal länder som alla har en viss produktion för att strategiskt kunna täcka delar av inhemsk efterfrågan.

Tabell 5: Stålproducerande länder och marknadsandelar 2021

Miljoner ton stål och procentuell andel

Placering	Land	Produktion (milj. ton)	Andel	Kumulativ produktions-andel	Export (milj. ton)	Import (milj. ton)
1	Kina	1 033	52,9	52,9	66	28
2	Indien	118	6,1	59,0	20	i.u.
3	Japan	96	4,9	63,9	34	i.u.
4	USA	86	4,4	68,3	8	30
5	Ryssland	76	3,9	72,2	33	i.u.
6	Sydkorea	70	3,6	75,8	27	14
7	Turkiet	40	2,1	77,9	22	16
8	Tyskland	40	2,1	79,9	24	23
9	Brasilien	36	1,9	81,8	12	i.u.
10	Iran	29	1,5	83,2	i.u.	i.u.
36	***Sverige***	***5***	***0,2***			
	Övriga länder	322	16,5	100	i.u.	i.u.
	Summa	**1 951**	**100,0**		**460**	**460**

Källa: World Steel Association 2022.

Internationell konkurrens

Handlat stål är standardiserat. Stål från olika anläggningar, men inom ramen för samma standard, utgör därför i det närmaste perfekta substitut. Handeln sker dygnet runt och globalt. Det gör att den internationella stålmarknaden är hårt konkurrensutsatt. Marginalerna tenderar följaktligen vara låga och som bäst ligga inom intervallet 5–10 procent före skatt och under dåliga tider till och med vara negativa.

Globalt finns över 100 stålproducenter med en produktion över tre miljoner ton stål årligen (motsvarar 0,15 procent i marknadsandel). De tio största företagen står för knappt 30 procent av världsmarknaden, och de 50 största för knappt 60 procent, se tabell 6.

Det största företaget är kinesiska Baowu (120 miljoner ton stål) följt av ArcelorMittal (79 miljoner ton stål), vilket styrs från Luxemburg men med indiska majoritetsägare.

SSAB är Sveriges största producent med en produktionsvolym på omkring 8,8 miljoner ton stål per år (det motsvarar en världsmarknadsandel på 0,4 procent). Produktionen sker i två anläggningar i Sverige (cirka 3,8 miljoner ton), en i Finland (2,6 miljoner ton) och två i USA (2,4 miljoner ton).[96]

[96] SSAB (2023b).

Tabell 6: De största stålproducenterna och marknadsandelar 2021

Miljoner ton stål och procentuell andel

Placering	Företag	Land	Produktion	Produktions-andel	Kumulativ produktions-andel
1	China Baowu Group	Kina	120	6,1	6,1
2	ArcelorMittal	Luxemburg	79	4,1	10,2
3	Ansteel Group	Kina	56	2,9	13,1
4	Nippon Steel Corporation	Japan	49	2,5	15,6
5	Shagang Group	Kina	44	2,3	17,9
6	POSCO	Sydkorea	43	2,2	20,1
7	HBIS Group	Kina	42	2,1	22,2
8	Jianlong Group	Kina	37	1,9	24,1
9	Shougang Group	Kina	35	1,8	25,9
10	Tata Steel Group	Indien	31	1,6	27,5
50	***SSAB***	***Sverige***	***8***	***0,4***	
Top 10	...	...	536	27,5	
Top 25	...	...	848	43,5	
Top 50	...	...	1 151	59,0	
	Summa		**1 951**	**100,0**	

Källa: World Steel Association 2022.

Den internationella stålhandeln

Till skillnad från järnmalmsmarknaden handlas stål inte internationellt i samma utsträckning. Uppskattningsvis handlas bara en fjärdedel av stålet som produceras, resterande del används i produktionslandet.[97] Bortser man från Kina är exportandelen högre, knappt 45 procent.

Marknaden är inlåst i äldre teknik för en lång tid framöver

Majoriteten av de existerande stålverken är relativt unga med långa återstående tekniska livslängder. Den genomsnittliga livslängden för ett stålverk uppskattas till 40 år, men det finns exempel där anläggningar varit verksamma i flera årtionden längre. De traditionella stålverken i Europa har en genomsnittsålder på 50 år.[98] Det ska jämföras med den globala genomsnittsåldern på traditionella stålverk som är 13 år.[99] Konsekvensen är att huvuddelen av den framtida produktionen är inlåst i den traditionella processen med fortsatta CO_2-utsläpp som följd. Inlåsningseffekten är som störst i Asien, i synnerhet i Kina och Indien.[100]

Ståltillverkning i Kina

Det kinesiska stålet produceras än så länge på traditionellt vis i masugnar. Medelåldern på Kinas stålverk är 12 år, vilket är en konsekvens av den snabba kapacitetsutbyggnaden under de senaste 20 åren.[101] Den kinesiska stålindustrin är således i hög grad inlåst i äldre teknik under en lång tid framöver. Den kinesiska klimatutmaningen består därför i att hitta vägar att minska utsläppen inom ramen för traditionell och befintlig teknik.[102]

97 World Steel Association (2022).
98 International Energy Agency (2020).
99 International Energy Agency (2020).
100 Poveromo m.fl. (2022).
101 International Energy Agency (2020).
102 Poveromo m.fl. (2022).

Den kinesiska produktionen är än så länge starkt inriktad mot att tillgodose den inhemska efterfrågan och endast sex procent av stålet exporteras.[103] Den inhemska efterfrågan förväntas minska på lång sikt i takt med att landet mognar ekonomiskt.[104] Delar av den omfattande produktionskapaciteten kan då förväntas riktas mot export.

Ståltillverkning i Indien

Efterfrågan på stål förväntas globalt öka med 25 procent till 2050.[105] Utvecklingsländerna beräknas stå för den största delen av ökningen – med Indien i spetsen. Produktionen och användningen av stål i Indien förväntas fördubblas fram till 2030 och fyrdubblas till 2050 i takt med att landet moderniseras och industriutvecklas.[106]

För att genomdriva omställningen har indiska staten tagit fram utvecklingsprogram som går ut på att Indien ska vara självförsörjande på allt höggradigt stål som används i strategiskt viktiga sektorer. Försörjningen ska bland annat säkras genom att inhemsk produktion ska ges fördelar vid offentlig upphandling.[107] Satsningarna riktas mot små- och medelstora indiska företag som är tänkta att driva förändringen.

De indiska stålverken är i genomsnitt något äldre än de kinesiska, men har inte kapacitet att möta den kommande ökningen i efterfrågan. En fördubbling av kapaciteten fram till 2030 kommer att leda till att de indiska anläggningarna föryngras. År 2030 kommer de i snitt att ha 30 års återstående livslängd.[108]

De nya stålverken i Indien förväntas till största del vara traditionella och kompletteras med järnsvampstillverkning och ljusbågsugnar i de regioner som har tillgång till naturgas. De indiska CO_2-utsläppen från stålindustrin kan därför förväntas öka under de kommande tio åren samtidigt som en stor andel av de tillkommande anläggningarna låses in i äldre teknologi. Endast på sikt kan Indien förväntas att utöka sin kapacitet genom investeringar i nya teknologier som mer effektivt kan bidra till att minska CO_2-utsläppen.

[103] World Steel Association (2022).
[104] International Energy Agency (2020).
[105] International Energy Agency (2020).
[106] International Energy Agency (2020).
[107] Ministry of Steel (2020).
[108] International Energy Agency (2020).

4 Svenska investeringar

Ett flertal projekt för att tillverka fossilfritt stål och järnsvamp i Norden har annonserats. Det ligger utanför denna rapport att analysera alla. Jag fokuserar här på de största satsningarna som har finansiering och där uppförandet av anläggningarna påbörjats. Här redovisas därför enbart satsningarna från Hybrit, LKAB, SSAB och H2GS.

4.1 Hybrit Development AB

Hybrit (HYdrogen BReakthrough Ironmaking Technology) Development AB samägs av LKAB, SSAB och Vattenfall och grundades 2016. Målet med företaget är att demonstrera att hela värdekedjan i ståltillverkning kan göras fossilfri, industrialiseras och kommersialiseras i stor skala. Det ska ske genom att använda vätgas.[109] Värt att notera är att LKAB och Vattenfall ägs av svenska staten och att LKAB och finska staten är storägare av SSAB.

Hybrit-projektet är bara en del av LKAB:s och SSAB:s omställning för att minska CO_2-utsläppen. Vid sidan av Hybrit har båda företagen planer för den framtida produktionen av järnmalm, järn och stål. Här beskrivs samlat företagens samtliga planer på sikt.

4.1.1 Hybrit-projektet: från pilot till demonstration

Inom Hybrit har tidigare ett antal pilotsteg tagits:[110]

- utveckling av fossilfri produktion av DR-pellets anpassade för direktreduktion med vätgas,
- pilotanläggning för vätgaslagring samt
- pilotverk för direktreduktion av DR-pellets via vätgas.

Slutmålet för Hybrit är att under 2026 driftsätta fossilfri ståltillverkning i industriell skala. Planen är att via demonstrationsanläggningar i Malmberget och ljusbågsugnar i Oxelösund visa att det går att producera 1,2 miljoner ton fossilfritt råstål om året. Den fossilfria värdekedjan omfattar:

1. Fossilfri produktion av vätgas genom elektrolys. Vätgasanläggningen ska placeras i Malmberget.[111] Det finns inga planer på att bygga vätgaslager då det inte anses nödvändigt.[112]
2. Fossilfri produktion av järnpellets lämpad för vätgasreduktion. Produktionen ska ske i anslutning till LKAB:s nuvarande pelletsverk i Malmberget.[113]
3. Fossilfri produktion av järnsvamp. Anläggningen ska vara integrerad med pelletstillverkningen i Malmberget och producera 1,3 miljoner ton järnsvamp årligen.[114] Svampen transporteras från Malmberget till Oxelösund.
4. Fossilfri produktion av 1,2 miljoner ton stål från järnsvamp i en ny ljusbågsugn i SSAB:s stålverk i Oxelösund.[115]

Utsläppen förväntas minska från 1 600 kilo till 25 kilo CO_2 per ton råstål.[116] Användningen av el förväntas öka från 235 till 3 488 kWh per ton råstål.[117] Energiåtgången för tillverkning av vätgas är i särklass störst och står för 65 procent av den totala energiåtgången och 75 procent av elanvändningen, se tabell 7. Totalt räknar LKAB med att demonstrationsanläggningen kräver fem TWh per år fullt utbyggd 2026.

---

[109] Hybrit (2023b).
[110] HYBRIT (2023a).
[111] Hybrit (2020).
[112] Hybrit (2020).
[113] Hybrit (2020).
[114] LKAB (2021).
[115] Hybrit (2020).
[116] Hybrit (2018).
[117] Hybrit (2018).

Tabell 7: Energiåtgång i Hybrit-processen

kWh per ton råstål

	Bio	Kol	El	Summa
Pelletstillverkning	80			80
Framställning av vätgas			2 633	2 633
Direktreduktion			322	322
Ståltillverkning i ljusbågsugn	380	42	494	916
Övrigt	100		39	139
Summa	**560**	**42**	**3 488**	**4 090**

Källa: Hybrit 2018.

4.1.2 SSAB:s framtida planer

SSAB har i dagsläget tre masugnar i Sverige och två i Finland.[118] M3 (masugn 3) i Luleå är byggd år 2000 och renoverades 2015.[119] Ugnen beräknades 2015 ha en återstående teknisk livslängd på mellan 15 och 20 år och måste avvecklas eller ställas om någon gång mellan 2030 och 2035, vilket kräver betydande investeringar. Ronja (masugn 2) i Oxelösund är byggd 1952 och tagen ur drift. Masugnen tas temporärt i drift när någon av SSAB:s andra masugnar ställs om eller drabbas av tekniska problem. Heta Greta (masugn 4) i Oxelösund är byggd 1961 och ställdes senast om 2011.[120] I tillägg har SSAB produktion i Brahestad Finland som startades 1964 med två masugnar som båda renoverades 2011.[121] Även de måste avvecklas eller ställas om senast 2035.

SSAB ställer om från masugnar till ljusbågsugnar

SSAB ser en kraftigt växande efterfrågan på fossilfritt stål och uppskattar att bruttopremien som kan tas ut på stål, med nästan inga koldioxidutsläpp, är 300 euro per ton.[122]

Mot denna bakgrund och att deras masugnar är ålderstigna beslutade SSAB i januari 2018 att helt lägga om sin produktion i Sverige och Finland.[123] Målet är att konvertera masugnen i Oxelösund till en ljusbågsugn till 2025. Produktionen av fossilfritt stål uppges kunna komma i gång tidigast mot slutet av 2026.[124] Till 2028 och 2030 planerar bolaget att ha konverterat masugnarna i antingen Luleå eller Brahestad till två så kallade mini-mills ljusbågsugnar.[125] Med enbart ljusbågsugnar och fossilfri el menar SSAB att de i stort sett kan reducera CO_2-utsläppen till noll i sin verksamhet senast 2030.[126] SSAB undersöker även möjligheterna att producera egen järnsvamp och nödvändig vätgas i Brahestad.[127]

SSAB:s extra elbehov för omställningen

För att ställa om företaget uppger SSAB att de behöver upp till fyra TWh extra el, exklusive Hybrit, i hela Norden när samtliga ljusbågsugnar är installerade 2030.[128] Behovet motsvarar en tillverkning av sex till sju miljoner ton råstål per år, vilket är i linje med företagets nuvarande årliga tillverkning i Norden.[129] Den exakta fördelningen av produktionen inom Sverige och mellan Sverige och Finland är inte säker och beror på tillgången på el i de svenska elområdena och i de båda länderna framöver.

Svenska kraftnät har redan påbörjat utbyggnaden av elnätet längs norrlandskusten för att kunna möta SSAB:s och andra företags ökade efterfrågan på el.[130] Vattenfall har fått tillstånd att ansluta SSAB:s ljusbågsugn i Oxelösund.[131]

[118] SSAB (2023b).
[119] SSAB (2015).
[120] SSAB (2017).
[121] SSAB (2015).
[122] SSAB (2023c).
[123] Eskilstuna-Kuriren (2018).
[124] SSAB (2023d).
[125] SSAB (2023c).
[126] SSAB (2023f).
[127] SSAB (2023e).
[128] SSAB (2023c) och SVT (2023).
[129] SSAB (2023b).
[130] Haglund (2022).
[131] Vattenfall (2023) och Wennberg (2022).

SSAB:s har startar en förstudie om järnsvampstillverkning

SSAB och Fortum utreder tillsammans förutsättningarna för att tillverka vätgas och vätgasreducerad järnsvamp i finska Brahestad. Studien ska vara klar under våren 2024.

4.1.3 LKAB:s framtida planer

LKAB:s planer till 2030 är omfattande

LKAB:s planer under de kommande tio åren omfattar inte bara utbyggnad av för bolaget relativt ny teknik i Malmberget för att tillverka järnsvamp. LKAB ska även påbörja utvinning av nya metaller samt gå på djupet i både Kiruna och Malmberget. I stora drag kan planerna till 2030 sammanfattas som följer:

1. **Bygga vätgasproduktion genom vattenelektrolys och vätgaslager i Malmberget.** LKAB räknar med att all vätgas produceras när den ska användas i det första skedet fram till 2026. Därefter är det oklart om ett vätgaslager ska byggas, och om det byggs hur stort det ska vara. LKAB har ansökt om att köpa mark för vätgasproduktion i Porjus med direkt anslutning till vatten.[132] För att kunna säkra produktionen behöver LKAB även säkra eltillförsel till Malmberget motsvarande 20 TWh fram till 2030.[133]
2. **Ställa om all pelletstillverkning från BF- till DR-pellets i Malmberget.** För att kunna säkra att stålet blir fossilfritt måste även pelletstillverkningen bli fossilfri. Detta ska göras genom att producera DR-pellets med fossilfria bränslen.
3. **Bygga upp järnsvampsproduktion i Malmberget.** Bortom Hybrit planerar LKAB att ställa om hela produktionen i Malmberget till att tillverka 5,4 miljoner ton järnsvamp 2030.[134] Målet är att utbyggnaden sker i sådan takt att produktionen ska täcka SSAB:s behov.[135]
4. **Gå på djupet i både Kiruna och Malmberget.** LKAB har hittat järnmalmsfyndigheter som räcker för att fortsätta järnmalmstillverkningen bortom 2060. I både Malmberget och Kiruna finns denna framtida brytbara järnmalm på upp till 2 000 meters djup. För att klara av brytningen på sådant djup behöver LKAB utveckla ny teknik och nya sätt att bygga på för att klar de ökade riskerna med bland annat den högre bergsspänningen och de högre temperaturerna.
5. **Cirkulär industripark i Luleå.** LKAB planerar att investera 10 miljarder i en cirkulär industripark i Luleå under de kommande åren. Målet är att utvinna sällsynta jordartsmetaller och fosfor ur gruvavfall.[136]
6. **Exploatera nya mineraler.** I januari 2023 annonserade LKAB de jordartsmetaller som finns i Kirunaområdet. Per Geijer-fyndigheten innehåller uppskattningsvis 735 miljoner ton järnmalm[137] och mer än 1,3 miljoner ton jordartsmetalloxider. LKAB lämnade i juni 2023 in en ansökan om bearbetningskoncession.[138] De hoppas på en snabb tillståndsprocess och räknar med att EU:s behov av strategiskt viktiga mineral kan påskynda processen så den bara tar två år. Det innebär att LKAB kan behöva göra ytterligare stora investeringar utöver de redan planerade innan 2030.

LKAB:s planer efter 2030

Mellan 2030 och 2050 ska verksamheten i Kiruna ställas om. Målet är att före 2050 helt ha ställt om all produktion av järnpellets i både Kiruna och Malmberget till att i stället tillverka 24,4 miljoner ton av järnsvamp.[139]

LKAB uppskattar att bolagets elbehov ökar proportionellt i takt med att företaget ökar sin produktion av vätgas. Under 2030 uppskattas behovet vara 20 TWh, 2040 är behovet 50 TWh och senast 2050 är behovet 70 TWh, se tabell 8.

---

132 LKAB (2023c).
133 LKAB (2022b) och LKAB (2022c).
134 Kärrman (2022).
135 LKAB (2022a).
136 LKAB (2023d).
137 Järnmalmen i Per Geijer fyndigheten består främst av hematit och en blandning av magnetit och hematit. Det gör att värdet av järnmalmsbrytningen är begränsat, LKAB (2022e).
138 LKAB (2023a).
139 LKAB (2022b).

LKAB:s investeringsbehov för att genomföra investeringarna kan uppskattas till 26 miljarder fram till 2026, se tabell 8. Till 2030 har investeringsbehovet ökat till 126 miljarder kronor. Det motsvarar investeringar på som minst 50 procent av företagets omsättning årligen fram till 2030. Investeringarna kan även jämföras med att företagets genomsnittliga utdelning till staten under perioden 2013–2022 som var fyra miljarder per år.

Tabell 8: LKAB:s framtida planer

Enheter enligt tabell

Mått	2026	2030	2040	2050
Järnsvamp (milj. ton per år)[1]	1,3	5,4	17,1	24,4
El (TWh per år)	5,0	20,0	50,0	70,0
Kumulativa investeringar (mdr. kr)[2]	26,0	126,0	326,0	426,0

Not: [1] 2040 är uppskattat baserat på LKAB:s uppgivna elbehov för åren och att 2,9 MWh el behövs för att tillverka 1 ton järnsvamp.
[2] Maximal investeringskostnad enligt LKAB + 16 miljarder i kostnad för demonstrationsanläggning i Malmberget + 10 miljarder för cirkulär industripark. Kostnader för utforskning och brytning av nya mineraler samt brytning av järnmalm på djupare nivåer ingår inte.
Källa: Egna beräkningar och LKAB 2020, LKAB 2021, LKAB 2022b, och LKAB 2023b.

4.2 H2 Green Steel

H2GS AB grundades 2020 med syfte att tillverka grönt stål. Företagets avsikt är att skapa en integrerad process från järnmalm till färdiga stålprodukter. Processen beskrivs som följande:[140]

1. Tillverkning av vätgas genom elektrolys.
2. Tillverkning av järnsvamp genom direktreduktion av järnmalm med hjälp av vätgas.
3. Tillverkning av råstål från järnsvamp och skrot i ljusbågsugn.
4. Tillverkning av handelsfärdigt stål, explicit varmvalsade rullar och ringar, från flytande råstål.
5. Tillverkning av stålprodukter från det handelsfärdiga stålet.

I stora drag liknar det tänkta tillvägagångssättet Hybrit-projektet, H2GS planerar inte för något vätgaslager. När utbyggnaden är helt klar ska verksamheten vara fullt vertikalt integrerad. H2GS avser att köpa in järnmalm, stålskrot och el för att därefter kontrollera hela tillverkningskedjan fram till färdiga stålprodukter. Inblandningen av stålskrot uppges vara som mest 50 procent, det vill säga drygt hälften av stålet avses tillverkas från egentillverkad järnsvamp.[141]

H2GS uppger att deras tillverkningsprocess reducerar CO_2-utsläppen upp till 95 procent jämfört med den traditionella processen. Skälet till att de inte kan reducera utsläppen mer anges vara att naturgas ska användas för att tillsätta kol i ståltillverkningen. Koltillsättningen via naturgas ska på sikt bytas ut mot tillsättning via förnybar biogas.[142]

Produktionsplaner

Det ursprungliga målet var att tillverkningen skulle startas 2025 med produktion på två och en halv miljoner ton stål för att därefter öka till fem miljoner ton 2030. Tidplanen är försenad och H2GS har aviserat att produktionen kan startas först 2025 för att därefter trappas upp under 2026 till en volym på två och en halv miljoner ton. Det är i dagsläget oklart om en årsproduktion på fem miljoner ton 2030 kan nås enligt plan.[143]

H2GS behöver tio TWh per år för att producera 2,5 miljoner stål. På sikt uppger H2GS att deras behov är 13–17 TWh per år för att producera fem miljoner ton per år.[144]

[140] H2 Green Steel (2022).
[141] Norrbottenskuriren (2022).
[142] H2 Green Steel (2023a).
[143] H2 Green Steel (2023a).
[144] H2 Green Steel (2023a).

5 Bedömning av de svenska affärerna

5.1 Det nya stållandskapet

Kraven på omställning för att minska utsläppen har medfört en snabbare övergång till nya tekniker, vilket även medför nya affärsmöjligheter. Framtiden för stålindustrin kan sammanfattas som följer:

1. **Nya kombinationer av tekniker bryter den traditionella processens värdekedjor.** Tekniker, såsom järnsvamp som produkt och ljusbågsugnar som teknik, medför nya möjligheter till både affärer och vertikal integration. Järnsvamp är en järnmalmsprodukt som karaktäriseras av högt järninnehåll, lägre vikt, att den kan användas i såväl masugnar som ljusbågsugnar samt har potential för att minska CO_2-utsläppen. Ljusbågsugnar kan i sin tur säkra låga till inga CO_2-utsläpp genom att drivas med fossilfri el.

   Tillsammans med fossilfri el bryter järnsvampen och ljusbågsugnarna den normala vertikala tekniska integrationen i traditionella stålverk och erbjuder ett alternativt sätt att tillverka såväl mindre brunt stål som helt grönt i industriell skala.

2. **Stålindustrin är inlåst i den traditionella processen för lång tid framåt.** Den allra största delen av allt stål tillverkas från hematit i masugnar. DR-pellets kan än så länge inte kostnadseffektivt tillverkas från hematit, vilket låser in huvuddelen av den nuvarande järnmalmsproduktionen i leveranser till den traditionella processen.

   Samtidigt är masugnarnas medelålder låg på global nivå och kan förväntas förbli låg i takt med att Indien bygger fler stålverk. Efterfrågan på billig järnmalm, oavsett kvalitet, kommer därför vara fortsatt hög.

   Ståltillverkningen är således inlåst både utifrån ett leverantörs- och tillverkningsperspektiv i den traditionella processen för lång tid framåt. Detta framgår även tydligt av de fyra största gruvbolagens fokus på att minska utsläppen i den traditionella processen.

3. **Inlåsningen styr forskning och utveckling mot att minska CO_2-utsläppen i den traditionella processen.** Uppgraderingsteknikerna av den traditionella processen löser än så länge inte CO_2-utsläppen, och kan för närvarande bara ses som temporära lösningar. För att den traditionella processen ska vara livskraftig på längre sikt måste de nya teknikerna kunna göra processen fossilfri.

   Inlåsningen i en starkt fossilberoende produktion i kombination med krav på lägre utsläpp innebär ett kraftigt omvandlingstryck och investeringsvilja i att hitta tekniska lösningar som minskar utsläppen i den traditionella processen. Ägarna till traditionella stålverk står – något förenklat – inför valet att antingen förlora sina investeringar eller göra dem fossilfria.

   Man kan därför förvänta sig att de största stålproducenterna kommer investera tungt i forskning och utveckling för att göra den traditionella processen fossilfri. På sikt kan man förvänta sig tillräckligt bra lösningar för till exempel CCSU, top-gas recycling eller andra tekniker som kan bidra till att göra den traditionella processen fossilfri.

4. **Inlåsningen har konsekvenser för priser, differentiering och marknadssegmentering.** Priset på stål på världsmarknaden kommer till största del sättas av den traditionella processen. Skälen är att efterfrågeökningarna på stål i utvecklingsländerna kommer mötas av utbyggd kapacitet i dessa länder, exempelvis i Indien. Dessutom kommer Kinas stora produktionskapacitet snart vara större än den inhemska efterfrågan. Denna kapacitet kommer då vända sig mot världsmarknaden. När Indien på liknande sätt byggt upp sin ekonomi kommer även deras produktionskapacitet vändas mot världsmarknaden.

   Företag med nya och mer kostnadskrävande metoder kan därför inte förvänta sig vara prissättande på den internationella marknaden på grund av en stigande efterfrågan i framtiden. De måste därför förlita sig på att differentiera sitt stål mot andra leverantörer på ett sådant sätt att de kan få täckning för sina kostnader. Exempelvis genom högkvalitativt specialstål och/eller fossilfritt stål.

5. **Vertikal integrering och differentiering är av stor vikt för stålproduktion med de nya teknikerna.** De banbrytande tekniker som i grunden förlitar sig på järnsvamp måste säkra sina leveranser av DR-pellets och/eller järnmalm av högsta kvalitet och järninnehåll. Risken är annars att produktionskapaciteten inte kan utnyttjas till fullo eller att malm av lägre kvalitet måste blandas in i processen. Det leder till högre kostnader och sämre kvalitet på det färdiga fossilfria stålet och att man förlorar fördelarna med differentieringen mot fossilfritt stål.

   För att säkra investeringarna i nya tekniker som kräver järnsvamp och ljusbågsugnar måste de helst kompletteras med någon typ av vertikal integration uppströms med gruvbolag som har tillgång till lämplig järnmalm.

6. **Låsningarna på järn- och stålmarknaderna öppnar för banbrytande tekniker.** Processerna för smältreduktion och smältelektrolys är fortfarande i pilotstadiet. De har flera fördelar jämfört med övriga processer i och med att de kan tillverka rent järn mer eller mindre direkt från vilken typ av järnmalm som helst. Detta kemiskt rena järn kan sedan direkt matas till ljusbågsugnar för precisionstillverkning av alla typer av låg- och högkvalitativt stål.

   Processerna ger ett övertag gentemot andra metoder. Till skillnad från den traditionella processen kan CO_2-utsläppen med säkerhet minskas i betydande omfattning. Till skillnad från de tekniker som förlitar sig på järnsvamp behövs inte järnmalm av hög kvalitet eller kostnadskrävande anriknings-processer. Till skillnad från de flesta processer kan järnet tillverkas i ett enda steg för att därefter matas till anläggningar för att tillverka stål.

   Tekniken för smältelektrolys är dessutom starkt modulär, vilket initialt leder till låga krav på kapital samtidigt som byggtiderna blir korta. Modulariteten innebär även att det räcker med ett enda lyckat försök i begränsad skala för att bevisa dess ekonomiska potential. De låga kraven på investeringskapital gör att tekniken därefter snabbt och enkelt kan kommersialiseras världen över.

   Banbrytande tekniker, såsom smältelektrolys, har potentialen att förändra ståltillverkningen i grunden. Om en sådan metod visar sig vara kommersiellt gångbar kan den attrahera omfattande investeringar på kort tid och på många platser världen över. En sådan utveckling förändrar fundamentalt värdekedjor och gör samtidigt vissa tekniker olönsamma. Modulariteten kan till exempel leda till direktinvesteringar i tekniken från stålkonsumerande företag, t.ex. bilindustrin. Det kan bli fallet om omställningen till fossilfritt stål upplevs gå för långsamt.

5.2 Bedömning av SSAB:s annonserade planer

Europas 27 traditionella stålverk har en genomsnittsålder på 50 år.[145] För att Europa och EU ska kunna nå uppsatta klimatmål till 2050 finns därför bara två huvudsakliga vägar att gå. Den första är att pensionera masugnarna och gå över till ljusbågsugnar. Den andra är att uppgradera de nuvarande traditionella anläggningarna med ny teknik som CCSU, top-gas-recycling, ökad bioanvändning och/eller ökad användning av fossilfri järnsvamp.

SSAB:s investeringsbeslut är en realekonomisk nödvändighet för att överleva

SSAB:s planer faller inom den första strategin: att på sikt pensionera masugnarna och gå över till ljusbågsugnar drivna av fossilfri el. SSAB:s val måste ses som tekniskt nödvändigt och ekonomiskt rimligt. Det mot bakgrund av åldern på SSAB:s masugnar, tillgången till fossilfri el i närheten av anläggningarna i både Sverige och Finland samt att bolaget redan har en etablerad infrastruktur och kundbas för storskalig tillverkning av stål. Givet att LKAB kan leverera fossilfri järnsvamp till konkurrenskraftiga priser kan SSAB även behålla sin komparativa konkurrensfördel av närhet till högkvalitativ järnmalm.

Alternativet för SSAB var att behålla, restaurera eller nyinvestera i befintliga och nya masugnar. Det kan utifrån ett politiskt, ekonomiskt eller hållbarhetsperspektiv troligtvis aldrig ha varit ett aktuellt eller trovärdigt investeringsval. Främst eftersom en sådan strategi under en övergångsperiod skulle medföra fortsatta stora utsläpp. Dessutom kan en sådan strategi än så länge inte med säkerhet helt reducera CO_2-utsläppen.

[145] International Energy Agency (2020).

Bolagets investeringar för att lägga om produktionen ska därför ses som en realekonomisk nödvändighet. Bilden som SSAB målar upp av att bolaget nu investerar i att rädda klimatet ska förstås i ljuset av denna nödvändighet.[146]

SSAB blir helt beroende av LKAB

Under tiden som produktionen av fossilfri järnsvamp globalt byggs upp kommer den producerade järnsvampen till största delen vara förbehållen vertikalt integrerade ljusbågsugnar. Tillgången till handelsbar fossilfri järnsvamp kommer således vara begränsad. SSAB blir därmed helt beroende av LKAB:s järnsvampsproduktion för sin affär, och det för en lång tid framöver.

Misslyckas LKAB med att leverera järnsvamp till SSAB i de mängder och till de priser som krävs faller en viktig del i SSAB:s affär att tillverka fossilfritt stål. Alternativet, att LKAB subventionerar järnsvampen till SSAB i jämförelse med världsmarknadspriset, innebär att LKAB:s investeringar blir mindre lönsamma.

I Hybrits förstudier framkommer att kostnaderna för att framställa fossilfritt stål med hjälp av vätgas blir mellan 20 och 30 procent högre än via den traditionella processen, vid ett givet lågt antaget elpris.[147] Kostnadsökningarna ligger främst hos LKAB i deras järnsvampsframställning. Dessa kostnader måste vältras över på SSAB och därefter på slutkunderna för att LKAB inte ska subventionera SSAB:s stål. Här finns en risk att LKAB tvingas att subventionera sin järnsvampsproduktion (med lägre internt pris för sina DR-pellets) för att priset på SSAB:s stål ska bli konkurrenskraftigt.

5.3 Bedömning av LKAB:s annonserade planer

Den globala tillgången på högkvalitativ malm som kan användas utan förädling till att göra järnsvamp är till största del inlåst. Genom vertikal integration har de största globala ståltillverkarna skapat värdekedjor som går från gruva till stål, via järnsvamp och ljusbågsugnar. LKAB:s affärsplaner är således inte unika utan imiterar redan existerande strukturer. LKAB avviker från övriga bolags strategi genom den storskaliga satsningen på att göra hela värdekedjan fossilfri från start samt att den sker vertikalt nedströms. Det innebär ett åtagande i form av nya tekniker, uppskalning av äldre samt att lära sig nya marknader.

LKAB:s affärsplan utgår från bolagets enda reella resurs

LKAB har tillgång till högkvalitativ järnmalm som lämpar sig väl för att tillverka DR-pellets, som i sin tur lämpar sig väl för att tillverka järnsvamp. LKAB:s malm i kombination med begränsad tillgång på världsmarknaderna till både handelsbara DR-pellets och järnsvamp förklarar LKAB:s annonserade planer.

LKAB har således identifierat möjligheter att tjäna pengar på att förädla sin högkvalitativa järnmalm till fossilfria DR-pellets och sälja dem på de internationella marknaderna där priserna sannolikt kommer öka.

Genom en vertikal teknisk och ekonomisk integration nedströms från sina gruvor planerar de även att ta över hela produktionskedjan. LKAB är SSAB:s största ägare med 10,5 procent av kapitalet och 16,0 procent rösterna. I ett första steg knyter LKAB hela sin produktion av järnsvamp till SSAB. På det sättet säkrar LKAB hela värdekedjan, alla skalfördelar och SSAB:s komparativa fördelar av närhet till järnmalm. Leveranserna av järnsvamp till SSAB minskar risken i affären på ett sätt som skapar långsiktiga möjligheter för att bygga lönsamhet hos både LKAB och SSAB.

LKAB:s planer är omfattande och utan historisk motsvarighet

LKAB:s planer fram till 2050 är omfattande. Planerna är framtunga och många projekt ska realiseras i närtid. Satsningarna är var för sig kapitalintensiva och kommer ta omfattande resurser i anspråk. Alla satsningar är dessutom inom ny teknik och nya affärsområden för bolaget. I vissa fall innebär satsningarna helt ny teknik på marknaden eller uppskalning av äldre teknik utan historisk motsvarighet. Det gäller vätgastillverkning, vätgaslagring, vätgasbaserad tillverkning av järnsvamp och tekniker för att bryta malm på än djupare nivåer.

---

[146] SSAB (2023a).
[147] Pei m.fl. (2020) och Hybrit (2018).

I jämförelse med företagets historia och tidigare investeringar är satsningarna och omställningen av bolaget betydligt mer omfattande. Det framstår som osäkert om LKAB kan hantera samtliga tekniska och ekonomiska aspekter av alla investeringar. Detta samtidigt som bolaget ska ompositioneras från ett renodlat gruvbolag till en storskalig producent och leverantör av järnsvamp. Historiskt har LKAB ingen erfarenhet av så stora satsningar och omställningar.

En viktig fråga är hur bolaget ska hitta kapital till alla satsningar. Investeringarna fram till 2030 kan komma att uppgå till 126 miljarder, se tabell 8. Denna siffra inkluderar då varken investeringar för fortsatt prospektering och brytning av nya mineraltillgångar eller investeringar för brytning av järnmalm på djupet i Kiruna och Malmberget.

Det är dessutom oklart hur stora investeringar som satsningarna kräver. LKAB har meddelat att investeringarna enbart för fossilfri tillverkning av järnsvamp uppgår till mellan 150 och 400 miljarder under de kommande 15 till 20 åren.[148] Ett sådant spann indikerar en osäkerhet hos LKAB om vilka satsningar som ska realiseras och/eller vad omstruktureringen av företaget kommer kosta.

LKAB:s tekniska utmaningar till 2030

LKAB:s plan är att 2030 tillverka 5,4 miljoner ton järnsvamp i Malmberget. Det kräver som minst två toppmoderna järnsvampsanläggningar. Färdigställandet av en fullskalig anläggning med beprövad teknik baserad på naturgas tar cirka tre år.[149] Då byggs anläggningen av ett etablerat bolag med 50 års erfarenhet av tekniken och med cirka 10 färdigställda anläggningar per år. Det är oklart vilken leverantör som LKAB valt eller kommer välja för demonstrationsanläggningen och den fullskaliga anläggningen.

Oavsett leverantör kommer produktionsanläggningen för järnsvamp i Malmberget vara den största i världen och drivas helt av vätgas – vilket inte bara är nytt för LKAB, utan även för marknaden. I anslutning till anläggningen i Malmberget ska LKAB dessutom fortsätta med gruvbrytning (på outforskade djupa nivåer) med tillhörande pelletstillverkning som ska ställas om från BF-pellets till fossilfria DF-pellets.

Till detta ska byggas anläggningar för vätgastillverkning och vätgaslager. Produktionen och lagringen av vätgas bara i Malmberget kommer vara på en skala som inte har några existerande förlagor. För att producera 5,4 miljoner ton järnsvamp behövs cirka 300 000 ton vätgas som ska tillverkas genom elektrolys.

Dagens största elektrolysörer har en kapacitet på cirka 3 000 ton vätgas per år vid fullt kapacitetsutnyttjande. Det innebär att LKAB till 2030 behöver bygga en vätgaspark med som minst 100 av dagens mest moderna elektrolysörer. Eftersom utnyttjandegraden varken kan eller planeras vara 100 procent räcker inte detta antal. Tanken är att vätgasen ska tillverkas när elpriset är som lägst och att elektrolysörerna är avslagna när elpriset är högt. Det betyder att LKAB behöver investera i överkapacitet för att till fullo kunna dra nytta av fluktuationer i elpriset och samtidigt tillverka den nödvändiga mängden vätgas. Hur LKAB ska hanteras dessa frågor har de inte kommunicerat. För att sätta LKAB:s planerade vätgasanläggning i perspektiv kan man konstatera att den måste vara minst 11 gånger större än dagens största anläggning i drift.[150]

Hur stor överkapacitet som LKAB behöver investera i är kopplat till storleken på det vätgaslager som de avser bygga. För att klara en veckas produktion av järnsvamp under perioder då elpriset är högt behövs ett vätgaslager på drygt 300 000 kubikmeter.[151] LKAB:s driftsatta pilotlager i Luleå har en storlek på 100 kubikmeter. Det betyder att LKAB som minst behöver skala upp sin pilotanläggning med en faktor 3 000 för att kunna tillverka järnsvamp i Malmberget såsom tänkt. Omfattningen på LKAB:s vätgaslager kan även jämföras med världens största vätgaslager under mark som håller på att byggas i Utah USA.[152] Anläggningen kommer vara dubbelt så stor som LKAB:s planerade vätgaslager i Malmberget, men vara uppdelad i två separata underjordiska bergrum.

---

148 LKAB (2020).
149 Midrex (2023).
150 Collins (2022).
151 Givet ett tryck på 250 bar och en temperatur på 20 grader. LKAB menar själva att det räcker med att lagra upp till 120 000 kubikmeter för att driva en av sina järnsvampsfabriker (vid okänt tryck och temperatur) i tre till fyra dagar. Två fabriker kräver då 240 000 kubikmeter, LKAB (2022d).
152 Aces Delta (2023).

LKAB:s tidplan till 2030 är ansträngd och fördröjningar är en risk för SSAB

Om LKAB får problem med produktionen av järnsvamp eller om tidplanerna fördröjs kommer SSAB:s investeringar i ljusbågsugnar hotas av förseningar, högre kostnader och/eller utebliven produktion. Problemen för SSAB kan bli allvarliga om de i stället tvingas köpa fossil järnsvamp dyrt på världsmarknaden. Då kan SSAB förlora både sina konkurrensfördelar med att investera i ljusbågsugnar och differentieringen mot fossilfritt stål. I allra värsta fall måste SSAB avbryta sina satsningar på ljusbågsugnar och tvingas fortsätta med sina masugnar med fortsatt stora utsläpp.

LKAB:s planer efter 2030 är omfattande

Trots de tekniska och ekonomiska utmaningarna för att färdigställa satsningarna i Malmberget planerar LKAB ändå att ställa om hela sin produktion. Före 2050 avser LKAB att producera cirka 20 miljoner ton järnsvamp i Kiruna. Det motsvarar åtta toppmoderna järnsvampsanläggningar, vilket är fem gånger större än dagens största anläggning: Mobarakeh Steel i Iran. Mängden järnsvamp som LKAB planerar att tillverka när omställningen är klar motsvarar drygt 20 procent av dagens globala produktion.

Dessa planer kommuniceras som faktum trots att LKAB ännu inte ens färdigställt en demonstrationsanläggning som visar att tekniken fungerar. Än längre bort ligger bevisen för att de kan driva en fullskalig produktion. Planerna för att tillverka järnsvamp från vätgas i Malmberget verkar dessutom ännu inte ha lämnat ritbordet. Till exempel har processen för att tillverka den nödvändiga vätgasen endast kommit till punkten att LKAB begärt att få köpa mark i Porjus som eventuellt är lämpligt för vätgasproduktion.

Vad ger bäst avkastning: DR-pellets eller järnsvamp?

LKAB:s vertikala integrering nedströms innebär att LKAB tar över delar av värdeskapandet från SSAB och de traditionella stålverken. Varför LKAB tar över detta steg, investeringar och alla risker, från SSAB är oklart. För ett övertagande betyder inte per automatik lönsamhet eftersom LKAB tar över kapitalkostnaderna för järnsvampsanläggningarna. Enligt LKAB är investeringskostnaderna för att ställa om bolaget från järnmalmsproducent till järnsvampsproducent mellan 150 och 400 miljarder. Hur finansieringsplanen ser ut och hur de olika momenten i produktionskedjan kostar är inte kommunicerat. I detta ingår inte investeringar för att säkra elproduktionen eller annan infrastruktur.

En viktig ekonomisk analys är vilken del av värdekedjan från gruva till stål som genererar mest värde och lönsamhet. Mängden handlad DR-pellets på världsmarknaden är begränsad och efterfrågan kan förväntas öka med högre priser som följd. Det leder till att även mängden järnsvamp kommer vara begränsad, men det enbart på grund av begränsningarna i mängden DR-pellets. Det kan därför mycket väl vara så att de största ekonomiska värdena och den största lönsamheten ligger i att enbart förädla malmen till DR-pellets – inte att vidareförädla pelletsen till järnsvamp. För LKAB:s del innebär en affärsstrategi som stannar med att de enbart tillverkar fossilfria DR-pellets ett begränsat kapitalåtagande och betydligt färre risker eftersom LKAB redan i dag tillverkar pellets.

Investeringarna i järnsvampsanläggningar kan mycket väl vara olönsamma jämfört med ett sådant alternativ. Om produktionskostnaderna för järnsvamp blir höga i förhållande till världsmarknadspriset kan järnsvampstillverkningen komma att bidra negativt i värdekedjan. Ur detta perspektiv är det ett problem att LKAB äger en andel av SSAB. Den ekonomiska analysen blir annorlunda och begränsar LKAB:s handlingsfrihet. En mer grundläggande ekonomisk analys kan mycket väl visa att ägandet av SSAB är en risk och en hämsko för LKAB:s affärer. Omvänt kan ägandet även låsa SSAB i för hög grad till LKAB och göra att bolaget får svårt att hitta alternativa vägar om satsningarna inte faller ut som planerat.

5.4 Bedömning av H2GS planer

H2GS planer utgår från att efterfrågan på gröna stålprodukter kommer öka. Målet med satsningarna är att skapa en helt vertikalt integrerad värdekedja fram till det gröna stål de avser att sälja till premium-priser. På detta sätt kan de säkra att värdet av investeringarna till fullo tillfaller företaget och inte dess konkurrenter.

H2GS har ingen säker tillgång till DR-pellets

H2GS har identifierat potentialen med en starkt vertikalt integrerad produktion för att nå lönsamhet i att tillverka grönt stål. Planen brister då ingen hänsyn verkar ha tagits till nödvändigheten av säker tillgång till DR-pellets – antingen genom att äga en gruva med högkvalitativ malm eller inkludera en förädlings-anläggning för malm av lägre kvalitet.

H2GS verkar ha utgått från att de ska få tillgång till LKAB:s DR-pellets, men det kan aldrig ha varit eller komma bli ett realistiskt alternativ. LKAB avser bara tillverka DR-pellets i Malmberget i en mängd som täcker SSAB:S behov av järnsvamp. Även om LKAB skulle ha överkapacitet utöver SSAB:s behov är det orimligt att tro att LKAB skulle sälja detta som DR-pellets till H2GS innan 2030. LKAB kommer investera stort i att tillverka järnsvamp anpassad till den mängd malm som tas upp i gruvan i Malmberget. Det är osannolikt att LKAB skulle riskera lönsamheten genom att minska produktionen av järnsvamp för att i stället sälja DR-pellets till H2GS.

Även efter 2030, när LKAB ställt om produktionen i Kiruna, är det osäkert om LKAB kommer sälja malm till H2GS eftersom LKAB:s plan för Kiruna fokuserar på järnsvamp som slutprodukt.

Problematiken med DR-pellets försvårar H2GS planer avsevärt

För att överhuvudtaget kunna driva anläggningen måste H2GS därför köpa DR-pellets från Kanada eller Brasilien.[153] Givet att produktionen når målen måste H2GS importera två miljoner ton DR-pellets under 2026, det i tillägg till 1,25 miljoner ton stålskrot.

Det större problemet är att H2GS inte har säker tillgången till DR-pellets i den omfattning som krävs på längre sikt. De blir således beroende av utvecklingen på världsmarknaden och det utbud som råkar finnas. Det innebär både prisrisker och risk för att anläggningarna tvingas köras med begränsad kapacitet. Båda dessa effekter kan slå mot lönsamheten.

Alternativ som att blanda in malm av lägre kvalitet eller att enbart använda stålskrot slår mot lönsam-heten. Inblandningar av malm med lägre kvalitet ger på samma sätt som att enbart använda stålskrot problem med föroreningar och kvaliteten på det färdiga stålet. Frågan är om bolaget kan få avsättning för sådant stål till premiumpriser. Dessutom finns och startas nu ett stort antal ljusbågsugnar i Europa med just denna affärsidé, vilket gör att konkurrensen inom det marknadssegmentet kan förväntas bli hård.

Är H2GS stål fossilfritt?

Med den osäkra tillgången till DR-pellets följer ett antal viktiga problem. För det första är DR-pelletsen från Vale och Rio Tinto inte fossilfria utan kommer med koldioxidutsläpp på cirka 60 kilo CO_2 per ton färdigt stål. För det andra följer med transporterna från Brasilien och Kanada ytterligare koldioxidutsläpp. För det tredje har Trafikverket varnat för att Malmbanan redan är ansträngd och att kapaciteten inte räcker för ytterligare transporter i de mängder som krävs. I värsta fall kan transporterna mellan Luleå hamn och H2GS i Boden tvingas ske med lastbil. Fullt utbyggt betyder detta lastbilstransporter från Luleå till Boden motsvarande cirka sex miljoner ton DR-pellets och stålskrot samt i omvänd riktning lastbils-transporter av fem miljoner ton färdiga stålprodukter. Till detta ska läggas att transporterna i båda riktningar troligtvis måste gå tomma i retur då lastbilarna inte är anpassade för att kunna ta både malm och färdiga stålprodukter.

Dessa extra utsläpp ska läggas till att H2GS stål inte är fossilfritt utan endast minskar utsläppen med 95 procent. Adderas dessa fem procent i koldioxidutsläpp med utsläppen från DR-pelletsen kommer H2GS koldioxidutsläpp uppgå till cirka 750 000 ton koldioxid vid fullskalig produktion 2030.

[153] H2GS har avtalat med både Vale och Rio Tinto om leveranser av DR-pellets. H2 Green Steel (2023b) och H2 Green Steel (2023c).

Dessa utsläpp kan svärta ned stämpeln av det som H2GS marknadsför som grönt stål och i förlängningen medföra att stålet betingar en lägre premie eller i värsta fall ingen premie överhuvudtaget.

Stor risk att planerna fördröjs ytterligare

H2GS tidplan att börja tillverka fossilfritt stål under 2025 är redan försenad. Bolaget har tecknat avtal om en järnsvampsanläggning från Midrex. En sådan anläggning tar cirka tre år att bygga och produktionssätta. Det betyder att tillverkningen av järnsvamp i större skala troligtvis kan påbörjas tidigast mot mitten av 2026.

Förutom järnsvampsanläggningen ska H2GS även färdigställa en av de största vätgasfabrikerna i världen, en ljusbågsugn samt ett verk för tillverkning av handelsfärdigt stål till 2026. Till det kommer produktionsanläggningar för de färdiga stålprodukter som företaget ska tillverka. Mot bakgrund av H2GS alla olösta problem framstår planerna som svåra att realisera inom uppsatta tidplaner och med lönsamhet.

5.5 Sammantagen bedömning

Stålindustrin globalt kommer under lång tid vara beroende av den traditionella processen och beräknas inte vara helt grön förrän tidigast 2070. Orsaken är inlåsningen i masugnstekniken och produktionen av hematitbaserad järnmalm.

SSAB och H2GS kommer fortsatt vara konkurrensutsatta från brunt stål

Förutom fortsatt hård internationell konkurrens kommer både SSAB:s och H2GS lönsamhet även att prövas på den europeiska marknaden. Trots att flertalet europeiska tillverkare försöker minska sina CO_2-utsläpp i de traditionella stålverken kan de inte förväntas nå helt fossilfri tillverkning förrän på relativt lång sikt.

Utbudet, både i och utanför Europa, av mer eller mindre brunt stål kommer därför att vara högt under lång tid framöver. Efterfrågan måste anpassa sig till detta faktum och slutkonsumenter kan inte förvänta sig tillgång till helt grönt stål i större mängder på lång tid.

Om efterfrågan på fossilfritt stål är stark och skapar lönsamhet kan flera av SSAB:s och H2GS europeiska konkurrenter relativt enkelt snabbt ställa om till fossilfritt stål via stålskrot för att täcka efterfrågan. Flera europeiska stålverk genomför nu denna omställning med avsikt att ta andelar inom det framtida fossilfria marknadssegmentet.

På längre sikt måste därför SSAB och H2GS räkna med att fossilfritt stål i sig inte är en avgörande faktor för bolagens framgång. Fossilfritt stål kan visserligen bli en framgångsrik differentiering på kort sikt och möjligtvis även på medellång sikt. På lång sikt är läget annorlunda eftersom tillgången på fossilfritt stål över tid kommer att öka och i sig inte längre utgöra en konkurrensfördel.

SSAB och H2GS blir båda starkt beroende av priset på stålskrot

SSAB:s behov av järnsvamp i hela Norden är knappt sju miljoner ton årligen från och med 2030. Det om allt stål tillverkas från järnsvamp utan inblandning av stålskrot. LKAB menar att de till 2030 kommer producera 5,4 miljoner ton järnsvamp. Det täcker inte SSAB:s behov, det vill säga SSAB måste blanda in stålskrot med upp till 50 procent. H2GS hävdar att deras stål kommer tillverkas med knappt 50 procent inblandat stålskrot.

Utvecklingen av stålskrotsmarknaden är osäker. Den vertikala integreringen från stora stålproducenter, exempelvis ArcelorMittal, som köper upp skrotproducenter utgör ett hot för både SSAB och H2GS om detta leder till att priset på skrot drivs upp. Dessutom förväntas flera av de europeiska traditionella stålverken att ställas om till ljusbågsugnar, vilket ökar den europeiska efterfrågan på skrot.

SSAB:s och H2GS elpriser blir beroende av LKAB:s satsningar på järnsvamp

SSAB:s sammanlagda ökade elbehov, cirka fyra TWh per år, är väl geografiskt utspritt till tre olika elområden i Norden, SE1, SE3 och FI. Behovet ryms troligtvis inom ramen för vad befintlig produktions- och överföringskapacitet kan leverera utan större påverkan på systemet. H2GS behov av el i elområde SE1 uppgår till som minst tio TWh och på sikt som mest till 17 TWh. I detta avseende är H2GS mer känsligt än SSAB på grund av sitt större behov.

På lång sikt kommer SSAB och H2GS att möta en stor osäkerhet vad gäller elpriset på den nordiska elmarknaden. Det är en följd av att efterfrågan på el ökar generellt i Norden. I takt med att LKAB bygger ut sin järnsvampstillverkning i Kiruna kommer detta påverka elpriserna i elområde SE1.

Elbehovet är så omfattande att det riskerar att kannibalisera på affären

LKAB:s behov av el, 70 TWh per år, för att tillverka all fossilfri järnsvamp är långt bortom vad nuvarande elsystem kan leverera. Omfattningen är dessutom så stor att den kommer påverka hela den nordiska elmarknaden. Produktionen enbart i Malmberget kommer utsätta hela det nordiska elsystemet för påfrestningar. Om utbyggnaden av elproduktion och elöverföring inte håller jämna steg med utbyggnaden av LKAB:s produktionskapacitet kommer priset på el att drivas upp. Denna effekt är utöver de elpris-höjningar som riskerar följa av andra företags investeringar i elområde SE1.

Konsekvensen kan bli en kannibaliseringseffekt där LKAB:s investeringar driver upp elkostnaderna och gör LKAB:s, SSAB:s, H2GS och andra företags satsningar olönsamma. Inget av företagen har kommuni-cerat något rörande hur de avser att hantera problemen med elleveranser.

Företagen lägger alla ägg i en och samma korg

Satsningarna i Norrland är inte banbrytande, varken i teknisk eller kommersiell mening. De baseras på välkända tekniker utan omvälvande effekter på produktionskostnader, kvaliteten eller anläggnings-storlekar. Teknikerna kräver stora investeringar eftersom anläggningarna är kapitalintensiva och tar många år att färdigställa om alla förstudier och tillstånd inkluderas i tidplanen. Teknikerna i sig själva ger således inga konkurrensfördelar.

De största globala ståltillverkarna satsar på många olika tekniker på ett sätt som inte är möjligt för vare sig LKAB, SSAB eller H2GS. ArcelorMittal, världens näst största stålföretag med stora finansiella muskler, investerar i princip i alla typer av möjliga framtida teknologier eftersom den framtida teknikutvecklingen är osäker.

I slutändan är LKAB:s enda komparativa fördel deras tillgång till järnmalm. SSAB:s enda komparativa fördel är eventuell framtida tillgång till LKAB:s järnsvamp som innebär att de kan producera fossilfritt stål. H2GS har inga komparativa fördelar förutom att de är tidigt ute. Alla dessa fördelar kan snabbt suddas ut om någon av de mer banbrytande teknikerna visar sig kommersiellt framgångsrik eller den traditionella processen kan göras fossilfri. För sådana scenarier har inget av bolagen något motmedel – varken tekniskt eller ekonomiskt – eftersom de lagt alla ägg i en och samma korg. De investeringar bolagen nu gör kan således vara föråldrade och olönsamma redan på medellång sikt utan att bolagen har några alternativ att falla tillbaka på.

Referenser

3D (2023), 3D, https://3d-ccus.com/3d-overview/, 2023-03-16.

Aces Delta (2023), "Advanced clean energy storage hub", https://aces-delta.com/hubs/.

Aço Verde do Brasil (2023), "Brazil's AVB receives carbon-neutral steel certificate", https://avb.com.br/en/brazils-avb-receives-carbon-neutral-steel-certificate/, 2023-05-30.

Agora Energiewende (2021), "Breakthrough strategies for climate-neutral industry in Europe – Policy and technology pathways for raising EU climate ambition", Berlin.

American Iron and Steel Institute, Steel Manufacturers Association (2021), "Determination of steel recycling rates in the United States", American Iron and Steel Institute, Steel Manufacturers Association.

ArcelorMittal (2022a), "ArcelorMittal acquires German steel scrap recycling businesses from Alba International Recycling", https://corporate.arcelormittal.com/media/news-articles/arcelormittal-acquires-german-steel-scrap-recycling-businesses-from-alba-international-recycling#:~:text=ArcelorMittal%20today%20announces%20it%20has,expected%20in%20the%20coming%20months, 2022-05-11.

ArcelorMittal (2022b), "ArcelorMittal acquires steel recycling business", https://corporate.arcelormittal.com/media/news-articles/arcelormittal-acquires-steel-recycling-business, 2022-03-02.

ArcelorMittal (2023), "Carbalyst®", https://corporate.arcelormittal.com/climate-action/decarbonisation-technologies/carbalyst-capturing-and-re-using-our-carbon-rich-waste-gases-to-make-valuable-chemical-products, 2023-03-16.

ArcelorMittal (2023), "Hamburg H2", https://corporate.arcelormittal.com/climate-action/decarbonisation-technologies/hamburg-h2-working-towards-the-production-of-zero-carbon-emissions-steel-with-hydrogen, 2023-05-30.

Astoria, T., Hughes, G., & Mizutani, N. (2022), "MIDREX NG™ with H2 addition: Moving from natural gas to hydrogen in decarbonizing ironmaking", MIDREX.

Bahaskar, A., Mohsen, A., & Somehsaraei, H. (2021), "Can methane pyrolysis based hydrogen production lead to the decarbonisation of iron and steel industry?", *Energy Conversion and Management: X*, vol. 10, juni, 100079.

Baowu (2018). "China Baowu Steel Group Corporation Limited – Social responsibility", Baowu.

Barrington, C. (2021), "Outlook for DR grade iron ore: Issues and challenges for the industry", International Iron Metallics Association.

Barrington, C. (2022), "OBMs & carbon neutral steelmaking – Future DRI production and iron ore supply", International Iron Metallics Association.

Boston Metal (2023a), "Boston Metal: Decarbonizing steel production", https://www.bostonmetal.com/.

Boston Metal (2023b), "Green steel solution", https://www.bostonmetal.com/green-steel-solution/, 2023-05-30.

Boston Metal (2023c), "Who we are", https://www.bostonmetal.com/who-we-are/, 2023-05-30.

Brandl, P., Bui, M., Hallett, J. P., & Mac Dowell, N. (2021), "Beyond 90% capture: Possible, but at what cost?", *International Journal of Greenhouse Gas Control.*

Cavaliere, P. (2019), *Clean Ironmaking and Steelmaking Processes – Efficient Technologies for Greenhouse Emissions Abatement*, Springer Nature.

CNBC (2023), "The World Bank is betting on this company to 'green' the $1.6 trillion steel industry — take a look inside", https://www.cnbc.com/2023/06/05/boston-metal-green-steel-company-backed-by-world-bank-acrcelormittal.html, 2023-06-05.

Collins, L. (2022), ”Record breaker | World’s largest green hydrogen project, with 150MW electrolyser, brought on line in China”, https://www.rechargenews.com/energy-transition/record-breaker-world-s-largest-green-hydrogen-project-with-150mw-electrolyser-brought-on-line-in-china/2-1-1160799, 2022-02-01.

Ellis, B., & Bao, W. (2020)., “Pathways to decarbonisation episode two: Steelmaking technology”, artikel: https://www.bhp.com/news/prospects/2020/11/pathways-to-decarbonisation-episode-two-steel-making-technology, 2020-11-05.

Eskilstuna-Kuriren (2018), ”Har bestämt sig – ljusbågsugn byggs i Oxelösund”, 2018-01-10.

EuRIC AISBL (2020), “Metal Recycling Factsheet”, EuRIC AISBL, Bryssel.

Eurofer (2022), “European steel in figures 2022”, European Steel Association, Bryssel.

Europeiska kommissionen (2022), ”Europeiska kommissionen: Cordis EU research results”, https://cordis.europa.eu/project/id/768788, 2022-09-16.

Fastmarkets (2021). “Understanding the high-grade iron ore market”, Fastmarkets.

Fischedick, M., Marzinkowski, J., Winzer, P., & Weigel, M. (2014), “Techno-economic evaluation of innovative steel production technologies”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 84, s. 563–580..

Global CCS Institute (2020), “Global status of CCS 2020”, Global CCS Institute.

H2 Green Steel (2022), “Green steel production”, https://www.h2greensteel.com/articles/green-steel-production, 2022-07-07.

H2 Green Steel (2023a), ”Frågor och svar – H2 Green Steel – Information från H2 Green Steel”, https://bodenxt.se/h2gs/fragor-och-svar/, 2023-05-30.

H2 Green Steel (2023b), ”H2 Green Steel and Vale in agreement for the supply of direct reduction iron ore pellets”, https://www.h2greensteel.com/latestnews/h2-green-steel-and-vale-in-agreement-for-the-supply-of-direct-reduction-iron-ore-pelletsnbspnbsp, 2023-08-09.

H2 Green Steel (2023c). ”H2 Green Steel signs agreements with Rio Tinto for direct reduction iron ore pellets and hot briquetted iron”, https://www.h2greensteel.com/latestnews/h2-green-steel-signs-agreements-with-rio-tinto-for-direct-reduction-iron-ore-pellets-and-hot-briquetted-ironnbsp, 2023-08-09.

Haglund, A. (2022), ”Svenska kraftnät investerar 8,4 miljarder längs Norrlandskusten – till att börja med”, ENERGInyheter.se, 2022-10-21.

Hall, W., Millner, R., Rothberger, J., Singh, A., & Shah, C. (2021), “Green steel through hydrogen direct reduction”, Energy and Resources Institute, New Delhi.

Hybrit (2018), “Summary of findings from HYBRIT pre-feasibility study 2016–2017”, https://dh5k8ug1gwbyz.cloudfront.net/uploads/2021/02/Hybrit-broschure-engelska.pdf.

Hybrit (2020), ”Hybrit demonstrationsanläggning för direktreduktion av järnmalm med vätgas – Samrådsunderlag för avgränsningssamråd enligt 6 kapitlet miljöbalken”, Hybrit Development AB.

Hybrit. (2023a), ”En fossilfri utveckling”, https://www.hybritdevelopment.se/en-fossilfri-utveckling/, 2023-03-16.

Hybrit (2023b), ”HYBRIT Demonstration”, https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-demonstration/, 2023-03-16.

International Energy Agency (2020), “Iron and steel technology roadmap: Towards more sustainable steelmaking”, International Energy Agency.

International Iron Metallics Association (2018), “Briefing: Relevance of iron ore to OBMs”, International Iron Metallics Association.

Khallaghi, D., Spallina, V., Manzolini, G., & De Coninck, E. (2020), “Advanced carbon capture for steel industries integrated in CCUS clusters – innovation action”, https://c4u-project.eu/.

Kildahl, H., Wang, L., Tong, L., & Ding, Y. (2023), “Cost effective decarbonisation of blast furnace – basic oxygen furnace steel production through thermochemical sector coupling”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 389, februari, 135963.

Kinch, D (2021), “Steelmakers must focus on decarbonizing blast furnace use: BHP CEO”, *S&P Global Commodity Insights*, 2021-10-07.

Krüger, A., Andersson, J., Grönkvist, S., & Cornell, A. M. (2020), ”Integration of water electrolysis for fossil-free steel production”, *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 45, nr 55, s. 29966–29977.

Kärrman, J. (2022), ”LKAB ökar takten i omställningen: ”Hög efterfrågan””, *Dagens Industri*, 2022-04-26.

Lazzaro, N. (2022), “Interview: Boston Metal blazing path for ’green’ steel without scrap, DRI: CEO”, https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/071122-interview-boston-metal-blazing-path-for-green-steel-without-scrap-dri-ceo, 2022-07-11

Linklater, J. (2021), “Adapting to raw materials challenges: Part 1 – Operating MIDREX plants with lower grade pellets & lump ores”, https://www.midrex.com/tech-article/adapting-to-raw-materials-challenges-part-1-operating-midrex-plants-with-lower-grade-pellets-lump-ores/, 2021-03.

LKAB (2020), “Up to 3,000 new jobs and major investment in Malmfälten”, https://lkab.com/en/news/up-to-3000-new-jobs-and-major-investment-in-malmfalten/, 2020-12-10.

LKAB (2021), “HYBRIT: SSAB, LKAB and Vattenfall to begin industrialization of future fossil-free steelmaking by establishing the world’s first production plant for fossil-free sponge iron in Gällivare”, https://lkab.com/en/press/hybrit-ssab-lkab-and-vattenfall-to-begin-industrialization-of-future-fossil-free-steelmaking-by-establishing-the-worlds-first-production-plant-for-fossil-free-sponge-iron-in-gallivare/, 2021-03-24.

LKAB (2022a), ”Vi leder omställningen av vår industri mot en hållbar framtid: Års- och hållbarhets-redovisning 2022”, LKAB.

LKAB. (2022b), ”Snabbare takt och högre mål i LKAB:s omställning mot en hållbar framtid”, https://lkab.com/press/snabbare-takt-och-hogre-mal-i-lkabs-omstallning-mot-en-hallbar-framtid/, 2022-04-26.

LKAB (2022c), ”LKAB:s omställning ur ett energiperspektiv”, LKAB.

LKAB (2022d), ”HYBRIT: Nästa milstolpe nådd – pilotanläggningen för vätgaslagring i drift”, https://lkab.com/press/hybrit-nasta-milstolpe-nadd-pilotanlaggningen-for-vatgaslagring-i-drift/, 2022-10-22.

LKAB (2022e), “A summary technical report on the mineral resources of LKAB, Sweden – Per Geijer iron ore apatite deposit”, LKAB.

LKAB (2023a), ”Europas största fyndighet av sällsynta jordartsmetaller nu 25 procent större – idag tas första steget i kritisk prövning”, https://lkab.com/press/europas-storsta-fyndighet-av-sallsynta-jordartsmetaller-nu-25-procent-storre-idag-tas-forsta-steget-i-kritisk-provning/, 2023-06-12.

LKAB (2023b), ”Års- och hållbarhetsredovisning 2022”, LKAB.

LKAB (2023c), ”LKAB ansöker om markköp i Porjus”, https://lkab.com/nyheter/lkab-ansoker-om-mark-kop-i-porjus/, 2023-06-12.

LKAB (2023d), ”Sällsynta jordartsmetaller i gruvavfall – En lösning för framtidens elkraft”, https://lkab.com/nyheter/sallsynta-jordartsmetaller-i-gruvavfall-en-losning-for-framtidens-elkraft/, 2023-01-04.

Löf, A., & Löf, O. (2021), “Iron ore outlook 2021 – Seaborne iron ore market softens”, *E&MJ*, vol. 222, s. 48–53.

Material Economics (2019), “Industrial transformation 2050 – Pathways to net-zero emissions from EU heavy industry”, Material Economics, Stockholm.

McKinsey & Company (2014), “Learnings from upstream integration of steelmakers”, McKinsey & Company, Kapstaden.

Metso (2023), “Circoed™ hydrogen-based reduction”, https://www.metso.com/portfolio/circored-hydrogen-based-reduction/, 2023-05-30.

Midrex (2022a), “2021 World Direct Reduction Statistics”, Midrex Technologies, Inc.

Midrex (2022b), “Direct from Midrex 2nd quarter 2022”, Midrex Technologies, Inc.

Midrex (2023), “MIDREX® direct reduction plants 2021: Operations summary”, https://www.midrex.com/tech-article/midrex-direct-reduction-plants-2021-operations-summary/, 2023-05-30.

Millner, R., Rothberger, J., Rammer, B., Boehm, C., Sterrer, W., Ofner, H., & Chevrier, V. (2021), ”MIDREX H2 – The road to CO2-free direct reduction”, Primetals Technologies, Linz.

Ministry of Steel (2020), “Policy for providing preference to domestically manufactured iron and steel products in gov’t procurement”, *Gazette of India*.

Ministry of Steel Government of India (2019), “Annual Report 2019–20”, Ministry of Steel, Government of India.

Murphy, R. (2022), “ArcelorMittal to continue European scrap acquisitions”, https://www.argusmedia.com/en/news/2334672-arcelormittal-to-continue-european-scrap-acquisitions, 2022-05-24.

Nicholas, S., & Basirat, S. (2022), “Iron ore quality: A potential headwind to green steelmaking”, Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

Norrbottenskuriren (2022), ”H2 Green Steels avgörande tid: ”Den kritiska linjen””, *Norrbottenskuriren*, 2022-03-31.

Northern Lights (2023), ”Northen Lights”, https://norlights.com/what-we-do/, 2023-03-16.

Pauliuk, S., Milford, R. L., Müller, D. B., & Allwood, J. M. (2013), Environmental Science & Technology – Best Papers of 2012, American Chemical Society.

Pei, M., Petäjäniemi, M., Regnell, A., & Wijk, O. (2020), “Toward a fossil-free future with HYBRIT: Development of iron and steelmaking technology in Sweden and Finland”, *Metals*, vol. 10, nr 7, s. 1–11.

Poveromo, J., & Chaigneau, R. (2022), “OBMs and carbon neutral steelmaking – Whitepaper 4: Blast furnace/basic oxygen furnace”, International Iron Metallics Association.

Primetals Technologies (2023), “Primetals Technologies”, https://www.primetals.com/portfolio/ironmaking/finexr, 2023-05-30.

Rechberger, K., Spanlang, A., Sasiain Conde, A., Wolfmeir, H., & Harris, C. (2020), “Green hydrogen-based direct reduction for low-carbon steelmaking”, Steel Research International.

Reuters (2021), “China to boost steel scrap usage by 23% in next five years”, https://www.reuters.com/world/china/china-boost-steel-scrap-usage-by-23-next-five-years-2021-07-07/, 2021-07-07.

Rio Tinto (2021), “Investor seminar – Performance, strategic direction and shareholder returns”, https://cdn-rio.dataweavers.io/-/media/content/documents/invest/presentations/2021/rt-investor-seminar-2021-slides.pdf?rev=79cfcc69970d493e8cd62aa4b5877b06, 2021-10-20.

Secard, R. (2021), “Cleveland-Cliffs’ latest move in vertical Integration: Scrap metal”, *IndustryWeek*, 2021-10-11.

Siderwin. (2021), ”Siderwin: Home”, https://www.siderwin-spire.eu/.

Somers, J. (2022), “Technologies to decarbonise the EU steel industry”, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

SSAB (2015), ”SSAB:s renoverade masugnar sänker kostnader med 200 Mkr årligen”, https://news.cision.com/se/ssab/r/ssabs-renoverade-masugnar-sanker-kostnader-med-200-mkr-arligen,c9860145, 2015-11-4.

SSAB (2017), ”Ronja eller heta Greta – nyckfulla damer med hett temperament”, https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2017/06/ronja-eller-heta-greta-nyckfulla-damer-med-hett-temperament, 2017-06-28.

SSAB (2023a), “Fossil freedom is just around the corner!”, https://www.ssab.com/en/fossil-free-steel, 2023-05-30.

SSAB (2023b), ”Produktionsorter över hela världen”, https://www.ssab.com/sv-se/ssab-koncern/om-ssab/var-verksamhet/produktionsorter-over-hela-varlden, 2023-05-30.

SSAB (2023c), “SSAB Capital Markets Day 2023”, .https://mb.cision.com/Public/980/3741949/b98c206f3a0cb0b4.pdf.

SSAB (2023d), ”SSAB investerar för en grön omställning av produktionen i Oxelösund”, https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2023/06/ssab-investerar-fr-en-grn-omstllning-av-produktionen-i-oxelsund, 2023-06-03.

SSAB (2023e), ”SSAB och Fortum utreder förutsättningar för tillverkning av vätgasreducerad järnsvamp i Brahestad”, https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2023/06/ssab-och-fortum-utreder-frutsttningar-fr-tillverkning-av-vtgasreducerad-jrnsvamp-i-brahestad, 2023-06-06.

SSAB (2023f), ”Tidslinje för fossilfri stålproduktion”, https://www.ssab.com/sv-se/ssab-koncern/hallbarhet/fossilfritt-stal/tidslinje.

Steel Dynamics (2020), “Steel dynamics completes acquisition of a Mexican metals recycling company”, https://ir.steeldynamics.com/steel-dynamics-completes-acquisition-of-a-mexican-metals-recycling-company/, 2020-08-03.

Steelanol (2023), “Steelanol”, http://www.steelanol.eu/en, 2023-12-16.

Summerfield, D. (2020), “Australian resource reviews Iron Ore 2019”, Australian Government – Geoscience Australia.

SVT (2023), ”Agenda”, https://www.svtplay.se/video/KVAWrwx/agenda/son-5-feb-21-15?position=87&id=jawvzk9, 2023-02-05.

Thyssenkrupp (2023a), ”Carbon2Chem”, https://www.thyssenkrupp.com/en/newsroom/content-page-162.html, 2023-03-16.

Thyssenkrupp (2023b), “Thyssenkrupp: Company: The Carbon2Chem® project”, https://www.thyssenkrupp.com/en/newsroom/content-page-162.html, 2023-05-30.

Vale (2021a), “21st Analyst & Investor Tour – Iron ore briquettes stockpile”, Vale.

Vale (2021b), “Vale ESG webinar – Climate change”, https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/3d8ee145-eb91-0729-70d1-30b4e6403a76?origin=1, 2021-06-24.

Vattenfall (2023), ”Hedenlunda–Oxelösund”, https://www.vattenfalleldistribution.se/var-verksamhet/projekt/samrad/ort/hedenlunda-oxelosund/, 2023-05-30.

Voestalpine (2023), “Donawitz: from plasma to green steel”, https://www.voestalpine.com/blog/en/commitment/donawitz-from-plasma-to-green-steel/, 2023-05-30.

Vogl, V., Sanchez, F., Gerres, T., Lettow, F., Bhaskar, A., Swalec, C., … & Rootzén, J. (2021), “Green Steel Tracker, Version 11/2021”, https://www.industrytransition.org/green-steel-tracker/.

Vogl, V., Åhman, M., & Nilsson, L. (2018), “Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 203, december, s. 736–745

Wennberg, A. (2022), ”Vattenfall Eldistribution beviljas tillstånd för anslutningen av SSAB:s ljusbågsugn i Oxelösund”, ENERGInyheter.se, 2022-10-13.

World Steel Association (2017), “World steel in figures 2017”, World Steel Association, Brussels.

World Steel Association (2021a), “Fact sheet – Carbon capture and storage”, World Steel Association.

World Steel Association (2021b), “Fact sheet – Scrap use in the steel industry”, World Steel Association.

World Steel Association (2022), “World steel in figures 2022”, World Steel Association.

GRAFISK PRODUKTION: FONTART.SE

Skandinaviska
Policyinstitutet