

Utredning om möjligheterna
att minska utsläppen av fossil
koldioxid från järn- och
stålindustrin

Kristina Holmgren, Magnus Klingspor, Malin Ribbenhed,
Catarina Sternhufvud, Mathias Thorén
B1649
Oktober 2005

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitle Utredning om möjligheterna att minska utsläppen av fossil koldioxid från järn- och stålindustrin
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet Naturvårdsverket
Rapportförfattare Kristina Holmgren, Magnus Klingspor, Malin Ribbenhed, Catarina Sternhufvud, Mathias Thorén	
Rapporttitel och undertitel Utredning om möjligheterna att minska utsläppen av fossil koldioxid från järn- och stålindustrin	
Sammanfattning Se rapporten	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Järn- och stålindustrin, Kyotoprotokollet, miljömål, växthuseffekt, klimat, utsläppsrätter, koldioxid, reduktion, reduktionskostnad	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1649	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört föreliggande utredning rörande möjligheterna att reducera koldioxidemissioner från järn- och stålindustrin i Sverige. Uppdraget sammanhänger med den kommande tilldelningsplanen för utsläppsrätter av koldioxid inom Kyotoavtalets första åtagandeperiod, år 2008 till 2012. Motsvarande arbeten har genomförts för flera olika branscher i Sverige bl.a. för mineralindustrin där IVL har genomfört en parallellstudie till denna utredning. Denna utredning har genomförts av en arbetsgrupp på IVL bestående av Kristina Holmgren, Magnus Klingspor, Malin Ribbenhed, Catarina Sternhufvud och Mathias Thorén.

Då industrin besitter en stor expertkunskap inom sina tillverkningsområden har det befunnits mycket betydelsefullt med dess medverkan. Industrins roll har varit att tillföra teknisk sakkunskap inom respektive tillverkningsområde för att bidra till beskrivningen av de tekniska möjligheterna och ekonomiska förutsättningarna att reducera koldioxidemissionen. En referensgrupp från industrin har därför varit knuten till projektet. Sammansättningen av referensgruppen har varit följande:

Per Abenius, AB Sandvik Materials Technology
Anders Bergman, Höganäs AB
Tomas Eriksson, Erasteel Kloster AB
Ingvar Hedman Uddeholm Technology AB, Hagfors Jernverk
Ulf Helgeson, Scandust AB
Kim Kärsrud, SSAB
Birgitta Lindblad, Jernkontoret
Anders Lund, Ovako Steel AB
Anders Lundkvist, LKAB
Christer Manngård, Outokumpu Stainless AB, Avesta Jernverk
Christian Nordqvist, SSAB Tunnpå AB
Pernilla Nydahl, Höganäs AB
Anders Strand, Scana Steel Björneborg AB
Tommy Örtlund, Fundia Special Bar AB

Vi vill också på detta sätt tacka referensgruppen för dess medverkan i projektet.

Stockholm, oktober 2005

Kristina Holmgren
Catarina Sternhufvud

Magnus Klingspor
Mathias Thorén

Malin Ribbenhed

Sammanfattning

IVL Svenska miljöinstitutet har på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört föreliggande projekt avseende möjligheter att minska utsläppen av fossil koldioxid från järn- och stålindustrin. Projektet har upphandlats av Naturvårdsverket genom anbudsinsbjudan med diarienummer 231-1773-05 Rm.

Projektets omfattning och utförande är mycket väl definierat av upphandlingsunderlaget. Projektet omfattar i huvudsak tre olika delar, nämligen:

1. En beskrivning av befintliga produktionsprocesser och dess nuvarande status i Sverige.
2. Redovisning av tekniska möjligheter att reducera koldioxidemissioner inklusive redovisning av CO₂-emissioner och dess utveckling i industrin.
3. Ekonomiska beräkningar av olika reduktionsmöjligheter i syfte att beräkna reduktionskostnaden i t.ex. kr/ton reducerad CO₂.

Tidshorizonten för analyserna är definierad som den handelsperiod som nästa fördelningsplan omfattar (2008-2012). För projektet innebär detta år 2010 som ligger mitt i nästa handelsperiod. Men det är också av intresse att få en bild av potentialen något längre fram i tiden. Därför har vi också inkluderat en bedömning för en tidshorizont som sträcker sig till år 2020.

Svensk järn- och stålindustri har länge arbetat med energieffektivisering och miljöfrågor och ligger ofta i fronten när det gäller att införa energieffektiva och miljövänliga åtgärder. Koldioxidutsläpp per producerad mängd kulsinter, tackjärn eller stål från svenska anläggningar hör till de lägsta i världen. En viktig målsättning med projektet har varit att ge en så korrekt bild av järn- och stålindustrins processer och möjligheter att reducera koldioxidemissioner som möjligt. Industrins medverkan i projektet har därför varit en mycket viktig faktor. Industribranschen består av ett litet antal industrier inom fyra huvudområden; kulsintertillverkning, malmbaserad järn- och ståltillverkning, skrotbaserad ståltillverkning samt ståltillverkning baserad på järnsvamp¹.

Att identifiera åtgärder och kostnader för att reducera utsläppen av koldioxid inom stålsektorn är ett mycket omfattande arbete. Vad gäller potentiella åtgärder är många på forskningsstadiet (framför allt för den malmbaserade ståltillverkningen) varför det är svårt att uppskatta såväl reduktion av koldioxid, kostnad samt inte minst processförändringar i och med att åtgärden införs. Alla dessa parametrar utgörs av uppskattningar innan åtgärden verkligen är genomförd. Vidare är järn- och stålindustrin en bransch med mycket komplexa och sammanhängande processer varför det kan vara svårt att exakt förutsäga vad en förändring medför i efterföljande steg i tillverkningen.

Då vi har stött på en del svårigheter i att få fram tillräckligt med uppgifter för att kunna göra ekonomiska bedömningar för samtliga åtgärder, har vi fokuserat på tekniskt möjliga reduktionsåtgärder. Speciellt för den malmbaserade stålindustrin är därför många av de presenterade åtgärderna på ett forsknings- och utvecklingsstadium. Dessutom är s.k. ”teoretiskt möjliga” åtgärder inkluderade. Det finns en ganska omfattande aktivitet på just forsknings och utvecklingsstadiet för att minska utsläppen från den malmbaserade stålindustrin, som också står för den största delen av emissionerna av koldioxid från stålindustrin i Sverige. Resultaten från denna forskning kan i ett längre tidsperspektiv komma att ge stora reduktionsmöjligheter.

¹ Ståltillverkningen som baseras på järnsvamp har vi hanterat tillsammans med den skrotbaserade tillverkningen

För den skrotbaserade stålindustrin har endast små reduktionsmöjligheter inom stålverken kunnat påvisas. Identifierade åtgärder som visserligen inte minskar emissionerna på stålverken men för samhället i stort har visat sig vara betydligt större. Man bör dock komma ihåg att vi i denna studie endast tittat på den del av stålverken som idag är inkluderade i handelssystemet för utsläppsrätter, och alltså inte tittat på möjligheterna till att reducera emissioner i valsverken och de andra delarna av verksamheten vid stålverken som ej är inkluderade.

För malmberedningen och kulsintertillverkningen har vi inte kunnat göra några kostnadsberäkningar alls eftersom vi inte kunnat få tillräckligt med uppgifter. En uppskattning av framtida emissioner finns dock och LKAB som är enda producent i Sverige planerar en stor expansion.

Vid en analys av stålsektorn är det dessutom viktigt att man inte enbart fokuserar på en viss del av stålets livscykel utan att ett systemperspektiv tillämpas. Systemet för stål inkluderar råvaruframställning, tillverkning av stål, tillverkning av produkter innehållandes stål, användning av stålprodukterna samt kvittblivning eller återanvändning efter den egentliga livstidens slut. En åtgärd som reducerar emissioner i ett steg kanske medför att emissionerna i ett annat steg ökar så att det totalt sett inte medför en reduktion. Detta är en viktig aspekt att ha i åtanke när åtgärder och dess potential identifieras.

För de åtgärder som vi gjort en ekonomisk bedömning av har vi för jämförbarhetens skull beräknat den genomsnittliga kostnaden för att reducera ett ton CO₂². Detta sker genom att först beräkna den årliga kostnaden för investeringen med hjälp av annuitetsmetoden. Kostnaden fördelas jämnt under investeringens beräknade livslängd. Beräkningarna har genomförts för två nivåer på kalkylräntan, 6 % och 12 %, för att spegla både det samhällsekonomiska och det företagsekonomiska perspektivet.

I de fasta och rörliga kostnaderna inkluderas företagens förändrade kostnader för drift samt eventuella förändringar i kostnaderna för värme- och energi. Det betyder att både negativa och positiva kostnadsförändringar beaktas och det kan vissa fall resultera i en totalt sett negativ kostnad för åtgärden, att företaget faktiskt tjänar på att genomföra åtgärden. I beräkningarna inkluderas inga skatter och avgifter. Beräkningarna har visat på stora variationer i åtgärds-kostnader; från negativa kostnader (d.v.s. besparingar) tusentals kr/ton reducerad CO₂ vid en ränta på 6 %.

I samband med studien och kostnadsberäkningarna har flera viktiga källor till osäkerheter identifierats. Bland de viktigaste är:

- Påverkan av bedömningen av livslängden för en åtgärd/investering på den totala åtgärds-kostnaden.
Det finns en rad olika sätt att definiera livslängd och det är inte helt enkelt att avgöra vad som är ekonomisk, teknisk eller fysisk livslängd
- Uppskattning av investeringskostnad och reduktionspotential.
Som nämnts tidigare handlar det alltid om uppskattningar innan en åtgärd är genomförd. Speciellt reduktionspotentialen är svår att förutsäga då det ofta rör sig om integrerade processer
- Bränslepriser. Bränslepriser ändras ständigt både i absoluta och relativa tal. Detta har många gånger en stor påverkan på åtgärds-kostnaderna.

Användning av resultaten i denna studie

Resultaten i denna studie kan endast anses vara illustrativa så till vida att de visar att det finns

² Alla kostnader är i 2005 års priser.

potential för minskning av koldioxid inom järn och stålindustrin. Man skall dock komma ihåg att det snarast handlar om en relativ reduktionspotential och troligtvis inte en absolut reduktionspotential eftersom man inom branschen räknar med en relativt stor produktionsökning inom de närmsta åren till följd av den ökade efterfrågan på världsmarknaden.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Inledning	7
1.1 Projektet.....	7
1.2 Nuvarande branschutveckling.....	8
2 Metodbeskrivning	8
2.1 Kostnadsberäkningar.....	8
2.2 Kostnadstrappor.....	10
3 Järn- och stålindustrin – definitioner och omfattning	11
3.1 Tillverkningsvägar för stål.....	11
3.2 Svensk stålindustri.....	13
3.3 Indelning i denna rapport	14
4 Malmberedning	14
4.1 Översikt över kulsintertillverkning.....	14
4.1.1 Processer och anläggningar.....	14
4.1.1.1 Tillverkning av kulsinter (Kiruna).....	15
4.1.1.2 Pelletsverk.....	16
4.1.2 Dagens emissioner av koldioxid.....	17
4.2 Tekniska reduktionsmöjligheter för koldioxid	18
4.2.1 Energieffektiviseringar.....	18
4.2.1.1 Bränsleförändringar.....	18
4.2.1.2 Användning av restvärme för extern uppvärmning - fjärrvärmeanvändning	19
4.2.2 Alternativa tillsatsmedel.....	19
4.3 Ekonomiska analyser av reduktionsmöjligheter för koldioxid	19
5 Malmbaserad järn- och ståltillverkning.....	19
5.1 Produktion och anläggningar	19
5.2 Processbeskrivning.....	23
5.2.1 Koksverk.....	23
5.2.1.1 Energi och koldioxid.....	24
5.2.2 Masugnen.....	24
5.2.2.1 Energi och koldioxid.....	24
5.2.3 LD-konverter	25
5.2.3.1 Energi och koldioxid.....	25
5.2.4 Skänkebehandling.....	25
5.2.4.1 Energi och koldioxid.....	26
5.2.5 Stränggjutning	26
5.2.5.1 Energi och koldioxid.....	26
5.3 Tekniska reduktionsmöjligheter för koldioxid	26
5.3.1 Koksverk - allmänt	27
5.3.2 Masugn - allmänt	28
5.3.3 Åtgärder i befintlig processkedja vid de integrerade verken i Sverige.....	29
5.3.3.1 Förbättrade utbyten.....	29
5.3.3.2 Processoptimeringar - reduktionsmedel	29
5.3.3.3 Övriga processoptimeringar	31
5.3.3.4 Ökad recirkulation.....	31
5.3.3.5 Värmeåtervinning ur slagg	32
5.3.3.6 Bättre balans i det varma flödet*.....	32
5.3.3.7 Åtgärder med indirekt effekt	33
5.3.3.8 Koldioxidavskiljning inom stålindustrin	34

5.3.4	Åtgärder på forskningsstadiet inom Jernkontoret.....	35
5.4	Ekonomiska analyser av reduktionsmöjligheter för koldioxid - Framtidsscenarioer	36
5.5	Uppskattning av framtida produktion och CO ₂ emissioner från den malmbaserade stålindustrin i Sverige.....	38
6	Skrotbaserad järn- och ståltillverkning	39
6.1	Produktion och anläggningar	39
6.2	Processer.....	41
6.2.1	Optimering vid tillverkning av skrotbaserat stål.....	41
6.3	Energianvändning inom stålindustrin	42
6.4	Identifierade åtgärder.....	43
6.5	Ekonomiska analyser av reduktionsmöjligheter för koldioxid	44
6.5.1	Åtgärder som minskar samhällets totala CO ₂ -emissioner men inte emissionerna hos stålverken.....	45
6.6	Uppskattning av framtida produktion och CO ₂ emissioner från den skrotbaserade stålindustrin i Sverige.....	46
7	Kostnadstrappor	47
8	Jämförelse av den svenska järn- och stålindustrin med EU.....	52
9	Diskussion.....	53
10	Referenser	57
	Litteratur.....	57
	Personlig kommunikation.....	58
	Bilaga 1	59
	SSAB Oxelösund AB	59
	SSAB Tunnsplåt AB.....	60
	Bilaga 2 Masugnsslagg – Processer och applikationsområden	61
	Bilaga 3 Koldioxidavskiljning.....	66

1 Inledning

Den 1 januari 2005 startades EU:s handelssystem för utsläpp av växthusgaser (EU ETS) världens hittills största system för handel med utsläppsrätter. Under den första perioden för handelssystemet, perioden mellan 2005-2007, omfattar systemet koldioxidutsläpp från tung industri i de 25 medlemsländerna. Utsläppshandeln är ett styrmedel för att kostnadseffektivt minska utsläppen av växthusgaser. Fördelarna för miljön är att myndigheterna på förhand kan bestämma hur stora utsläppen får vara. För industrin är fördelen att de kan välja om de vill genomföra minskningar av utsläppen själva eller köpa utsläppsrätter av någon annan.

1.1 Projektet

IVL Svenska miljöinstitutet har på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört föreliggande projekt avseende möjligheter att minska utsläppen av fossil koldioxid från järn- och stålindustrin. Projektet har upphandlats av Naturvårdsverket genom anbudsinsbjudan med diarienummer 231-1773-05 Rm.

Järn- och stålindustrin har i detta fall definierats enligt nedanstående definition.

- Anläggningar för rostning och sintring av metallhaltig malm (inklusive svavelhaltig malm).
- Anläggningar för tackjärns- eller ståltillverkning (primär- eller sekundärsmältning) inklusive stränggjutning, med en kapacitet som överstiger 2,5 ton per timme.

I denna sektor inkluderas även pelletsverken och koksverken. Däremot skall inte valsverken med sina ugnar vara med då Sverige bestämde att dessa delar inte skulle ingå i vårt lands fördelning av utsläppsrätter för åren 2005 – 2007.

Projektets omfattning och utförande är mycket väl definierat av upphandlingsunderlaget. Projektet omfattar i huvudsak tre olika delar.

1. En beskrivning av befintliga produktionsprocesser och dess nuvarande status i Sverige.
2. Redovisning av tekniska möjligheter att reducera koldioxidemissioner inklusive redovisning av CO₂-emissioner och dess utveckling i industrin.
3. Ekonomiska beräkningar av olika reduktionsmöjligheter i syfte att beräkna reduktionskostnaden i t.ex. kr/ton reducerad CO₂.

Tidshorisonten för analyserna är definierad som den handelsperiod som nästa fördelningsplan omfattar (2008-2012). För projektet innebär detta år 2010 som ligger mitt i nästa handelsperiod. Men det är också av intresse att få en bild av potentialen något längre fram i tiden. Därför har vi också inkluderat en bedömning för en tidshorisont som sträcker sig till år 2020.

Svensk järn- och stålindustri har länge arbetat med energieffektivisering och miljöfrågor och ligger ofta i fronten när det gäller att införa energieffektiva och miljövänliga åtgärder. Koldioxidutsläpp per producerad mängd kulsinter, tackjärn eller stål från svenska anläggningar hör till de lägsta i världen. En viktig målsättning med projektet har varit att ge en så korrekt bild av järn- och stålindustrins processer och möjligheter att reducera koldioxidemissioner som möjligt. Industrins medverkan i projektet har därför varit en mycket viktig faktor.

Trots att en referensgrupp med representanter från de flesta av de berörda företagen har varit knuten till projektet så har det varit svårt att få tag i uppgifter om åtgärder både vad gäller investeringskostnader, reduktionspotentialer och förändringar i drifts- och underhållskostnader. Orsaken till detta är bland annat att framtida investeringskostnader anses vara företagshemligheter eftersom om de är offentliga kan det påverka offereringen vid upphandling av material och tjänster. Vidare är reduktionspotentialer och förändringar i drifts- och underhållskostnader alltid uppskattningar innan en åtgärd verkligen är genomförd. Detta är särskilt påtagligt i en bransch som järn och stålindustrin eftersom det rör sig om komplexa processer och det därför är svårt att exakt förutsäga vad en förändring innebär. En viktig orsak till svårigheterna i detta projekt är också de snäva tidsramarna och att en stor del av datainsamlingsperioden sammanföll med den svenska industrisemestern.

På grund av svårigheterna i att få tag i kostnadsuppskattningar har vi valt att lägga fokus på nuläget för processerna samt de tekniska reduktionsmöjligheterna för koldioxidemissioner. Många av de åtgärder vi beskriver (främst för den malmbaserade stålindustrin) är idag på forskningsstadiet och därmed endast teoretiskt genomförbara.

1.2 Nuvarande branschutveckling

Den svenska branschen består av ett litet antal industrier inom fyra huvudområden; kuslinter- (pellets-) tillverkning, malmbaserad järn- och ståltillverkning, tillverkning baserad på järnsvamp samt skrotbaserad tillverkning.

Efterfrågan på både järnmalm och andra järn- och stålprodukter i världen har ökat dramatiskt de senaste åren. Detta hänger främst samman med den snabba uppgången i Kinas ekonomi och efterfrågan på järn och stålprodukter. Detta är en utveckling som förväntas bestå. Den inhemska produktionskapaciteten av järn och stål i Kina byggs visserligen upp, man planerar att tillverka 350 milj ton råstål under 2005 och 450 milj ton 2010, men produktionen svarar då inte främst mot de högspecialiserade produkter som svenska järn och stålverk producerar. Dessutom förväntas den utbyggda produktionskapaciteten leda till eventuell brist på tillverkningskapacitet för kulsinter som är utgångsråvara vid primär järn- och stålproduktion (LKAB, 2004).

2 Metodbeskrivning

2.1 Kostnadsberäkningar

För att kunna jämföra kostnaderna för olika åtgärder beräknas den genomsnittliga kostnaden för att reducera ett ton CO₂³. Detta sker genom att först beräkna den årliga kostnaden för investeringen med hjälp av annuitetsmetoden. Kostnaden fördelas jämnt under investeringens beräknade livslängd, enligt ekvation (1).

$$I_{\text{årlig}} = I * \frac{(1+r)^l * r}{(1+r)^l - 1} \quad (1)$$

³ Alla kostnader är i 2005 års priser.

$I_{\text{årlig}}$	Årlig investeringskostnad [kr]
I	Investeringskostnad [kr]
r	Kalkylränta [%]
l	Teknisk livslängd [år]

Beräkningarna genomförs för två nivåer på kalkylräntan, 6 % och 12 %, för att spegla både det samhällsekonomiska och det företagsekonomiska perspektivet. I ekvationen används den tekniska livslängden.

För att beräkna den totala årliga kostnaden för en åtgärd som reducerar CO₂ används följande ekvation, (2):

$$TC = I_{\text{årlig}} + FC + VC \quad (2)$$

TC	Total årlig kostnad [kr]
FC	Fast årlig kostnad [kr]
VC	Rörlig kostnad [kr]

I de fasta och rörliga kostnaderna inkluderas företagets förändrade kostnader för drift samt eventuella förändringar i kostnaderna för värme- och energi. Det betyder att både negativa och positiva kostnadsförändringar beaktas och det kan vissa fall resultera i en totalt sett negativ kostnad för åtgärden, att företaget faktiskt tjänar på att genomföra åtgärden. I beräkningarna inkluderas inga skatter och avgifter.

För att beräkna den genomsnittliga kostnaden för att reducera ett ton CO₂ divideras den totala årliga kostnaden för investeringen med den årliga utsläppsreduceringen som åtgärden medför, enligt ekvation 3.

$$AC = \frac{TC}{CO_2} \quad (3)$$

AC	Genomsnittlig kostnad [kr/ton]
CO_2	Reducerad mängd CO ₂ [ton]

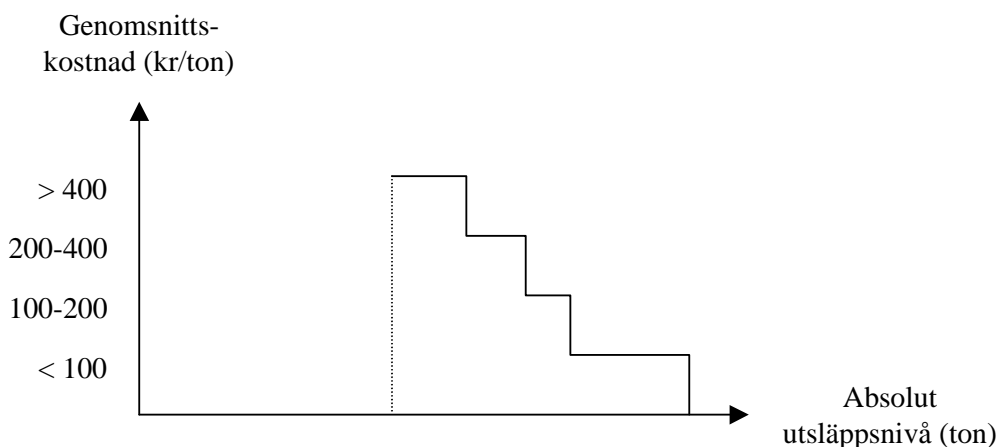
Många åtgärder påverkar även utsläppen av andra föroreningar, både positivt och negativt. Detta ignoreras i denna rapport och hela kostnaden för åtgärden allokeras till reduktionen av CO₂.

Parallellt med detta projekt pågår motsvarande projekt⁴ hos Elforsk för att studera möjligheten att reducera CO₂-utsläppen från produktion och användning av energi i ett antal sektorer. För att resultaten skall vara jämförbara används samma bränslepriser som föreslagits i det projektet. För att titta på effekterna av minskad användning av el används naturgaskondenskraftverk som referens, vilket också överensstämmer med Elforsk-projektet.

⁴ Kostnader och potential för åtgärder att minska utsläpp av CO₂ i Sverige. www.elforsk.se

2.2 Kostnadstrappor

För att redovisa resultaten på ett lättöverskådligt sätt inkluderas åtgärderna från hela järn och stålsektorn i två kostnadstrappor. Kostnadstrapporna visar den totala reduktionspotentialen i hela järn- och stålindustrin år 2010 och 2020. Alla åtgärder som har en uppskattad genomsnittlig reduktionskostnad lägre än 100 kr/ton reducerad fossil CO₂ placeras i en grupp och deras totala reduktionspotential i ton CO₂ summeras. På motsvarande sätt grupperas åtgärderna med en kostnad av 100-200 kr/ton, 200-400 kr/ton samt åtgärder med en reduceringskostnad överstigande 400 kr/ton. En principskiss visas i Figur 2.1.



Figur 2.1 Principskiss av en kostnadstrappa för att reducera fossil CO₂.

I figuren kan utläsas de absoluta utsläppsnivåerna som kan uppnås i ton/år från hela järn- och stålindustrin vid fyra olika nivåer på accepterade kostnader.

Kostnadstrapporna som endast är indelade i fyra nivåer har en viss begränsning då det inte går att uttala sig om den genomsnittliga kostnaden per reducerat ton CO₂ för en specifik utsläppsnivå, då varje nivå består av en grupp av åtgärder. I modellen antas också att åtgärder bara kan införas till 0 eller 100 %. Konsekvensen av detta blir att om man skulle vilja sätta ett utsläppsmål som innebär att en åtgärd bara skulle behöva implementeras till 60 %, så får man en överskottskostnad motsvarande den kostnad det innebär att implementera de resterande 40 % av aktuell åtgärd.

Ett annat problem är att vissa åtgärder inte går att genomföra i kombination med varandra och i andra fall krävs det en tidigare investering. Det kan också vara så att tidigare investeringar påverkar nästa åtgärds reduktionspotential. Om en tidigare investering krävs löses detta genom att man grupperar dessa åtgärder och behandlar dem som en gemensam åtgärd. Problematiken med uteslutande åtgärder behandlas i denna rapport genom att använda villkor satser – om åtgärd x används kan inte åtgärd y användas. I kostnadstrappan kommer de åtgärder kombineras som ger billigast totala kostnad, även om de var för sig inte har den största reduktionspotentialen i absoluta värden.

Fallet med att en åtgärds reduktionspotential påverkas av tidigare genomförda åtgärder brukar speglas i användandet av marginalkostnader då man tittar på kostnaden för den ytterligare reduktionspotentialen för en ny åtgärd givet redan implementerade åtgärder. Detta kräver dock att man vet i vilken ordning åtgärderna förväntas genomföras och vilket utsläppsmål som har bestämts. I detta projekt kommer beroendet mellan olika åtgärders potential att i likhet med Elforsks projekt

om CO₂ reduktion i energisektorn endast att beskrivas kvalitativt, och reduktionen beräknas utifrån ett så kallat orenat fall. I de allra flesta fall påverkar inte åtgärderna varandra då de sker på olika anläggningar och det blir ingen skillnad på genomsnittskostnaden och marginalkostnaden.

3 Järn- och stålindustrin – definitioner och omfattning

3.1 Tillverkningsvägar för stål

Det finns idag två principiella tillverkningsvägar för stål vilka är:

- Malmbaserad tillverkning (utgår från malmpellets)
- Skrotbaserad tillverkning (utgår från skrot)

Av stålproduktionen i världen tillverkas 60-65% av jungfrulig råvara i form av järnmalm, d.v.s. malmbaserad tillverkning medan 35-40% produceras från skrot. Tillverkningskedjan från skrot till färdig produkt är enklare och kortare än från malm till färdig produkt vilket innebär en lägre tillverkningskostnad och mindre åtgång av energi. Denna skillnad i tillverkningskostnad är drivkraften i cirkulationen (Stålets cirkulation, 2003). Stål kan återvinnas ett obegränsat antal gånger utan att förlora sina egenskaper förutsatt att återvinningen sker utan att föroreningar av olika slag följer med i cirkulationen och successivt ökar sin halt i stålet.

Järn- och stålframställning omfattar följande delar:

Malmbaserad tillverkning

1. Malmberedning

Med malmberedning avses tillverkning av kulsinter (pellets) som råvara till den malmbaserade tillverkningsvägen. Vid malmbaserad tillverkning av stål är utgångsmaterialet kulsinter, centimeterstora malmkulor med hög järnhalt. I Sverige tillverkas kulsinter vid LKAB:s anläggningar i Kiruna, Svappavaara och Malmberget. LKAB tillverkar drygt 20 miljoner ton järnmalmprodukter per år.

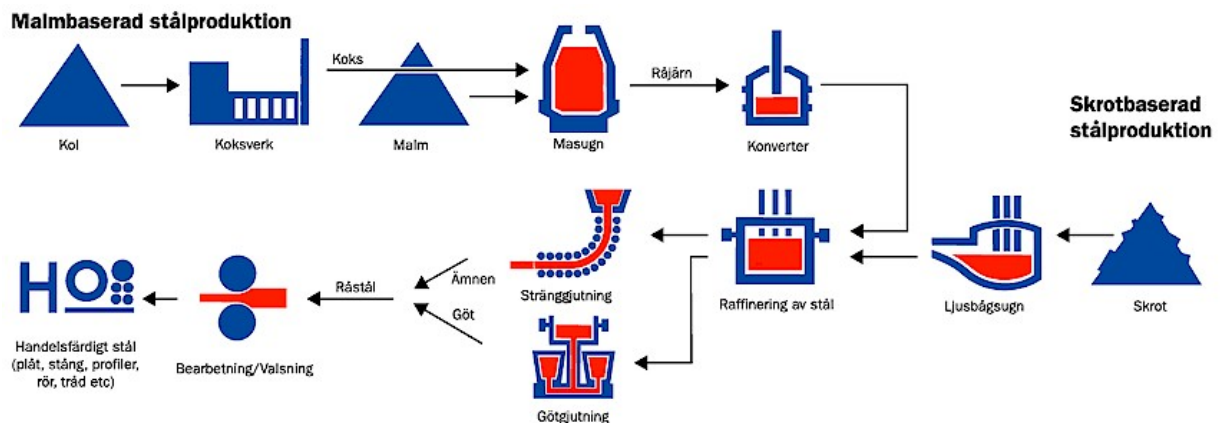
2. Malmbaserad tillverkning av stål

I järnverkets masugn - ett högt tegelinfodrat schakt - sker reduktion av malm till järn genom att syret tas bort ur de oxidiska järnmineralerna med hjälp av koks och kol. Det så kallade råjärnet från masugnen innehåller förutom järn också 4-5 % kol och mindre halter av andra ämnen. I Sverige finns masugnar i Luleå (SSAB Tunnsplåt) och i Oxelösund (SSAB Oxelösund) vilka tillsammans producerar drygt 3,9 miljoner ton råjärn av världsproduktionen på ca 718 miljoner ton (2004) (www.jernkontoret.se).

Råjärnet går sedan vanligen i flytande form till stålverket. Vid **malmbaserad ståltillverkning** framställs således stål huvudsakligen av råjärn men även en mindre del skrot tillsätts - ca 20 % av insatsen. Kolhalten reduceras därefter genom färskning med syrgas i en konverter. Den nödvändiga energin för temperaturhöjningen erhålls ur färskningsreaktionerna. Icke gasformiga reaktionsprodukter samlas i en slagg. Dess egenskaper styrs genom tillsats av slaggbildare, t ex kalk. Världsproduktionen av malmbaserat råstål uppgick 2004 till 662 miljoner ton.

Skrotbaserad tillverkning

Vid **skrotbaserad ståltillverkning** används inte kulsinter (pellets) som utgångsmaterial utan skrot. För smältning av skrotet används i huvudsak ljusbågsugnar. För detta ändamål krävs elenergi. I Sverige produceras skrotbaserat råstål på 11 orter som tillsammans tillverkar knappt 2 miljoner ton. I hela världen producerades 2004 drygt 356 miljoner ton skrotbaserat stål.



Figur 3.1 Översiktlig beskrivning av huvudprocesserna i malm- respektive skrotbaserad järn och stålproduktion

På många håll i världen utgör **järnsvamp** ett komplement till skrot som basmaterial vid stålframställningen. Järnsvamp tillverkas genom att vid lägre temperaturer avlägsna järnmalmens syre med hjälp av koloxid och vätgas framställd ur naturgas. Världsproduktionen uppgår till ca 55 miljoner ton (2004). I Sverige tillverkas järnsvamp av Höganäs AB enligt Höganäs järnsvampprocess, drygt 120 tusen ton 2004. Processen i Höganäs ser dock annorlunda ut och man utgår visserligen från järnmalm men använder sig av koks och antracit som reduktionsmedel. Naturgas används endast som värmekälla. Den produktionen är uteslutande avsedd för deras egen produktion av högklassigt järnpulver.

I råstålsprocessen tillsätts **legeringsämnen**. På så sätt skapas förutsättningar för att ge stålet önskade egenskaper, exempelvis korrosionsbeständighet, hårdhet, slitstyrka, seghet. Att hitta optimal legering för varje kvalificerat användningsområde är en vetenskap som hela tiden befinner sig i utveckling genom den forskning som bedrivs i Sverige och internationellt.

Med **legerat stål** avses stål med fastställda minimigränser för olika legeringsämnen. Exempel på legeringsämnen är mangan, kisel, krom, nickel, vanadin, molybden, m fl.

Mer än hälften, 55 %, av den svenska stålproduktionen utgörs av legerade stål. Det är väsentligt högre än för resten av världen. I övriga EU, liksom i USA och Japan utgör de legerade stålen 10-15 % av totalproduktionen. Än lägre är den i övriga delar av världen.

Med **olegerat stål** avses stål med lägre halter av legeringsämnen än vad som krävs för legerat stål. Olegerat stål är i stort sett synonymt med begreppen **handelsstål** och kolstål.

Skänkmetsallurgi betecknar de processer som sker i anslutning till stålugnen då man "raffinerar" det flytande stålet. I skänkgugnen sker desoxidation (tätning), möjlighet att ytterligare rena stålet, justera legeringshalterna och ställa in rätt gjuttemperatur.

Det smälta stålet gjuts till ämnen. Detta sker vanligen i en kontinuerligt framlöpande sträng, som kapas efter stelnandet, så kallad stränggjutning. För vissa ändamål är detta emellertid inte lämpligt, varvid den äldre metoden att gjuta i en fast form, kokill, fortfarande tillämpas. Produkten kallas då göt.

Ovanstående processteg vid järn- och stålframställningen omfattas av handelsystemet. Nedan följer resterande steg för framställningen vilka inte ingår i handelsystemet.

Bearbetning

Den största delen av stålverkens tillverkning utgörs av produkter som ska bearbetas och förädlas ytterligare. Bearbetningen av göt och ämnen görs för att åstadkomma önskad form och egenskaper. Detta sker vanligtvis genom varmvalsning och eventuell efterföljande kallbearbetning eller smidning. Produkterna kan efterbehandlas genom värmebehandling, riktning, slipning och polering.

Valsning

Varmvalsning från göt sker oftast i två steg. Först valsas göten till ämnen som kontrolleras och ytbehandlas (bortslipning av ytfel). Motsvarande ytbehandling sker med stränggjutna ämnen. Dessa ämnen värms och valsas till olika formprodukter såsom plåt, band, stång, profiler, tråd och rör. Ibland måste kompletterande kallvalsning ske för exempelvis tillverkning av tunn plåt. När man valsar tråd eller stång används valsar med spår.

Smidning

Smidning används ofta för att forma stora detaljer, men också detaljer med oregelbunden tjocklek och form, exempelvis vevaxlar till bilar och fartyg.

Dragning

Tunn tråd framställs genom kalldragning av varmvalsad tråd. Draging används även vid stång- och rörtillverkning.

Gjutning av färdiga detaljer

Metoden används i första hand för att forma stora oregelbundna detaljer, som exempelvis motorblock, men även smådetaljer (precisionsgjutning).

3.2 Svensk stålindustri

De svenska stålföretagen har specialiserat sig inom olika områden där de tillverkar avancerade stål-sorter och -produkter. Detta har medfört att företagen i stort sett inte längre konkurrerar med varandra. Idag är många svenska stålföretag världsledande inom sina respektive områden.

Rostfritt stål:

Fagersta Stainless - en av de två största på valstråd

Outokumpu Stainless - störst på grovplåt

Outokumpu Stainless Tubular Products - en av de största på svetsade rör

Sandvik - störst på sömlösa rör

Verktygstål: **Böhler Uddeholm** – störst

Snabbstål: **Erasteel Kloster** – störst

Elektrisk motståndstråd: **Kanthal** - störst

Kullagerstål: **Ovako Steel** – störst

Handelsstål: **SSAB** - en av de ledande på höghållfasta stål och slitstål

Järnpulver: **Höganäs** – störst

3.3 Indelning i denna rapport

I denna rapport är följande indelning gjord:

- Malmberedning
- Malmbaserad tillverkning
- Skrotbaserad tillverkning

Höganäs som tillverkar järnpulver och Scandust som återvinner metaller ur stoft från rostfria stålverk redovisas i denna studie i gruppen skrotbaserad tillverkning.

4 Malmberedning

4.1 Översikt över kulsintertillverkning

4.1.1 Processer och anläggningar

Vid järnframställning i Sverige är utgångsmaterialet kulsinter (pellets), centimeterstora malmkulor med hög järnhalt, som används vid koksbaserad råjärnstillverkning i masugnar eller i gasbaserade reduktionsprocesser.

I Sverige tillverkas kulsinter vid LKAB:s anläggningar i Kiruna, Svappavaara och Malmberget. LKAB tillverkar drygt 20 miljoner ton järnmalmprodukter per år varav ca 75% exporteras till stålverk i Europa, Mellanöstern, Nordafrika och Sydostasien.

Efterfrågan på järnmalm i världen har ökat dramatiskt de två senaste åren. Detta hänger främst samman med en snabb uppgång i Kinas stålproduktion, en utveckling som väntas bestå och som kan leda till en bristsituation beträffande tillverkningskapacitet för kulsinter. (REF: LKAB, MKB Ökad Pelletstillverkning i Kiruna, 2004)

På världsmarknaden tillverkas kulsinter vanligtvis av hematitmalm (blodstensmalm, Fe_2O_3) som i masugnprocessen kräver avsevärt högre energiförbrukning än magnetitmalm (svartmalm, Fe_3O_4). Även utsläppen från kulsintertillverkningen blir mindre med magnetitmalm. Utsläppen av koldioxid från magnetitmalm uppgår bara till en tredjedel av utsläppen vid kulsintertillverkning av hematitmalm. Detta beror på att oxidationsprocessen för magnetitmalm är exotermisk. (REF Nordiska Ministerrådet, The Nordic BAT-BREF project, 2005)

LKAB planerar en kraftigt utbyggd produktionskapacitet för kulsinter i Kiruna, från 8,8 Mton till 14,8 Mton. Då malmkroppen i Kiruna består av magnetitmalm medför detta att de globala koldioxidutsläppen minskar jämfört med en utbyggnad av motsvarande kapacitet för hematitmalm.

Om man dessutom kan minska produktionen, eller undvika ökad produktion av kulsinter, i kundernas sinterverk vid stålverken blir koldioxidutsläppen bara ca en sjundedel i ett totalt perspektiv. (REF: LKAB, MKB Ökad Pelletstillverkning i Kiruna, 2004)

LKAB är den enda kulsintertillverkaren i Europa.

I tabellen nedan framgår emissions- och produktionsdata för LKAB:s anläggningar i Kiruna, Svappavaara och Malmberget. (REF: LKAB:s miljörapporter)

Tabell 4.1 Produktionsdata för LKABs anläggningar.

Anläggning	CO ₂ -emission [kton/år] 2004	Tilldelade utsläppsrätter [kton/år] 2005-2007	Produktion [kton/år] 2004	
			Kulsinter	Fines
Kiruna	250 000	270 588	8 043	2 834
Svappavaara	104 500	108 498	3 533	---
Malmberget	78 000	93 578	4 394	3 404
Totalt	432 500	472 664	15 970	6 238

4.1.1.1 Tillverkning av kulsinter (Kiruna)

Anrikningsverk

Efter brytning, krossning och sovring transporteras malmen till ett anrikningsverk. I anrikningsverket mals malmen med tillsats av vatten i flera steg. Efter varje malsteg anrikas godset genom våt svagmagnetisk separering. Efter sista malsteget sker rening av fosfor med flotation. En slutlig magnetseparering görs innan sligen går till en slurrytank. Se fig. 4.1 Exempel på anrikningsverk.

För att anpassa produktens reduktions- och smältegenskaper till de olika reduktionsprocesserna sker tillsats av i huvudsak basiska mineral till pelletssligen.

De tillsatsmedel som används vid LKAB är:

- Olivin, ett magnesiumsilikatmineral betecknat $(\text{Fe, Mg})_2\text{SiO}_4$
- Dolomit, ett kalcium-magnesiumkarbonatmineral betecknat $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- Kalk, den gängse benämningen på föreningar med kalcium Ca,
- Kvartsit, bestående av flera mineraler där huvuddelen utgörs av kvarts (SiO_2).

I tillverkningsprocessen tillsätts även bindemedel till sligen för att stabilisera de råkulor som senare skall sintras till pellets. För närvarande är det dominerande bindemedlet vid LKABs pelletsverk lermineralet bentonit.

De tillsatsmedel som används mals och tillförs magnetitkoncentratet i slurrytanken.

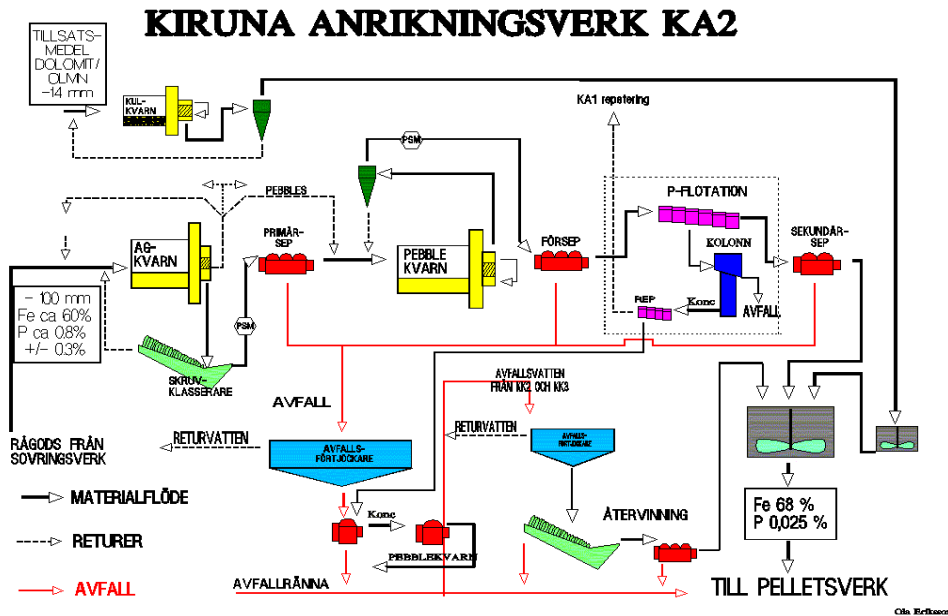


Figure 4.1. Exempel på anrikningsverk

4.1.1.2 Pelletsverk

Kalla delen

Anrikat magnetitkoncentrat transporteras med självfall till slurrytank i pelletsverket, till vilken även tillsatsmedel indoseras. Slurryn pumpas därefter till pressluftfilter för avvattning. Avvattnad slurry transporteras till ett där homogenisering av magnetitkoncentratet sker.

Från sliglagret transporteras koncentrat med matare till en blandare, till vilken bindemedel (bentonit och/eller organiskt bindemedel) indoseras. Därefter transporteras koncentratblandningen via dagfickor in på rullkretsarna, där råkulor tillverkas i roterande rulltrummor.

Värma delen

Maskinen består av en bandrullugn (grate), en rull- eller roterugn (kilm) samt en horisontell cirkulär roterande kylare. Inom LKAB benämns processen normalt för "Grate-Kilm". Råkulor matas ut på gratebandet. Se fig. 4.2 Exempel på kulsinterverk.

- I den första torkzonen, UDD, torkas den nedre delen av råkulebädden i en uppåtgående gasström. Gasen är måttligt uppvärmd, ca 50-200 °C, och erhålls från kylarens sektion 4. Torkgasen avleds till atmosfären.
- I den andra torkzonen, DDD, torkas råkulebädden i en nedåtgående gasström. Torkgasen består av varm luft, ca 350-500 °C, från kylarens sektion 3.
- I första förvärmningszonen, TPH, värms kulbädden upp av en varm, ca 900-1000 °C, nedåtgående gasström från kylarens sektion 2. Oxidationen påbörjas i denna zon.

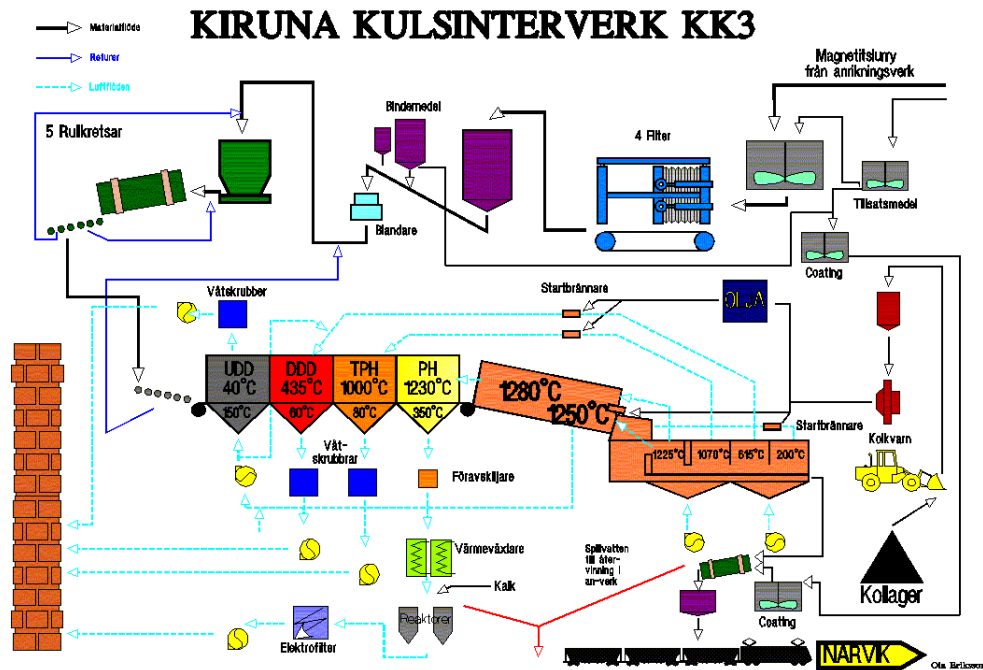


Figure 4.2. Exempel på kulsinterverk

- I den andra förvärmningszonen, PH, sker värmning av kulbädden till ca 1200 °C varefter kulorna matas in i en svagt sluttande roterugn. Uppvärmad gas kommer från roterugnen och dras genom kulbädden i nedåtgående riktning.
- I roterugnen upphettas kulorna till en jämn temperatur. En varm gasström tillförs roterugnens utmatningsände från kylarens sektion 1. Den ytterligare värme som behövs tillförs genom förbränning av externt tillfört bränsle, huvudsakligen i form av kol.
- Efter roterugnen faller de varma kulorna ned i en horisontell cirkulär roterande kylare. Kylaren är försedd med perforerade tippbara bottenplattor och är uppdelad i fyra sektioner. Kulorna kyls i en uppåtgående luftström. Oxidationen av magnetit slutförs i allmänhet först i kylaren. Efter kylning tippas kulorna ner i en avlastningsficka.

Den varma luften från den första kylzonen leds in i roterugnen och därefter, efter ytterligare uppvärmning, till den andra förvärmningszonen. Från kylzon 2 leds den uppvärmda luften via en utåtpåliggande kanal till den första förvärmningszonen.

4.1.2 Dagens emissioner av koldioxid

Koldioxid emitteras främst från förbränning av fossila bränslen. De fossila bränslena används för oxidation och sintring av kulsintern. En stor del av värmen som behövs för bl.a. torkning och förvärmning kommer från andra delar av processen. Dessutom är oxidationsprocessen för magnetit-malm exotermisk varför den största värmemängden genereras i processen. Koldioxid emitteras även från tillsatsmedel som t.ex. dolomit och kalksten vid oxidationsprocessen.

Tabell 4.2 Koldioxidemission från olika källor, LKAB 2004 (ton)

Anläggning	Olja	Kol	Tillsatsmedel	Tot CO ₂ -emission	CO ₂ kg/ ton pellets, 2004 (2003)
Kiruna	37 498	153 539	62 646	250 000	31 (33)
Svappavaara	11 018	84 859	21 775	104 500	30 (33)
Malmberget	69 000	---	9 065	78 000	18
Totalt	117 516	238 398	93 486	432 500	

4.2 Tekniska reduktionsmöjligheter för koldioxid

LKAB:s anläggning i Kiruna har tillsammans med en anläggning i Kina beskrivits som vägledande på miljöområdet i EU:s IPPC-rapport ”Best Available Techniques Document on the Production of Iron and Steel” (December 2001).

4.2.1 Energieffektiviseringar

LKAB:s verksamhet är energiintensiv. Den totala energianvändningen uppgår till ca 3 TWh/år, varav drygt hälften är elenergi. Det huvudsakliga bränslet vid kulsintertillverkningen är kol. Olja används framför allt vid uppstart av processerna samt vid störningar i koleldningsprocesserna.

Under 2003 har ett av verken övergått från direkt kolpulvereldning till indirekt kolpulvereldning. Den huvudsakliga skillnaden mellan direkt respektive indirekt kolpulvereldning är att man med den indirekta metoden filtrerar och mellanlagrar kolpulver innan eldning. På detta sätt kan luft och förångat vatten avskiljas från kolpulvret. Processmässigt ligger skillnaden i minskad lufttillförsel via bränslet till pelletiseringsprocessen, samt att också tillförseln av kyluft till brännaren kan elimineras. Avsikten med förändringen har i första hand varit reducerad bränsleförbrukning samt bättre processtyrning med ökad tillgänglighet. Minskad bränsleförbrukning samt minskad lufttillförsel i flammen förväntas bidra till minskade emissioner av i första hand NO_x och CO₂.

4.2.1.1 Bränsleförändringar

Vid pelletisering av järnmalm används normalt kol, olja eller naturgas som extern energi. Det är tillgång och pris som i allmänhet styr energi-användningen. Då man vid LKAB har magnetitrågods erhålls också oxidationsvärme då magnetiter omvandlas till hematit i samband med sintringsprocessen.

Vid LKAB används kol eller olja som externbränsle vid pelletisering. Inom några år kan även naturgas landad i Nordnorge komma att bli ett alternativ. Naturgasen kan transporteras långa sträckor i rör, men också i förvätskad form, s k LNG (Liquified Natural Gas), i tankar.

LKAB studerar för närvarande möjligheterna att använda sig av naturgas i sina pelletiseringsprocesser, framförallt i bandugnsprocessen i Malmberget. Då naturgas ännu inte är kommersiellt tillgänglig i LKABs närområde, utgör inte naturgas i dagsläget ett alternativ. Vidare måste konsekvenserna av bränslebyte utredas närmare innan naturgas kan anses vara ett realistiskt alternativ. Detta gäller särskilt för bandrullugnsprocessen, (Grate Kiln-processen) i verken i Kiruna och Svappavaara.

Biobränsle är idag inget realistiskt alternativ då tillgången inte motsvarar LKAB:s stora energibehov. Dessutom kan man förvänta sig stora kvalitetsproblem med de askmängder som skulle uppstå.

4.2.1.2 Användning av restvärme för extern uppvärmning - fjärrvärmeanvändning

Under år 2003 producerades cirka 200 GWh spillvärme i avgaspannorna i Kiruna. Av denna värmemängd kyldes cirka 50 GWh bort, 104 GWh nyttjades för uppvärmning av gruvluft och lokaler och 47 GWh såldes till Tekniska Verken i Kiruna.

4.2.2 Alternativa tillsatsmedel

Tillsatsmedlen används bl.a. för att tillföra Ca och Mg till magnetitkoncentratet. Om dessa ämnen tillförs i form av t.ex. hydroxider eller oxider, i stället för karbonater, skulle CO₂-utsläppen minska vid oxidationsprocessen hos LKAB. Dock skulle kostnaderna för tillsatsmedlen öka med en faktor x 20-30, samt medföra motsvarande CO₂-utsläpp i tidigare produktionsled.

4.3 Ekonomiska analyser av reduktionsmöjligheter för koldioxid

Inga beräkningar på åtgärdskostnader för koldioxidreduktioner har utförts för LKAB då alltför många uppgifter saknats eller varit osäkra. Då åtgärder för koldioxidreduktion är på teststadiet eller planeringsstadiet kan inte LKAB ge information om reduktionsgrad eller kostnad för åtgärderna.

LKAB avser att öka sin totala produktion från dagens 16,7 Mton pellets per år till 28,1 Mton pellets år 2010.

Tabell 4.3 Förväntade koldioxidemissioner p.g.a. produktionsökning, LKAB (ton)

Anläggning	2005	2006	2008	2010	2012
Kiruna	283 623	297 228	395 890	518 809	518 809
Svappavaara	102 133	106 301	111 896	111 896	111 896
Malmberget	77 905	78 593	132 422	144 460	144 460
Totalt	463 661	482 123	640 208	775 165	775 165

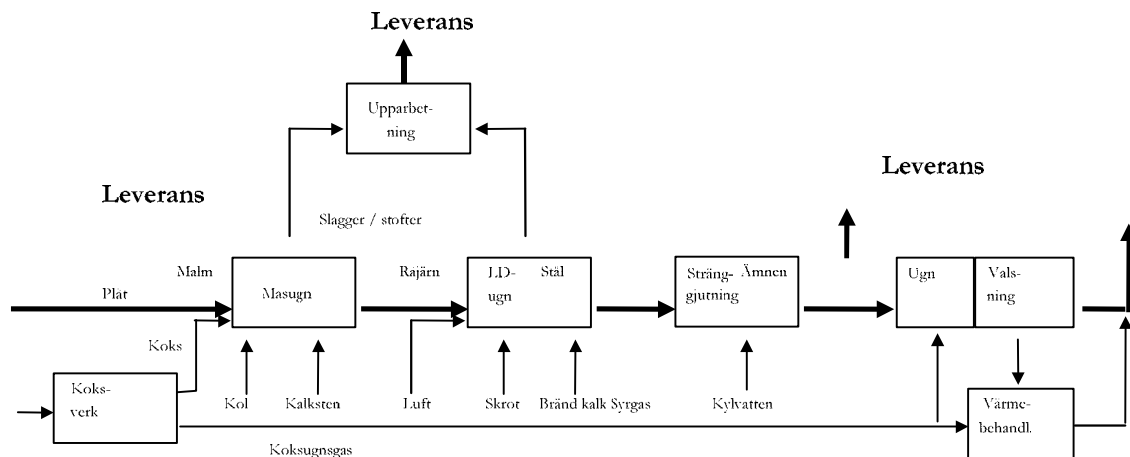
5 Malmbaserad järn- och ståltillverkning

5.1 Produktion och anläggningar

I Sverige finns det endast en koncern som tillverkar järnmalmsbaserat stål och det är SSAB som är en av världens ledande tillverkare av höghållfast tunnplåt och kyld grovplåt. Koncernen består av fyra dotterbolag varav SSAB Tunnplåt och SSAB Oxelösund är koncernens ståltillverkande företag. Plannja vidareförädlar tunnplåt för användning inom byggsektorn och Tibnor är koncernens handelsföretag. Koncernen har huvuddelen av sin produktion i Luleå, Borlänge och Oxelösund.

Koncernens ståltillverkning sker med järnmalm som huvudråvara. Järnmalmen tillförs masugnen i form centimeterstora kulor, s.k. pellets. Denna pellets består till största delen av järnoxid, d.v.s. järn bundet till syre. För att kunna tillverka stål av pellets måste järnet och syret skiljas åt. Detta sker i masugnar, där pellets tillsammans med kol i form av koks och kolpulver tillförs ugnen. Under upp-

hettning förenar sig kolet med syret från järnoxiden så att järnet frigörs och flytande råjärn erhålls. När syret binds till kolet bildas koldioxid. I nedanstående bild återfinns huvuddragen vid tillverkning av plåt.



Figur 5.1: Tillverkning av plåt (Ref; Miljörapport, SSAB Oxelösund, 2004)

Den helt dominerande källan för koldioxidutsläpp från SSAB:s stålproduktion är reduktion av järnmalm i masugnarna med den därtill hörande produktionen av koks och färsningen av råjärnet i stålverket. Att optimera användandet av reduktionsmedel har ständigt varit ett högt uppsatt mål för SSAB, men optimeringen är inte bara en minimering utan är också beroende av sådana faktorer som föroreningshalt, tillgång, inköps- och transportkostnader, utnyttjande av biprodukter o.s.v.

Utsläppen av koldioxid vid de malmbaserade stålverken är i huvudsak processberoende och ökar med ökad produktion. 2004 uppgick SSAB Oxelösunds totala koldioxidutsläpp för processerna till 1 545 kton. Stora mängder processgaser energiåtervinns i SSAB Oxelösunds kraftverk OK2/OK3. Den delen av koldioxidutsläppen bokförs därför på dessa anläggningar, men är samtidigt en integrerad del av hela verksamheten. 2004 uppgick SSAB Oxelösunds koldioxidutsläpp för kraftverken OK2/OK3 till 1 046 kton. I Tabell 5.1 nedan redovisas koldioxidutsläppen från SSAB Oxelösund. Merparten av utsläppen regleras fr.o.m. 2005 av utsläppsrätter. Det som inte ingår är valsverk och interna transporter.

Tabell 5.1 CO₂ [kton] utsläpp 2004 för SSAB Oxelösund

Process	CO ₂ [kton]
Koksverket	218
Masugnar	967
Stålverk	263
Valsverk	93*
Interna transporter	4*
Summa processer	1 545
Summa bränslen OK2/OK3	1 046
Totala utsläpp av CO₂	2 591

* Ingår ej i handelssystemet.

Vid produktionen av järn och stål bildas stora mängder energirik gas. Dessutom produceras ånga i samband med de metallurgiska processerna. Gas och ånga används i processerna och för produktion av fjärrvärme och el. Till kommunens fjärrvärmenät i Oxelösund levererades år 2004 93 GWh. SSAB Oxelösund producerade i fjol drygt 203 GWh elenergi av "överskottsgaser". Det svarade för en stor del av elbehovet på stålverket. I tabellen nedan redovisas energistatistik för SSAB Oxelösund 2004.

Tabell 5.2. Energistatistik 2004, SSAB Oxelösund

Energislag	Kvantitet	Enhet
Kol till koksverk	624 290	Ton
Köpt koks	200 760	Ton
Injektionskol	154 539	Ton
Eldningsolja, Eo5LS	13 614	Nm ³
El	384	GWh
Gasol	1 350	Ton
Energi i producerad gas		
	TJ	GWh
Masugngas	6655	1848
Koksgas	3448	958
LD-gas	952	264

Också i Luleå levereras en stor andel av koksgasen till extern kraftvärmeproduktion av el, ånga och hetvatten till Luleå kommuns fjärrvärmenät. I Tabell 5.3 redovisas koldioxidemissionerna från de olika processerna vid SSAB Tunnsplåt år 2004. I tabell 5.4 redovisas den exporterade mängden gas.

Tabell 5.3 CO₂ [kton] utsläpp från SSAB Tunnsplåt år 2004

Process	CO ₂ [kton]	CO (del av CO ₂)*
Koksverket	149	0,4
Masugn	1095	1,0
Stålverk, råstål	98	12
Serviceanl. Ämnen**	3	
Summa processer	1342	14

* Kolmonoxid ingår i beräknade utsläpp av CO₂

**Inkluderar utsläpp från förbränning av olja och gasol för CO₂, SO₂ och NO_x

Tabell 5.4 Externa leveranser av energi SSAB Tunnsplåt år 2004

Energityp	GWh
Koksgas	322
Masugngas*	1840
LD-gas*	336
Summa gaser	2498
Ängleveranser	31

* Gaser levereras endast som blandgas

Överskottet av gasproduktionen levereras till Lulekraft, LEAB och Nordkalk. Ånga levereras till Plannja, Aga och Nordkalk. SSAB Tunnsplåt har utsläppsrätter för det avgasnät som hanteras av Lulekraft.

I reduktionsprocessen i masugnen är det nödvändigt att använda slaggbildare som i huvudsak måste vara kalkbaserad. Ren kalksten skulle kunna användas. Kalksten bildar koldioxid vid upphettning. SSAB återanvänder emellertid så mycket av den kalkhaltiga biprodukten LD-slagg från stålverket som möjligt i masugnsprocessen. Stålslaggen ger inte upphov till något koldioxidutsläpp, men användningen begränsas av icke önskvärda ämnen i slaggen.

I tabellen nedan redogörs för emissions- samt produktionsdata hos SSAB i Luleå respektive Oxelösund (Miljörapporten, SSAB 2004):

Tabell 5.5 Emissions och produktionsdata hos SSAB i Luleå resp Oxelösund.

Företag	CO ₂ -emission [kton/år] 2004	Tilldelade utsläppsrätter [kton/år] 2005-2007	Produktion [kton/år] 2004		
			Råjärn	Råstål	Stålämne
SSAB Tunnpått	1 342 ¹⁾ ca 3 500 ²⁾	4 016	2296	2 330	2 171
SSAB Oxelösund	2 494 ³⁾	2 628	1 582	1 765	1 663
TOTALT	3 933 (exkl. avgasnetet) 6 091 (inkl. avgasnetet)	6 644 ⁴⁾	3 878	4 095	3 834

- 1) I denna siffra är inte det avgasnet (d.v.s. överskottet av gasproduktionen) som hanteras av Lulekraft inräknat, vilket motsvarar drygt 2000 kton CO₂ per år.
- 2) Processutsläppen inklusive gasproduktionen är således ca 3500 kton. SSAB Tunnpått har fått utsläppsrätter tilldelade för detta avgasnet.
- 3) 1046 i OK2/OK3 och 1545 i processerna (d.v.s. de delar som ingår i handelssystemet).
- 4) SSAB:s utsläppsrätter utgör 91% av järn- och stålbranschens totala utsläppsrätter

För information om olika delar av årsproduktionen samt produktionsförändring de senaste åren hänvisas till Bilaga 1.

Inom koncernens enheter för produktion av stålämnen resp. processutveckling pågår ett kontinuerligt arbete för att minska förbrukningen av råvaror, bl.a. koks och kol. Koncernens malmbaserade ståltillverkning har vid internationella jämförelser visat sig ha bland de lägsta utsläppen av koldioxid per ton råjärn. Länderna i figuren nedan representerar drygt 80 % av världens malmbaserade stålkonsumtion, se figur 1 (Personlig kom. Göran Carlsson, SSAB Svenskt Stål AB).

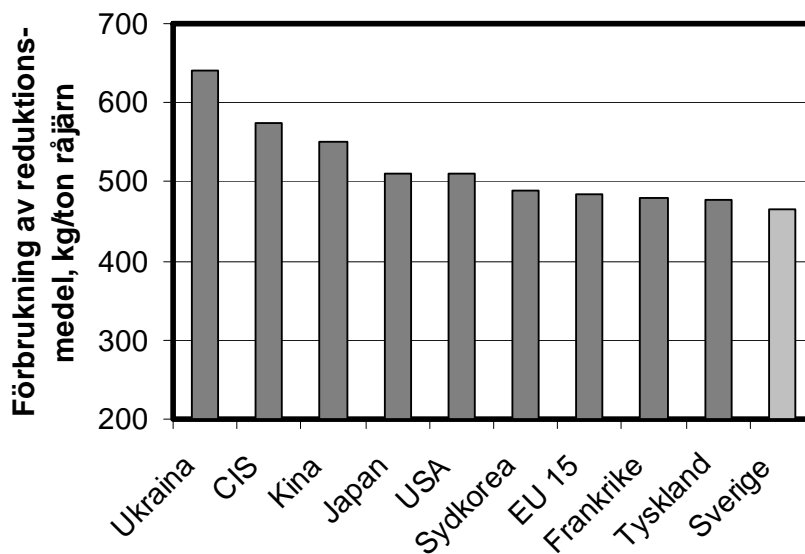


Figure 5.2 Förbrukning av reduktionsmedel (kol, koks, olja, gas mm) i masugnar. P. Cleary et. al., 5th European Coke and Ironmaking Congress, Stockholm, 2005.

5.2 Processbeskrivning

Nedan följer en översiktlig genomgång av processerna inom den malmbaserade stålindustrin. Eftersom detta projekt endast omfattar den del av stålindustrin som är inkluderad i handelssystemet så har vi begränsat oss till de processer som idag ingår i handelssystemet. Beskrivningen omfattar även energiåtgång och CO₂ utsläpp.

5.2.1 Koksverk

Till smältning av malmen i masugnen behövs idag koks. Koksen har som uppgift att fungera som bränsle och reduktionsmedel, men också att genom sin styckeform stötta övrigt material inne i masugnen och se till att gas kan passera genom ugnen. Vid koksning (torrdestillation utan lufttillförsel) avdrivs flyktiga föreningar som gas från råkolet under ca. 20 timmars värming. Arbetstemperaturen för ugnarna är ca. 1000-1400°C. Koksningen sker i parallella ugnar där flera olika kolsorter har blandats för önskad kvalitet. Under koksningen avges stora mängder brännbar koksugns gas. Av varje ton torrt kokskol bildas ca 0,8 ton koks och 0,2 ton (400 m³) koksugns gas. Ur koksugns gasen utvinns bensen och tjära i ett biproduktverk. Gasen renas även från svavel som överförs till svavelsyra som i sin tur används för att framställa gödselmedlet ammoniumsulfat. Den renade gasens energiinnehåll tillvaratas senare i processkedjan för att hetta upp de utgjutna stålämnen till valsningstemperatur, samt för värmebehandlingar av plåt. Den färdiga koksen töms (tryckning) m h a en tryckmaskin ner i en vagn där sedan koksen släcks i ett släcktorrn med vatten. Av koksugnarna och släckning av koksen sker betydande stoftutsläpp. Dessa övervakas genom att man via ett index bedömer hur mycket det ryker tryckning.

5.2.1.1 Energi och koldioxid

SSAB Tunnpååt

Från koksproduktionen erhålls en energirik gas varav ca. 40% återförs för undereldning av koksen. I övrigt produceras el och egenproducerad ånga. Överskottet av koksgasen används till uppvärmning av anläggningar samt till extern kraftvärmeproduktion av el, ånga och hetvatten till Luleå kommuns fjärrvärmesät. Utsläpp av CO₂ sker via avgaser från förbränning av koksgas i batteri och ångpanna.

SSAB Oxelösund

Den energirika koksgasen ersätter ca. 50 000 m³ olja per år. Den renade gasens energiinnehåll tillvaratas senare i processkedjan för att hetta upp de utgjutna stålämnen till valsningstemperatur, samt för värmebehandlings av plåt. Mängden facklad koksgas beror till största del på masugnen och stålverkets årliga sommarstopp. Utsläppskällor härrör i huvudsak från olika former av förbränning där framför allt koksugns gas används. Eldningsolja används endast i mindre utsträckning.

5.2.2 Masugnen

Första steget i tillverkningen av ämnen eller plåt är den sk masugnsprocessen, där råjärn framställs med kol och koks som reduktionsmedel. Reduktionen sker i en schaktugn där koks, slaggbildare (kalksten) och järnbärare (pellets) beskickas i toppen, det används ca 1350 kg pellets per ton råjärn. Underifrån tillsätts het blästerluft (1100°C) och kolpulver (PCI). Blästerluften värms upp i varmapparater (cowprar) som är uppvärmda med koks- och masugns gas. Förbränningen börjar med att CO förbränns av syrgasen i blästern till CO₂ som i sin tur direkt reagerar med kol och bildar CO. Den bildade gasen stiger och värmer beskickningen och reducerar järnoxiderna. Värmeutnyttjandet är så högt som 85-90%, detta då masugnen är en effektiv motströmsväxlare. Materialet smälter och samlas i botten på ugnen. Kvar blir då flytande råjärn och slagg. I den smälta slaggen ingår då icke järnhaltiga rester från malmen, samt askan från den förbrända koksen. Slagg och råjärn tappas i masugnens nedre del. Råjärnet hamnar i ett stort eldfast kärl (torped), som går på järnvägsräls, för vidare förädling i LD-ugnen. Slaggen transporteras också på järnväg för svalning och vidareförädling. Avgaserna från masugnen renas dels genom torr avskiljning vilket ger hyttstot och del genom våt avskiljning som ger hyttslam. Den renade gasen energiåtervinns i kraftverk.

5.2.2.1 Energi och koldioxid

SSAB Tunnpååt

Förutom de nämnda råvarorna tillsätts även restprodukter t.ex. LD-slagg och stoftbriketter. Från produktionen erhålls energirik masugns gas som till en del används för att värma upp blästerluften. I övrigt förbrukas el, koksgas och köpt ånga. Överskottet av masugns gas används till extern kraftvärmeproduktion av el, ånga och hetvatten till Luleå kommuns fjärrvärmesät. Utsläpp av CO₂ sker via avgaser från förbränning av masugns gas och koksgas i s.k. cowper.

SSAB Oxelösund

Förutom de nämnda råvarorna tillsätts även restprodukter t.ex. LD-slagg och stoftbriketter. Övriga utsläppskällor härrör i huvudsak från olika former av förbränning där framför allt masugns- och

koksugns gas används. Eldningsolja (Eo1) används endast i mindre utsträckning i kolinjektionsanläggningen (PCI). Avgaserna från masugnen renas dels genom torr avskiljning vilket ger s.k. hytt-sot och dels genom våt avskiljning som ger hytt slam. Den renade gasen energiåtervinns i kraftverket. En del av hytt sotet återförs som råvara till masugnen och en del deponeras. Vid tillverkningen av råjärn produceras även stora mängder slagg i masugnen, drygt 150 kg slagg per ton råjärn. Slaggen transporteras också på järnväg för svalning och vidareförädling hos SSAB:s restproduktbolag Merox AB. Slaggen används som konstruktionsmaterial i huvudsak utanför SSAB Oxelösunds område.

5.2.3 LD-konverter

Konvertern består av ett tegelinfodrat plåtkärl. Kärllet är tippbart för påfyllning av råvaror resp urtappning av det färdiga råstålet. I LD-konvertern färskas råjärnet, som innehåller ca 4% kol, till råstål (ca. 0,1% kol) genom att syrgas blåses in i smältan varvid kolet avgår som CO och CO₂. Vid denna process oxideras även en del föroreningar och tas upp som fasta oxidföreningar i slaggen. För att ta upp de oxidiska föreningarna i slaggen tillsätts bränd kalk och dolomit som slaggbildare. Ca 20 % skrot tillsätts också för att hålla ned temperaturen vid blåsningen. Efter blåsperioden återstår ett råstål som alltid har en likartad analys. I samband med tappningen till gjutskänken tillsätts sedan olika legeringsämnen för att ge det färdiga stålet önskvärda egenskaper. Slaggen transporteras i speciella grytor för svalning och vidareförädling. Värmen i avgaserna tas tillvara via värmexchångörer. Därefter avskiljs stoftet från gaserna som sedan facklas alternativt används som bränsle eller energiåtervinns i kraftverk.

5.2.3.1 Energi och koldioxid

SSAB Tunnbrå

En viktig biprodukt vid produktion av råstål är LD-gas som går till extern kraftvärmeproduktion av el, ånga samt hetvatten till Luleå kommuns fjärrvärmenät. De järn- och stålhaltiga restprodukter bl.a. slagg samt keramiskt avfall som uppstår vid verksamheten behandlas för att återta främst järninnehållet. En stor del av restprodukterna återanvänds i verksamheten, en del försäljs och en mindre del går till deponi. Utsläpp av CO₂ sker via avgaser från fackling av LD-gas.

SSAB Oxelösund

Slaggen transporteras i speciella grytor för svalning och vidareförädling hos SSAB:s restproduktbolag Merox AB. Värmen i avgaserna tas tillvara via värmexchångörer därefter avskiljs stoftet från gaserna som sedan facklas. Dessa gaser har ett ganska lågt energivärde (ca 3 MJ/m³). Processgaserna i ugnen renas i två seriekopplade venturiskrubbers. Den renade gasen förbränns i fackla.

5.2.4 Skänkbekandling

Fortsatt bekandling av stålet sker i två olika efterbekandlingsstationer. I dessa stationer homogeneras stålet. Dessutom finns det möjlighet att värma och kyla samt slutjustera stålet till önskad kvalitet genom ytterligare legeringstillsetts. Vid den senare stationen finns även möjlighet att vakuumbekandla stålet i de fall det ställs extra höga krav på låga kol-, syre eller vätehalter.

5.2.4.1 Energi och koldioxid

SSAB Tunnsplåt

El förbrukas vid värmning av smältan samt förbrukning av egenproducerad ånga. De järn- och stålhaltiga restprodukter bl.a. slagg samt keramiskt avfall som uppstår vid verksamheten behandlas för att återta främst järninnehållet.

SSAB Oxelösund

Det produceras ånga i samband med de metallurgiska processerna. Gas och ånga används i processerna och för produktion av fjärrvärme och el. Till kommunens fjärrvärmenät levererades år 2004 93 GWh. SSAB Oxelösund producerade i fjol drygt 203 GWh elenergi av "överskottsgaser". Det svarade för en stor del av SSAB Oxelösunds elbehov.

5.2.5 Stränggjutning

Det flytande stålet från efterbehandlingen levereras till stränggjutningsmaskinen i skänkar som förflyttas med traverskranar. Stålet tappas via en gjutlåda in i gjutkokillen. Kokillen är i princip en rektangulär tratt med ställbara sidor. Kokillen och stålet kyls med vatten och formas i stränggjutningsmaskinen till en lång sträng med en tjocklek av ca 250 mm och en bredd på ca 1500 mm. Strängen kapas sedan med gasolskärbrännare till förutbestämda längder till sk ämnen eller slabs. Innan ämnena säljs eller levereras till valsverket synas ytorna och eventuella sprickor slipas bort i en stor ämnesslipmaskin. För att kyla stålet vid stränggjutning används stora mängder vatten. Delar av detta förångas och släpps ut. Resterande vatten återförs, kyls och renas innan det återanvänds.

5.2.5.1 Energi och koldioxid

SSAB Tunnsplåt

Restprodukter som glödskal, olja och slagg separeras och återförs till stor del i verksamheten. För övrigt förbrukas el och stora mängder vatten för kylning.

SSAB Oxelösund

Restprodukter som glödskal, olja och slagg separeras och återförs till stor del i verksamheten.

5.3 Tekniska reduktionsmöjligheter för koldioxid

År 2002 utfördes en utredning rörande övergång till en mer ekologiskt hållbar stålproduktion i Luleå med särskild tonvikt på koldioxid (ref: Wikström, MEFOS 2002). I denna utredning gjordes en jämförelse mellan olika alternativa tillverkningsmetoder för tunnplåtämnen, vilka är *ekonomiskt rimliga och tekniskt möjliga* i dagsläget. Enligt utredningen kan en sänkning av koldioxidutsläppen i första hand uppnås genom:

- förbättrade utbyten
- processoptimering
- ökad recirkulation och
- bättre balans i det varma flödet.

Andelen skrot som faller i den egna tillverkningen har minskat och processernas utbyte har förbättrats (bl.a. genom övergång till sträng- istället för götgjutning). På masugnssidan har utvecklingen de senaste decennierna gått till att färre och större ugnar producerar mer råjärn med lägre koksförbrukning samtidigt som foderlivslängden ökat. Kvaliteten på koks och pellets har förbättrats och en ökad järnhalt i masugnsbeskickningen har minskat energibehovet för slaggsmältning framförallt vid övergång från sinter till pellets. Andra förbättringar som införts för att effektivisera masugnsprocessen är bättre system för tillsatsfördelning av materialet i ugnarna (s.k. bell less top), injektion av kolpulver (s.k. PCI – Powder Coal Injection), ökat ugnstryck, förbättrad keramik och kylsystem, ny mätteknik och datoriserad processtyrning. Det finns dock fortfarande en potential till förbättringar i befintliga processer.

Att drastiskt minska koldioxidutsläppen på kortare eller medellång sikt, d.v.s. fram till 2010 eller 2020, är dock svårt då en markant minskning av koldioxidutsläppen kräver byte av teknik. För närvarande pågår ett stort europeiskt samarbetsprojekt, ULCOS⁵, där målsättningen är att halvera koldioxidutsläppen för stältillverkning. Projektet studerar bl.a. ny masugnsteknologi, ”carbon lean production”, smältreduktion, stålproduktion baserad på vätgas, naturgas, elektrolys och biomassa. SSAB medverkar i detta projekt som påbörjades 2004. SSAB satsar en halv miljon euro. Projektet som har en total budget på ca. 30-40 miljoner euro. Projektet pågår till 2009 och då ska ett koncept vara klart. I nästa steg är tanken att bygga en demonstrationsanläggning inom ramprogram 7. Tidigast runt 2015 torde den vara klar. Ett teknikskifte inom järn- och stålindustrin kan först därefter kunna påbörjas. Med tanke på de stora och långsiktiga investeringar som normalt görs inom järn- och stålindustrin så torde ett byte av teknologi kunna ta ytterligare 20 år. Både nya koksverk och masugnar är miljardinvesteringar (räknat i SEK).

I en rapport av ECOFYS har ett antal tekniskt tillgängliga åtgärder både för integrerade verk och elektrolytverk identifierats. Beräkningarna baseras på officiell statistik. Enligt denna rapport skall, i ett världsperspektiv, de identifierade åtgärderna minska CO₂ med 400 Mton, d.v.s. 23 %. Med ny teknik eller teknik under utveckling skulle koldioxidutsläppen kunna minska med 45 %. I ett längre perspektiv berör även denna rapport vätgasreduktion som eliminerar nästan all CO₂.

5.3.1 Koksverk - allmänt

De integrerade verken i Sverige har egna koksverk men är inte helt självförsörjande utan måste köpa till koks. I första hand köps detta från Kina och Japan. Livslängden på ett koksverk är ca 50 år. De svenska koksverken hos de integrerade verken är 50 respektive 30 år gamla. Nya koksverk klarar dagens miljökrav men investeringen i nya koksverk är kapitalkrävande. Investeringskostnaden för ett nytt koksverk ligger runt 2 GSEK (ref: Kim Kärsrud, SSAB Oxelösund). Det finns alternativ till konventionella koksugnar. I Nordamerika och Ryssland har man tagit fram en teknik benämnd ”non recovery” eller ”heat recovery” vilken går ut på att alla organiska föreningar förbränns i processen. Den enda biprodukten blir således heta avgaser som kan användas för produktion av el och ånga. En klar nackdel med detta är att den energirika koksgasen som produceras vid konventionella verk uteblir. Koksgasen används normalt till undereldning av koks batteriet och blästerluften till masugnen, som då måste ersättas med annan energikälla.

⁵ En presentation av projektet kan fås via länken http://www.cordis.lu/coal-steel-rd/steel/events_infostp.htm

5.3.2 Masugn - allmänt

Utsläpp av CO₂ från integrerade verk är i storleksordningen 1400-2200 kg/ton stål. De höga emissionerna beror på masugnprocessens behov av kol och koks som reduktionsmedel. Idag finns endast ett kommersiellt tillgängligt alternativ till masugn – den s.k. Corexprocessen. I Corex, som är en smältreduktionsprocess, framställs flytande råjärn direkt från kol och järnmalmfines. Processerna kan, förutom att ses som potentiella ersättare för masugnprocessen, även producera nya källor av råjärn till ljusbågsugnen. Drivkraften är att nyttja enklare och billigare råvaror. Den ger dock i dagsläget högre utsläpp av koldioxid än masugnen.

En åtgärd för att minska CO₂-utsläppen är att använda ett reduktionsmedel i masugnen som ger mindre utsläpp av CO₂ än koks. En del av koksen kan ersättas av kolpulver, olja eller plastavfall. I Europa är såväl kolpulver- och oljeinjektion en tillämpad teknik. I IPPC BAT-dokumentet för järn- och stål finns BAT-värden för kolinjektion. Dessutom kan en del av koksen ersättas av naturgas, förutsatt att det finns naturgasledningar till verken vill säga. Naturgas kan ersätta injicerat kolpulver till 100%. Det har gjorts försök med upp till 150 kg naturgas/ton råjärn. En mer normal mängd är 100-125 kg/ton råjärn vilket bl.a. används i Ryssland.

Ett annat reduktionsmedel som anses ha en stor potential är vätgas. Än så länge har vätgas endast används vid reducering för framtagning av järnsvamp. Långsiktigt måste en stor del av reduktionen av järnmalm övergå från användning av kol till nyttjande av vätgas som reduktionsmedel. Reducering av järnbärare kan helt eller delvis ske med hjälp av vätgas, naturgas och biomassa. Det är även möjligt att använda sig av elektrolys.

Vissa SR (Smelting Reduction) processer, som är ett alternativ till masugnen, har potential att reducera CO₂-emissionerna. De mest lovande består av:

- processer där toppgasen recirkuleras och därav används syre istället för luft för att förgasa kol. CO₂ kan då separeras från gasen innan den återanvänds och senare lagras (CCF eller O₂-rich Hismelt)
- processer som producerar mer eller mindre reducerat järn, som sedan kan smältas i "carbon-lean" processer, t ex EAF försedd med "grön" elektricitet (Jupiter, Circofer, RHF)
- processer där all avgående CO förbränns i reaktorn och energin går till den chargerade järnbäraren (RHF, MHF, Hismelt)
- eller en kombination av dessa.

En övergång till skrotbaserad tillverkning av elektrostål skulle väsentligt minska koldioxidutsläppen men p.g.a. hårda krav på bl.a. innerkvaliteten och väte/kvävehalter är det idag inte tekniskt möjligt att framställa SSAB:s högvärdiga höghållfasta stål i en ljusbågsugn. Det skulle dock vara möjligt att gå över till en tillverkningskedja med EAF för tillverkning av enklare plåt. Däremot är SSAB:s strategi att tillverka högvärdigt höghållfast stål och ej enklare grovplåt. Det är möjligt att vissa delar ur SSAB:s sortiment skulle kunna produceras i en EAF men då krävs för-reducerad järnsvamp, väte och kväve problematiken kvarstår dock.

I efterföljande avsnitt markerade med * presenteras teoretiskt möjliga åtgärder närmare. Dessa har identifierats i den studie som utfördes år 2002 för verket i Luleå (ref: Wikström, MEFOS 2002). I denna studie användes en effektorienterad analys, d.v.s. uppströmsvariablerna samt de nedströmsvariabler som är betingade av kraftvärmegenereringen är medtagna. Beräkningar har gjorts för hela energisystemet Metallurgi/Lulekraft inklusive fjärrvärme samt CO₂-emissioner t.o.m. råjärn och råstål. I nedanstående sammanställning har antagandet gjorts att för de åtgärder som även är appli-

cerbara för verket i Oxelösund uppnås en koldioxidreduktion i samma storleksordning som för verket i Luleå. Uppskattningarna baseras på 2004 års produktion. Övriga åtgärder baseras ej på en effektorienterad analys utan enbart för processen i fråga.

5.3.3 Åtgärder i befintlig processkedja vid de integrerade verken i Sverige

5.3.3.1 Förbättrade utbyten

Förbättrade utbyten är något stålverken ständigt strävar efter då ett bättre utbyte medför bättre ekonomi. Nedan listas ett par *teoretiskt möjliga* förbättrade utbyten

- **Bättre järnutbyte***

Om utbytet mellan råjärn och råstål ökas med 1 % kan 14 kg CO₂/ton stål sparas (Ref: Wikström, MEFOS 2002). Totalt kan utsläppen av CO₂ således reduceras med ca. 57 kton i och med denna utbytesförbättring.

- **Bättre råstålsutbyte***

Genom att minska slaggförluster, utkok eller gjutförluster kan utbytet mellan råstål och prima ämne öka. Om utbytet ökas med 1 % kan 21 kg CO₂/ton prima ämne sparas (Ref: Wikström, MEFOS 2002). Totalt reduceras utsläppen av CO₂ med ca. 81 kton i och med denna ökning av utbytet.

Åtgärderna ovan bör främst ses som teoretiskt möjliga gränser och på så vis illustrera hur stor effekt en åtgärd kan ge. Investeringskostnaden för att förbättra olika utbyten är väldigt svår att definiera då de i första hand är följd av forskning och utveckling. I och med de kraftigt ökande råvarupriserna är utbyten av största intresse för stålindustrin och något som kontinuerligt utvecklas, då ökat utbyte medför bättre utnyttjande av de dyra råmaterialen.

5.3.3.2 Processoptimeringar - reduktionsmedel

- **Kolinjektion i masugnen**

Redan på 1980-talet började man inom de svenska integrerade stålverken byta en del koks mot PCI-kol som har en lägre halt kol men som ger samma utbyte.

1 ton koks mot PCI-kol ger en besparing på 430 kg CO₂. Olika referenser ger olika siffror på förhållandet mellan PCI och koks (s.k. fuel rate) vid BAT (best available technique). Inom branschen förespråkar vissa att följande fuel rate skulle motsvara BAT, PCI:koks; 180:290 (ref: Kim Kärström, SSAB Oxelösund). Enligt en rapport från MEFOS (Wikström, MEFOS 2002) skulle BAT enligt många vara 220-250:250. I BREF anges att BAT för PCI:koks är 210:270-300. Den teoretiskt maximala tillsatsen av kolinjektion i formorna är 270 kg/ton råjärn. Vidare anges i BREF att typisk tillsats är 180 kg PCI och 310 kg koks per ton råjärn.

Det bör dock noteras att kolinjektion tenderar att minska ”raceway” temperaturen. Om inte åtgärder sätts in för att motverka denna effekt kommer effektiviteten av förbränningen och utnyttjandet av ökad kolinjektion att gå förlorad (IPPC BREF, 2001). Därmed är det nödvändigt att antingen

införa drastiskt högre blästertemperaturer eller högre halt av syrgas i blästern. En högre bläster-temperatur kan uppnås via elektriskt driven plasma. Högre halt syrgas kan uppnås genom att blästern syrgasberikas innan den värms i varmapparaterna alternativt injiceras i formorna tillsammans med kolet (oxy-coal injection). Det senare är att föredra.

- **Byte till annat reduktionsmedel än kol**

Forskning pågår för att undersöka vilka substanser/ämnen som skulle kunna ersätta dagens reduktionsmedel. Bl.a. tittar man på tjära och slam. I Europa undersöks även plast. Andra möjliga alternativ är naturgas. För att det ska vara praktiskt möjligt måste det dock finnas naturgasledningar till verken. All PCI skulle kunna ersättas av naturgas utan att några större förändringar på processen. Ett annat reduktionsmedel som anses ha en stor potential är vätgas.

- **Minskad reduktionsmedelförbrukning i masugnen***

Om mängden reduktionsmedel skulle minskas med 20 kg/ton råjärn *utifrån dagens bästa teknik* skulle emissionerna av CO₂ minska med ca. 66 kg/ton råstål (Ref: Wikström, MEFOS 2002). Dagens masugn har i många avseenden nått sin termodynamiska maxgräns varför en minskning av reduktionsmedel med 20 kg/ton råjärn måste anses vara en teoretisk maxgräns. Totalt reduceras utsläppen av CO₂ med ca. 270 kton om mängden reduktionsmedel minskar med 20 kg/ton råjärn. Framtiden, när det gäller mer markanta sänkningar av CO₂ emissioner, ligger snarare på att utveckla direktreduktion och smältreduktionsprocesser som Corex och Hismelt där naturgas används som reduktionsmedel.

Som nämnts tidigare är denna typ av investeringskostnad väldigt svår att definiera då de baseras på konstant utveckling av processens körsätt och sällan en enkel investering av nya konstruktioner. Förutom en minskning av CO₂ emissioner medför en minskad förbrukning av reduktionsmedel en markant minskning av råmaterialkostnader. Huruvida denna kostnadsminskning väger upp investeringskostnaderna är svårt att uttala sig om.

- **Ökning av andelen externt skrot genom skrotförvärmning**

För varje ton råstål som produceras från skrot i ett integrerat stålverk kan närmare 1800 kg CO₂ sparas. En moderat uppskattning är att vid förvärmning av skrot kan skrothalten ökas med 10%. För Sverige innebär det en årlig besparing på ca 700 kton CO₂. För en sådan åtgärd krävs en förvärmning långt över dagens gräns på 300 °C och då även ett mer avancerat gasreningssystem. I detta resonemang bör dock noteras att åsikterna om återvinningsgraden⁶ går isär: i internationella studier uppskattas det ofta till 60-70% (Ref: Stålets kretslopp, 2003) medan andra forskare uppskattar att 85-90% av skrotet återförs till stålindustrin. Förutsatt att allt tillgängligt skrot används idag ger en ökad skrotfördelning i t ex någon av SSAB:s konvertrar ingen global förbättring då skrotlastningen måste minska någon annanstans. Vidare är det ur miljösynpunkt dessutom fördelaktigt om skrotet används där det faller.

- **Ändrad bränslemix**

Idag består bränslemixen av ca 93% kolbaserat bränsle, 2-3% olja, 4-5% el, 0,1% gasol. Det är tekniskt möjligt att ändra bränslemixen. En åtgärd är att använda naturgas istället för dessa bränslen. För att det ska vara praktiskt genomförbart krävt givetvis tillgång till stora mängder natur-

⁶ Återvinningsgrad_{stål} = Mängden insatt stålskrot i ugn/Mängden uttjänt skrot

gas, d.v.s. naturgasledningar. Detta kräver även omfattande investeringar på verken då samtliga brännare måste bytas samt stora delar av befintligt rörsystem måste bytas för att tåla ett högre tryck.

- **Minskad fackling av gas**

I dagsläget är SSAB:s facklingsnivåer låga och den fackling som sker beror till stor del på störningar i produktionen och det årliga sommarstoppet. En minskning av dagens facklingsnivåer bedöms dock vara rimlig - antingen kan denna gas användas internt och därmed ersätta något annat bränsle alternativt till förvärmning av skrot för att öka fördelningen skrot/råjärn till LD-konverten, eller säljas externt exempelvis som värme. Det senare förutsätter dock att det finns ett värmeunderlag, vilket varierar från anläggning till anläggning, d.v.s. från ort till ort. Ett problem med att ta tillvara på masugnsgasen ("hyttgasen") är att den har ett lågt värmevärde (2,8 MJ/m³) vilket medför att den endast kan eldas i anläggningar med hög teknisk verkningsgrad.

5.3.3.3 Övriga processoptimeringar

- **Undereldning av koksbatteriet***

Genom effektivare undereldning av koksbatteriet skulle CO₂-emissionerna kunna sänkas något (Ref: Wikström, MEFOS 2002).

- **Värmeväxlare cowpers***

Energibehovet skulle kunna minskas genom att utgående avgaser från masugnens varmapparater värmeväxlas med ingående förbränningsluft. Denna minskning innebär dock endast en marginell sänkning av CO₂-emissionerna (Ref: Wikström, MEFOS 2002).

- **Installation av avgasturbin**

Installation av avgasturbin för att återvinna topptrycket från masugnen. Denna åtgärd skulle medföra att emissionerna av CO₂ skulle reduceras med 10 kg/ton stål, men åtgärden kräver dock att ugnen är byggd eller ställs om för trycksättning. I ett av de integrerade verken är masugnen byggd för ett mindre övertryck medan det i det andra verket inte är det. Med andra ord är denna åtgärd endast möjlig vid ett av verken. Reduceringen av CO₂ skulle med denna åtgärd bli ca 23 kton.

I EU:s IPPC BAT Reference dokument anges installation av avgasturbin på masugn som en BAT-åtgärd.

5.3.3.4 Ökad recirkulation

- **Recirkulering av LD-slagg till masugnen***

Då LD-slaggen utgör slaggbildare medför en ökad recirkulering av denna att behovet av kalksten, som används som slaggbildare, minskar. En ökning av recirkuleringen med 5 kg skulle medföra en kreditering på 142 kg CO₂/ton LD-slagg baserat på förhållandena i Luleå (Ref: Wikström, MEFOS 2002).

Problemet med att recirkulera slaggen är att den innehåller oxider av vanadin, zink och fosfor som stör processerna. Zink tillsammans med alkaliföreningar, d.v.s. natrium och kaliumföreningar,

agglomererar och bildar påkladdningar på masugnens väggar som växer inåt mot ugnens mitt. Sådana påbyggnader av material kan ske praktiskt taget var som helst i ugnen ovanför formnivå. Påkladdningarna påverkar infodringen och beskickningen på ett negativt sätt och orsakar på så vis en ojämn och riskfylld gång av ugnen. När zinken når masugnens hetare zoner, i områden där gas-temperaturen är 1500-1600 °C, går den över i gasform. Zinken stiger sedan med övriga gaser upp till kallare områden med högre syrepotential. I denna kallare zon kan metallen åter oxideras. Zinken cirkuleras och ackumuleras på så vis masugnen.

Höga ingående halter av fosfor, P_2O_5 , genom LD-slaggen i masugnen ger i sin tur höga utgående halter i råjärnet. Detta försvårar markant fosforreningen i LD-konverten vilket leder till ökad processtid och kalkanvändning samt ökad risk för kassaktion. Fosfor som renas i LD-konverten hamnar i slaggen som går tillbaka till masugnen. Om inte återrecirkuleringen av LD slag till masugnen skulle begränsas skulle halterna i råjärnet ackumuleras. Höga ingående halter av vanadin i LD-slaggen till masugnen ger likaså höga utgående halter och ger liknande problematik som för fosfor.

Investeringskostnaden för att öka recirkuleringen av slag är väldigt svår att definiera då det kräver att zink, fosfor och vanadin avlägsnas från slaggen innan ökad recirkulation. Metoder för detta studeras men det är givetvis svårt att i förhand veta utfallet. En ökad recirkulering av LD-slagg minskar förbrukning av slaggbildare i masugnen och medför då att kostnaden för slaggbildare sjunker. Huruvida denna kostnadsminskning väger upp investeringskostnaderna är svårt att uttala sig om.

5.3.3.5 Värmeåtervinning ur slag

Vidare innehåller den flytande slaggen från masugnen en stor mängd värme. Temperaturen är ca. 1450°C och det produceras runt 250-300 kg/ton råjärn i en modern ugn. Inga av de kommersiellt tillämpade systemen i världen använder sig av denna potentiella energikälla (ref: IPPC BREF, 2001). Detta beror framförallt på de tekniska svårigheterna att utveckla ett säkert, pålitligt och energieffektivt system som i sin tur inte åverkar slagkvaliteten. Den uppskattade besparingen ca. 350 GJ/ton råjärn. Det har utförts försök men denna åtgärd kommer inte att införas på något verk under den närmsta tiden.

5.3.3.6 Bättre balans i det varma flödet*

Genom en förbättrad balans i det varma flödet skulle bäddgjutning (s.k. galtgjutning) kunna minskas. Hur stor minskningen blir beror av vilken orsaken till galtgjutningen är i stålverket. Då galtgjutning innebär en energiförlust är det eftersträvarsvårt för stålverken att minimera denna. Teoretiskt skulle en förbättrad balans i det varma flödet kunna reducera utsläppen av CO_2 med 88 kg/ton stål. (Ref: Wikström, MEFOS 2002). Totalt kan koldioxidutsläppen teoretiskt minskas med 360 kton i och med denna optimering.

Grundproblematiken i detta ”varma flöde” är att en kontinuerlig process, masugnen, skall kombineras med ”batch”-processer i stålverket och slutligen med den kontinuerliga stränggjutningen, vilket oundvikligen leder till störningar i flödet. Störningar i stålverket som leder till galtgjutning är oftast då konverten eller stränggjutningen står av olika skäl. Att utrustning går sönder är en del av produktionen, som givetvis till viss del kan undvikas genom god planering av driftstopp och kontinuerligt underhåll. En viss mängd av oplanerade driftstopp kommer dock oundvikligen att ske även i framtidens stålverk, så det handlar i stor utsträckning om att använda alternativa processvägar vid

driftstörningar. En sådan alternativ processväg är att hantera råjärnet eller råstålet i en granuleringsanläggning, istället för galtgjutning. Fördelen är att produkten blir mycket mer lätthanterlig och processvänlig som granulat än stora stycken som blir resultatet efter en galtgjutning, marknadsvärdet är markant högre och en lägre miljöbelastning i form av stoftutsläpp och utbyte. En normalstor granuleringsanläggning har en investeringskostnad på ca 100 miljoner SEK (ref: Kim Kärsrud, SSAB Oxelösund) beroende på storlek och kringutrustning. Den stora resursen som går åt är vatten för släckning av råjärnet och el i form elmotorer (ca 500 kW).

- **Bättre hetvattenbalans***

Då hetvattenbalansen är positiv krävs en utbyggnad av nätet så att hela överskottet skulle kunna nyttjas. Det är dock svårt med krediteringen eftersom det i huvudsak är hetvatten det handlar om. Överskottet vid ett av verken är ca. 350 GWh ett normalår. Enligt Järnkontorets energistatistik skulle det motsvara 22 kg CO₂/ton stål.

5.3.3.7 Åtgärder med indirekt effekt

Vissa åtgärder har en indirekt effekt vad gäller reduktion av koldioxid, d.v.s. en åtgärd medför inte någon minskning av CO₂ hos SSAB utan längre ned i värdekedjan. Dessa åtgärder är väldigt viktiga ur ett systemperspektiv då de medför att koldioxidutsläppen totalt sett minskar. Nedan följer identifierade åtgärder med indirekt effekt⁷.

- **Minskad fackling av gas**

Som nämnts ovan facklas en del av den processgas som bildas. SSAB Oxelösund facklar t.ex. all den gas som uppstår vid färskningen av råjärnet, LD-gasen. Facklan släpper ut ca ¼ miljon ton koldioxid per år. LD-gasen skulle kunna användas till fjärrvärme till grannkommunen Nyköping, men det skulle inte minska koldioxidutsläppet för SSAB Oxelösund och inte heller i Nyköping om man räknar med fossilt bränsle, eftersom de till stor del använder biobränsle. Biobränslet skulle eventuellt kunna ersätta fossilt bränsle någon annanstans i Sverige och på så sätt minska Sveriges totala utsläpp. Frågan är dock hur en sådan åtgärd ska finansieras.

Följande åtgärder, vad gäller fackling, vilka skulle kunna medföra en sänkning av koldioxidutsläppen har identifierats:

1. Minska mängden facklad hyttgas genom att öka trycksättning av gasklocka vid ett av verken
2. Minska mängden facklad hyttgas genom effektivare brännare vid ett av verken
Åtgärd 1 och 2 kan reducera facklingen med ca 2/3, vilket ger en kvarstående fackling på <5%, och åtgärderna antas ha en lika stor effekt motsvarar det en koldioxidemission på ca 160 kton/år.
3. Minska mängden facklad LD-gas vid ett av verken
Om mängden facklad gas kan minskas med 75% motsvarar det en koldioxidemission på ca. 130 kton/per år.

⁷ Som nämnts tidigare i rapporten har hänsyn tagits till såväl uppströms- som nedströmsvariabler betingade av kraftvärmegenerering i redovisade åtgärder markerade med *.

4. Minska mängden facklad hyttgas, kylsystem till kraftverk, vid ett av verken:
Genom att investera i en kylningsanläggning till kraftverket kan facklingen reduceras med ca. 40 MWh/år vilket motsvarar en koldioxidemission på 0,043 kton/år.

När dessa gaser används till ett nyttoändamål, d.v.s. förbränns, släpper de ut en lika stor mängd koldioxid som när de facklas. Skillnaden är att när de nyttiggörs ersätter de något annat bränsle. Den koldioxidminskning som erhålls utgörs således av det ersatta bränslets koldioxidemissioner, eftersom det är det bränslet som sparas in. Hur stor reduktion det blir beror således på vilket bränsle som ersätts. Gaserna skulle teoretiskt kunna användas för att producera fjärrvärme eller till elkraft. Som framgår av resonemanget ovan krävs dock att det finns en avsättning för att använda detta externt. Ett alternativ skulle dock kunna vara att använda dem till att eventuellt förvärma skrot till LD:n.

- **Slagg till cementindustrin**

Granulering av masugnsslagg för cementtillverkning har en relativt stor CO₂-potential, vilket dock kräver ett nära samarbete med cementindustrin. Minskningen uppnås dock inte vid SSAB utan hos cementtillverkaren, som undviker bränning av kalksten. Minskningspotentialen ligger runt 1 ton CO₂/ton granulerad slagg. Om hela slaggproduktionen från SSAB Luleå t.ex. skulle användas som slaggcement skulle CO₂-reduktion bli 165 kg/ton råjärn. I bilaga 2 återfinns en beskrivning över processer och applikationsområden för masugnsslagg.

- **”Hot charging”**

Med ”hot charging” menas att man istället för att kyla den varma slabsen innan varmvalsning, valsar den direkt. Detta är tekniskt möjligt men svårt i praktiken då det är problematiskt ur logistisk synvinkel då all valsning är kundorderstyrd. Besparingspotentialen ligger i valsningsstegen då en mindre mängd bränsle går åt i detta steg. Vanliga bränslen som används vid varmvalsningen är gasol och olja. Valsningen är dock inte inkluderad i handelssystemet.

I IPPC BREF (2201) anges att applikationer för ”near net shape” gjutning samt horisontalgjutning, som har möjlighet att direkt anslutas till varmvalsningen, finns globalt implementerade på kommersiella verk. Denna teknik bör därför betraktas som möjlig process i framtida verk. Dessa moderna typer av stränggjutning medför mindre investeringar, enklare produktion, lägre energiåtgång och arbetskraft (IPPC BREF 2001).

- **Höghållfasta stål – viktreducering**

Ytterligare en viktig aspekt vad gäller indirekta effekter är den materialbesparing som kan åstadkommas vid användning av höghållfast tunnplåt istället för konventionell tunnplåt. Per 1 m² stålplåt vid en tjocklek som ger samma styrka för en färdig konstruktion går det åt mindre material av höghållfast stål än konventionellt stål. Om plåten används i en konstruktion för frakt av gods blir den sekundära effekten större då bränsleförbrukningen blir lägre vid lägre vikt.

5.3.3.8 Koldioxidavskiljning inom stålindustrin

Ännu tillämpas koldioxidavskiljning endast i begränsad skala inom svensk stålproduktion, detta trots att möjligheterna till användning och lagring av avskild koldioxid har utretts och utreds intensivt (ref: Jansson, A, 2003). De gasströmmar som är aktuella för koldioxidavskiljning inom stål-

industrin är masugns gas, konvertergas och koksgas samt gaserna från valsverkens värmningsugnar. Det sistnämnda ingår dock inte i handelssystemet.

Inom det s.k. ULCOS-projektet finns en arbetsgrupp som sysslar med sekvestrering (avskiljning) av koldioxid. I detta projekt ingår masugns gas, konvertergas och koksgas men inte valsverkens värmningsugnar.

Inom den kemiska industrin och energisektorn finns stor erfarenhet av koldioxidavskiljning vilken kan användas som kunskapsbas för att studera möjligheterna till koldioxidavskiljning inom stålindustrin. Det finns två olika koncept för avskiljning: separation av CO₂ ur bränsle före förbränning respektive separation av CO₂ ur rökgaser efter förbränning. Vidare finns det ett antal avskiljningstekniker, bl.a. absorption, adsorption, membranteknik, kryogena tekniker, hydratseparatoring och biotekniska lösningar (på forskningsstadiet). Vidare finns det ett antal olika tekniker för lagring av den avskilda koldioxiden. För en beskrivning av tekniker för avskiljning och lagring hänvisas till bilaga 3.

I en rapport sammanställd av KTH/Jernkontoret 2003 (Ref: Jansson, A) görs en bedömning av vilka tekniker som kan komma att bli intressanta för valsverkens ugnar. Således berörs ej masugn, konverter eller kokverket. Enligt den utförda genomgången verkar det som att två olika kommersiella tekniker kan komma att bli intressanta för valsverkens ugnar beroende på vilken förbränningsteknik som används:

- Vid luftförbränning: Kemisk absorption
- Vid syrgasförbränning Fysikalisk absorption

Innan dessa tekniker kan tillämpas i värmningsugnarna, måste de dock anpassas till de speciella rökgasförhållandena som råder. De kraftiga och högfrekventa variationerna i rökgasflödet utgör ett potentiellt problem. På lång sikt kan man tänka sig att absorptionsmembran kan vara ett alternativ till de kommersiella teknikerna.

En framtida användning av tekniker för avskiljning och lagring inom stålindustrin måste föregås av detaljerade litteratur- och lämplighetsstudier. En djupare analys kräver en karaktärisering av rökgasen (i fråga om sammansättning och dynamik) och en inventering av marknadsutbudet av avskiljningsteknik.

5.3.4 Åtgärder på forskningsstadiet inom Jernkontoret

I en rapport från Jernkontoret har följande åtgärder för att minska koldioxidutsläppen från stålindustrin identifierats. Utöver åtgärder är koldioxidreduktion, investeringskostnad samt förändring av rörliga driftskostnader skattade, se nedanstående tabell.

Tabell 5.6

Åtgärd	Specificering av åtgärd	CO ₂ reduktionspotential [kton CO ₂ /år]	Investeringskostnad [kSEK]	Specificering av förändring av rörlig driftskostnad		
				Energi		
				Kol och koks [GWh/år]	Olja [GWh/år]	El-användning [GWh/år]
1	Cloosed loop-styrning av masugn-bränslebesparing genom minskade variationer, STEM 21059	137	111200	-263		
2	Förbättrad hållfasthet hos koks vid höga temperaturer, STEM 21057	54	77800	-130		
3	Automatisering av LD-proceduren, STEM 21058	31	37895		-36	-44
6	Interaktion mellan stål och slag under skänkbekant, STEM 23041	50	23128			-60
7	Ökad produktivitet vid stränggjutning genom högre hastigheter, STEM 24045	31	29880			-90
8	Reoxidationsfri gjutning med fokus på transienta förlopp, STEM 24046	88	20004		-12	-106
9	Gjutning av segringskänsliga stål vid högre hastigheter, STEM 24047	45	16680		-6	-54

5.4 Ekonomiska analyser av reduktionsmöjligheter för koldioxid - Framtidsscenarioer

Det pågår mycket forskning såväl för att utveckla och optimera befintliga processer för framställning av stål ur råjärn som utveckling av nya framställningsmetoder, inte minst i ULCOS-projektet. Nedan har vi skissat på två möjliga framtidsscenarioer för att minska koldioxidutsläppen från den malmbaserade stålindustrin utifrån *dagens processutformning*. Referensår för produktion etc. är 2004 och kostnaderna är i 2005 års priser.

År 2010

- Scenario 1:
BAT för PCI:koks (220:250) går att tillämpa på de båda malmbaserade verken, d.v.s. en del av koksen byts mot PCI samt totala reduktionsmedelsåtgången minskas till 470 kg/ton råjärn.
- Scenario 2:
Detta scenario baseras på att det kommer finnas naturgas tillgänglig för det ena malmbaserade stålverket (Oxelösund)⁸. Scenariot bygger dels på att naturgas har ersatt kolet som injiceras i formorna (under rådande förhållanden, d.v.s. ej utifrån BAT) samt den olja respektive gasol som används inom de delar som ingår i handlingsområdet för detta verk.

År 2020

⁸ Sydkraft håller för närvarande på att söka tillstånd för att dra naturgasledning i Oxelösund. De räknar med att det ska vara färdigställt till år 2010 (Ref: Lennart Fredenberg, Sydkraft, 2005-09-12).

- Scenario 1:
BAT för PCI:koks (220:250) går att tillämpa samt förvärmning av skrot till LD:n vilket medför att skrotmängden kan ökas till 35% på de båda malmbaserade verken
- Scenario 2:
Detta scenario baseras på att det kommer finnas naturgas tillgänglig för de båda malmbaserade stålverken⁹. Scenariot bygger dels på att naturgas har ersatt kolet som injiceras i formorna (under rådande förhållanden, d.v.s. ej utifrån BAT) samt en del av den olja respektive gasol som används inom de delar som ingår i handelsystemet för verken. Dessutom antas att förvärmning av skrot till LD:n går att tillämpa vilket medför att skrotmängden kan ökas till 35% på de båda malmbaserade verken

Sammanställning över vilka kostnader samt livslängder som ingår för de olika åtgärderna:

Tabell 5.7

	Investeringskostnad	D&U	Livslängd (år)
BAT för PCI:koks (220:250)	Ingår	Reduktionsmedelåtgång	10
Ersätta PCI i formorna med naturgas	Ingår	Reduktionsmedelåtgång	12
Ersätta olja och gasol med naturgas	Ingår	Bränsleåtgång	15
Förvärmning av skrot	Ingår	Ingår ej*	15

* Notera att enbart kostnaden för investeringen är med i skrotmängdsberäkningarna, d.v.s. kostnadsminskning i och med att mindre mängd malmpellets och energi (koks) åtgår respektive kostnadsökning i och med att mer skrot måste köpas in är ej med. Inte heller om något annat i processen ändras.

Under diskussionskapitlet redogörs närmare för de olika osäkerheter som föreligger i ovanstående parametrar.

Följande resultat erhålls för åtgärderna:

Tabell 5.8

Åtgärd	Genomsnittskostnad (kr/ton)		Reduktionspotential (ton)	År ¹⁰
	6% ränta	12% ränta		
BAT för PCI:koks (220:250)	< 100*	< 100*	340 000	2010
Ersätta PCI i formorna med naturgas	> 400	> 400	440 352	2010-2020
Ersätta olja med naturgas	< 100*	< 100 för det ena verket < 400 för det andra verket	1 448	2010-2020
Ersätta gasol med naturgas	< 400 för det ena verket > 400 för det andra verket	> 400	768	2010-2020
Förvärmning av skrot	< 100	< 100	204 800	2020

*Här bör poängteras att det blir en negativ kostnad enligt de uppskattade beräkningarna. Även i IPPC BAT-dokumentet indikeras att en besparing bör inträffa då BAT införs p.g.a. insparad kostnad för koks.

⁹ Att det skulle finnas antingen en ledning för naturgas alternativt att flytande naturgas skulle transporteras till Luleå om 15 år kan anses vara ett troligt scenario. Det är dock inte känt huruvida något energibolag har prospekterat Norrlandskusten än. Naturgas landad i Nordnorge kan kanske komma att bli ett alternativ.

¹⁰ Detta anger inom vilken tidsrymd 2010 eller 2020 som åtgärden kan vara införd.

5.5 Uppskattning av framtida produktion och CO₂ emissioner från den malmbaserade stålindustrin i Sverige

Båda de ståltillverkande dotterbolagen inom SSAB koncernen har nischat in sin produktion mot de höghållfasta kylde stålen, tunnplåt respektive grovplåt. I jämförelse med konventionella stål kräver de höghållfasta mindre mängd stål för att motstå samma belastning, d.v.s. mindre vikt per applikation, med endast marginellt ökad miljöpåverkan vid produktion. Det är givetvis bra även i ett miljömässigt perspektiv då mindre jungfruligt material används då dessa stål är starkare och tåligare, vilket bidrar till resurssnålare användning av material. Egenskaperna leder samtidigt att stålet får en ökad livslängd. Genom att använda höghållfasta stål kan konstruktioner göras lättare utan avkall på prestanda och på så vis öka nyttolasten i transportfordon samtidigt som bränsleförbrukningen sänks.

Båda företagen har ökat sin produktion gällande koks, råjärn och stål de senaste åren och planerar även att göra så i framtiden. Denna produktionsökning har givetvis en direkt påverkan på mängden producerad CO₂.

Med tanke på den sista tidens drastiskt ökande priser på reduktionsmedlen kol och koks pågår ständig utveckling för att reducera användningen av dessa under råjärnsframställningen samt ändra fördelningen mellan koks och kolinjektion då koks är betydligt dyrare än injektionskol.

Förbrukningen av reduktionsmedel mellan åren 2000-2004 ser ut som följer för de båda verken, där siffrorna i tabellen representerar användningen av koks respektive kolpulver i kg (koks:kolpulver) per ton producerat råjärn:

Företag	Användning av reduktionsmedel				
	2000	2001	2002	2003	2004
SSAB Tunnplåt	521:83	412:133	362:153	350:134	409:138
SSAB Oxelösund	395:92	389:97	416:97	414:93	417:98

Ref: Miljörapporter för de båda verken för åren 2000-2004.

Vad gäller den framtida produktionen av kton ämnen prognostiseras den till följande:

Företag	Produktion av råjärn (kton)		
	2005	2009	2016
SSAB Tunnplåt	2175	2350	2350
SSAB Oxelösund	1675	1750	1750
Totalt	3850	4100	4100

Ref: Bertil Sandberg, SSAB Oxelösund AB

SSAB tar aktiv del i ett antal forskningsprogram. När det gäller långsiktig utveckling inom området recirkulering- miljö- energi samverkar SSAB i MIMER för recirkulering av olika restprodukter och det av MISTRA delfinansierade Stålkretsen som studerar recirkulation i hela kedjan tillverkning-skrot- slagg, det Europeiska ULCOS som bl.a. samordnar optimering av energi, emissioner och recirkulation liksom disputerad konsultkompetens (MEFOS).

6 Skrotbaserad järn- och ståltillverkning

Stål kan liksom de flesta andra metaller återvinnas obegränsat antal gånger utan att förlora sina egenskaper. Förutsättningen är dock att återvinningen sker utan att föroreningar av olika slag följer med i cirkulationen och successivt ökar sin halt i stålet.

Av stålproduktionen i världen tillverkas 60-65% av jungfrulig råvara i form av järnmalm medan 35-40% produceras från skrot. Tillverkningskedjan från skrot till färdig produkt är enklare och kortare än från malm till färdig produkt vilket innebär en lägre tillverkningskostnad och mindre åtgång av energi. För att producera ett ton stålprodukter med malm som utgångsråvara åtgår energi med ca 23 GJ medan det åtgår endast ca 7 GJ energi om man utgår från skrot (Stålets Kretslopp).

Historiskt har återvinning av stål tidigt spelat en stor roll. Långt innan dagens miljöuppvaknande inom många branscher har stålindustrin återvunnit uttjänta produkter. Redan vid 1800-talets mitt, uppfanns Siemens-Martin ugnen som hade som huvuduppgift att smälta om uttjänta stålprodukter. Denna ugn var den dominerande i 100 år innan den ersattes av ljusbågsugnen som idag är den dominerande skrotomsmältningsugnen. (Stålets Kretslopp)

6.1 Produktion och anläggningar

I Sverige produceras skrotbaserat råstål på 11 orter som tillsammans tillverkar knappt 2 miljoner ton. I hela världen producerades 2004 drygt 356 miljoner ton skrotbaserat stål (www.jernkontoret.se). **Tabell 6.1** nedan visar de 13 anläggningar där produktionen sker. Vid anläggningen i Höganäs slutreduceras järnsvamp samt råpulver från Halmstad till järnpulver. Liksom stålindustrin i resten av världen har svensk stålindustri genomgått stora omstruktureringar. De svenska stålföretagen har specialiserat sig inom olika områden där de tillverkar avancerade stålsorter och -produkter. Detta har medfört att företagen i stort sett inte längre konkurrerar med varandra. Idag är många svenska stålföretag världsledande inom sina respektive områden.

Tabell 6.1 Skrotbaserad järn och stålindustrier i Sverige.

Företag	CO ₂ -emissioner	Utsläppsrätter	Uppskattad produktion 2005	
	[ton/år; 2004]	[ton/år; 05-07]	Råstål [ton]	Ämnen / Göt [ton]
Uddeholm Technology AB, Hagfors Jernverk		241		
Kanthal AB, Hallstahammar		693		
Erasteel Kloster AB, Söderfors	(1864) ¹¹ 3225	3 182		23 517 ¹²
Scana Steel Björneborg AB	16 085 ¹³	7 791	60 000	
Uddeholms tooling AB, Hagfors Jernverk	36 350 ¹⁴	18 678		83 808 ¹⁵
Outokumpu Stainless AB, Degerfors		22 312	Produktionen nedlagd	
Höganäs AB, Halmstadverken	19 700	27 233	~155 000 ¹⁶	
Fundia Special Bar AB, Smedjebacken	(32 713) 56 531	34 199	509 633 ¹⁵	231 244
Scandust AB, Landskrona		45 554	58 000 (?)	
Ovako Steel AB, Hofors	77 000	47 888	485 000	
AB Sandvik Mat. Tech., Sandvik		59 737	310 000	
Outokumpu Stainless AB, Avesta Jernverk	(44 928) 182 200	65 935	469 760 ¹⁵ 500 000 ¹⁷	
Höganäs AB, Höganäs	212 570	291 633		~268 000 ¹⁶
Totalt		625 076		

Denna studie omfattar endast de CO₂-utsläpp som är inkluderade i utsläppshandelssystemet idag, 2005. Detta innebär att inte all verksamhet vid stålverken så som t.ex. valsverken är inkluderad utan endast själva ståltillverkningen. Detta medför en uppdelning av anläggningarnas aktiviteter trots att de olika stegen ibland är väl integrerade med varandra. De verksamhetsområden som är inkluderade i handelssystemet för de skrotbaserade stålverkens del är (främst):

¹¹ Siffror inom parentes anger de utsläpp av koldioxid som skall redovisas inom ramen för utsläppshandelssystemet. Andra siffror anger totala utsläpp från stålverken.

¹² Höglegerat göt och pulver

¹³ Totala utsläpp av CO₂ från hela verksamheten (stålverk, smedja, uppvärmning etc.) (d.v.s. ej uppdelat på inom och utom handelssystemet). Samtliga siffror gäller för 2004 om ej annat anges.

¹⁴ Värdet är för 2003 och är det värde som anges i företagets årsrapport för 2004.

¹⁵ Värdet gäller för 2004

¹⁶ Uppskattning av produktionen för 2005 baserat på produktionen de nio första månaderna. (Pers. kom P. Nydal, 2005).

¹⁷ Värdet gäller för 2005

1. Råvarudeklarerade utsläpp (kol för reduktion)
2. Bränslerelaterade utsläpp i stålverket (användning av fossila bränslen i ugnar)
3. Ångcentraler (användning av fossila bränslen i ångpannor)

6.2 Processer

Den skrotbaserade ståltillverkningen baseras på skrot eller skrotsubstitut. Denna tillverkning handlar främst om att skilja ut föroreningar och smälta om stålet. Här ingår inte något reduktionssteg så som i den malmbaserade tillverkningsprocessen varför produktionskedjan kan göras mycket kortare. Vanligast är att man smälter skrotet i en ljusbågsugn men vid mindre mängder kan smältningen ske i en högfrequensugn (HF-ugn). Båda ugnarna använder elektrisk energi men i vissa fall sker en förvärmning av skrotet och/eller komplement vid nedsmältningen med oxyfuelbrännare (syrgas-olja). För en översiktsbild av produktionsprocessen i skrotbaserad järn- och ståltillverkning se Figur 3.1.

Efter nedsmältning och färdigställning följer den skrotbaserade ståltillverkningen samma rutiner som den malmbaserade. Det smälta stålet raffinerar i skänkbearbetningssteget med efterföljande stränggjutning. Som nämnts tidigare finns det en variant där tillverkningsvägen är ljusbågsugn men råvaran inte är skrot utan s.k. järnsvamp eller en kombination av järnsvamp och skrot¹⁸. Man kan uttrycka det så att järnsvamp blir ett substitut för skrot. Järnsvamp framställs med vanlig järnmalmråvara och naturgas som värmekälla och reduktionsmedel.

Världsproduktionen av järnsvamp uppgår till ca 55 miljoner ton (2004). I Sverige tillverkas järnsvamp av Höganäs AB enligt Höganäs järnsvampprocess, drygt 120 000 ton 2004. Den produktionen är uteslutande avsedd för deras egen produktion av högklassigt järnpulver.

6.2.1 Optimering vid tillverkning av skrotbaserat stål

Den klart största kostnadsposten för ett skrotbaserat handelsstålverk är råvaran skrot. Näst största kostnad för stålverket är energi. Övriga kostnader står för nästan lika mycket som energikostnaden. En viktig faktor för den skrotbaserade stålindustrin är således att få in billigast möjliga järnråvara. Vissa skrotpartier handlas till lägre priser p.g.a. de inte är optimala ur nedsmältningssynpunkt. Stålverken har därför utvecklat en kompetens för att hantera även mindre bra skrot. Till stor del handlar det om att komponera en lämplig skrotmix och hur de olika partierna fysiskt placeras i skrotkorgen. I vissa fall kan även stålverken investera i tilläggsutrustning för att kunna ta hand om mindre attraktiva skrottyper. En del verk har t.ex. installerat utrustning för kontinuerlig matning av spånor direkt in i ugnen. Energiåtgång och produktivitet påverkas kraftigt av rätt skrotmix och kör-sätt och därför är kunskap om det ingående skrotets egenskaper mycket viktigt. Dessutom skall hänsyn tas till det interna cirkulationsskrotet, som skall fasas in i flödet. För att minska antalet korginsättningar vill man ha kompakt skrot. För att smälta med hög effekt och därmed fort, vill man ha lättsmält skrot med viss volym, som skyddar väggarna. Det innebär att för att få optimal nedsmältning måste ”rätta” skrotsorter köpas och sedan placeras i insättningskorgarna på ett noggrant reglerat sätt. Utöver minskad energiförbrukning kan stålverket med bättre styrning vinna flera fördelar:

- Kortare behandlingstid i skänk

¹⁸ Det är denna process som finns vid Höganäs AB:s anläggning i Höganäs.

- Mindre legeringsbehov i skänkgugn
- Högre produktivitet
- Jämnare stålflöde
- Jämnare tapptemperatur

En bättre kunskap om skrotet kan alltså utnyttjas för att köra ljusbågsugnen mer optimalt. Sammanfattningsvis kan man säga att den ekonomiska optimeringen är komplicerad och i hög grad sammankopplad med den praktiska hanteringen. En väl utvecklad kompetens om skrotet och dess egenskaper är därför ett påtagligt konkurrensmedel för både skrothandeln och stålverken.

6.3 Energianvändning inom stålindustrin

Karakteristiskt för stålindustrin är att flertalet av de energikrävande processerna sker vid hög temperatur. Energin används huvudsakligen i processer där arbetstemperaturen överstiger 1000 °C. Detta förhållande innebär att stålverken för att kunna upprätthålla produktionen behöver ha tillgång till högvärdiga energibärare såsom kol- och oljeprodukter, gas (gasol eller naturgas) och elkraft. Några möjligheter att använda lågvärdiga bränslen som biobränslen finns inte dels av energiskäl, dels på grund av att förbränningen av olja eller gas sker i samma "rum" där det material som skall värmas finns. Detta ställer stora krav på atmosfär och bränslets askhalt för att inte materialkvaliteten skall försämrats (Jernkontoret).

Koks används huvudsakligen i reduktionsprocesserna, dvs i masugnar och järnsvampugnar. En viss del av koksen kan ersättas med kolpulver, olja, tjära m. m. Koksugns gasen från koksningssprocessen finner sin viktigaste användning i valsverkens värmnings- och värmebehandlingsugnar samt i pannor. (Masugns gasen används för förvärmning av blästerluften i masugnen och liksom LD-gasen i kraftverk.)

El används för motordrift, smältning av skrot i elektrostålugnar samt för värmning och värmebehandling i valsverken. Några verk har elektriska pannor. Trots ökad elanvändning för automatisering, miljöinvesteringar m.m. har den specifika elförbrukningen per ton handelsfärdigt stål inte ökat.

Olja används i valsverkens värmnings- och värmebehandlingsugnar samt för lokaluppvärmning (huvudsakligen används eldningsolja nr 5 samt WRD). Oljeanvändningen har minskat drastiskt sedan 1970-talet av flera skäl: kolinjektion istället för olja i masugnarna, ny gjutningsteknik som medför minskat värmningsbehov i valsverken, nedläggning av samtliga martinugnar, övergång till gasol samt energieffektivisering.

Gasol används i värmnings- och värmebehandlingsugnar.

Naturgas används vid ett par anläggningar inom branschen i Skåne och Halland och ersätter där olja. Anledningen att det är just dessa områden som använder naturgas är främst att naturgasen finns lättillgängligt via den naturgasledning som finns längs västkusten.

Användningen av **restenergi** ökar successivt såväl inom stålverken som externt. Det är framför allt de malmbaserade verken som genererar stora mängder restenergi.

6.4 Identifierade åtgärder

De CO₂-reducerande åtgärder som identifierats för den skrotbaserade stålindustrin är följande:

- **Energieffektivisering.** Många av stålverken är i uppstart för att införa energiledningssystem. De har gått med i ett statligt energieffektiviseringsprogram, PFE program för energieffektivisering i energiintensiva företag. Att ingå i programmet är frivilligt och erbjuds energiintensiva företag inom tillverkningsindustri som använder el i sin tillverkningsprocess. Detta ger viss möjlighet till skattereduktion (www.stem.se).
- **Skrotförvärmning.** Beräkningar baserade på data från STEM, (2002) kan man räkna med en besparing vid skrotförvärmning till ljusbågsugnen (EAF) med ca 7 kWh/ton stål. Totalt sett uppskattar man att man skulle kunna spara 10% av elenergin i de skrotbaserade stålverken, vilket skulle motsvara ca 90GWh /år. Man har också gjort undersökningar som visar att man skulle kunna ersätta elenergin med organiska restprodukter (STEM). I praktiken visar det sig dock att det ställs höga krav på skrotförvärmningen. Om stålet skall förvärmas till temperaturer över 300 °C finns risk för dioxinbildning. Dioxinbildningen kan visserligen undvikas genom att man ser till att uppvärmningen går snabbt och man därmed snabbt passerar det temperaturintervall inom vilket dioxinbildningen uppstår. Detta ställer dock stora krav värmekällan och det blir svårt att enbart använda sig av t.ex. spillvärme.
- **Bättre utnyttjande av spillvärme, med anslutning till fjärrvärme.** Detta är en åtgärd som antingen nyligen har genomförts eller som är under genomförande på många stålverk. En förutsättning för anslutning är självklart att det finns ett värmeunderlag, vilket varierar mellan verken.
- **Installation av oxyfuelbrännare.** Förutom sänkt NO_x utsläpp installeras brännarna primärt för att få en jämnare och snabbare smältning av skrotet. Detta genom att de sk. "cold spots" mellan elektroderna får extra värmeenergi från dessa brännare. Genom jämnare värmefördelning i ugnen sänks även foderslitaget något. Totalt sett leder detta också till en lägre energiförbrukning.
- **Valsning och stränggjutning sammankopplad** vilket medför att man tar till vara på den värme som materialet har (energibesparing).
- **Kontinuerlig gjutning istället för götgjutning.** Det är dock inte så många av stålverken som fortfarande har götgjutning. Övergången från götgjutning till stränggjutning har inneburit både energibesparingar och effektivisering. Man räknar dock med att ytterligare utveckling av gjuttekniken kunna spara ytterligare energi. Totalt sett för både skrot och malmbaserad stålindustri i Sverige uppskattar man en besparingspotential av elenergi till 90GWh/år (inom överskådlig framtid) (Stålindustrins Metallurgipaket)
- **Thinslabs casting.** Man gjuter tunnare, och sparar på så vis energi i valsningssteget (observera dock att valsningen som det är idag inte ingår i utsläppshandel och alltså inte egentligen omfattas av vårt projekt).
- **Införande av SVC-utrustning.** Hittills har endast ett fåtal stålverk i Sverige uppgivit att de installerat SVC-utrustning. SVC står för *static var compensator* vilket betyder dynamisk reaktiv effektkompensering och används för spännings- och stabilitetskontroll av kraftnät. SVC-anläggningarna ökar överföringskapaciteten och stabiliserar kraftförsörjningen så att stålverken kan öka produktionen. Det är främst stålverk som ligger i änden av kraftnätet som vinner på att installera SVC. Besparingen är således också väldigt olika från anläggning till anläggning. För att

få en uppskattning av storleksordningen på besparingarna kan nämnas att något av stålverken uppgivit att man kan spara ca 1 kg CO₂/tillverkat ton stål.

- **Bränslebyten.** En del olja, diesel och gasol används på stålverken och kan bytas mot andra bränslen med lägre kolintensitet, eller eventuellt mot biobränslen (i de sammanhang det handlar om utnyttjande för t.ex. uppvärmning av lokaler). Den olja som används på stålverken borde i de flesta fall kunna bytas mot gasol eller naturgas utan att påverka processerna i sig. Självklart kräver andra bränslen andra typer av brännare det medför således en investering och gasol ger endast en liten minskning av CO₂ utsläppen jämfört med användning av olja. Naturgas kan endast komma i fråga på de orter där den är tillgänglig. Idag är det endast i sydvästra Sverige som det finns ett utbyggt naturgasnät. Det är också i de områden man inom stålindustrin återfinner de anläggningar som använder sig av naturgas. Det finns dock planer på att bygga ut nätet (och nya nät) så att också Bergslagen och sydöstra delarna av Sverige skulle få tillgång till naturgas. Detta skulle medföra nya möjligheter till bränslebyten.
- **Skrotets utvecklingspotential med avseende på optimal nedsmältning**
Som diskuterats ovan betyder en bättre information om skrotets egenskaper att stålproduktionen kan ske effektivare. Denna ökning av informationen kan i princip åstadkommas med längre driven klassificering. En annan teknisk utveckling som diskuteras är en automatiserad, kontinuerlig analys och karakterisering av varje enskild skrotbit. Detta ligger troligen långt fram i tiden men skulle ge ett bra underlag för sortering och beskrivning av skrotråvaran som i sin tur skulle ge ett effektivt underlag för en bättre anpassad styrning av nedsmältningen (Jernkontoret).¹⁹

Ytterligare åtgärder finns men är mer specifika för enskilda stålverken. Ombyggnation av gamla lokaler kan medföra effektivare processer. Också utbyte av gamla transformatorer och annan gammal utrustning bidrar till effektivisering och minskning av den specifika energiåtgången och koldioxidutsläppen. Denna typ av åtgärder kan dock räknas till den ständiga energieffektiviseringen inom industrin som lite grovt kan uppskattas till ca 1% per år (Pers. kom. B. Lindblad, 2005).

6.5 Ekonomiska analyser av reduktionsmöjligheter för koldioxid

Tabellen nedan visar hur stor den procentuella reduktionspotentialen är inom den skrotbaserade stålindustrin.

Tabell 6.2. Reduktionspotential inom den skrotbaserade stålindustrin baserat på inkluderade åtgärder.

Reduktionspotential till 2010	Reduktionspotential till 2020
2,5%	_20

Reduktionspotentialen för de identifierade åtgärderna inom den skrotbaserade stålindustrin har beräknats till ca 2,5% till år 2010. Till år 2020 har vi inte kunnat beräkna någon siffra då antalet

¹⁹ För närvarande pågår ett MISTRA-delfinansierat projekt, Stålkretsloppet, i vilket man just forskar kring detta.

²⁰ Eftersom för få uppgifter om möjliga åtgärder för att reducera emissionern inom elektrostålverken erhöles för det längre tidsperspektivet kan ingen uppgift lämnas här.

identifierade åtgärder är för få. Vi hänvisar istället till avsnitt 6.6 som ger en uppskattning av produktions- och emissionsutvecklingen för denna del av stålsektorn. Tabellen nedan visar en sammanställning av de åtgärder för den skrotbaserade stålindustrin som inkluderats i de ekonomiska beräkningarna:

Tabell 6.3 Identifierade åtgärder som använts för kostnadsberäkningar för den skrotbaserade industrin

Åtgärd	Genomsnittskostnad (kr/ton)		Reduktionspotential (ton)	År ²¹
	6% ränta	12% ränta		
Bränslebyte Eo3 till naturgas	>400	>400	1200	2010
Spillvärme till fjärrvärmenät & egen uppvärmning ²²	>400	>400	12 500	2010
Installation av oxyfuelbrännare	<100	<100	770	2010
Skänkförvärmning	<100	200-400	300	2010
Optimeringsåtgärder / effektiviseringar ²³	<100	<100	300	2010
Bränslebyte Eo1 till naturgas	>400	>400	350	2010

6.5.1 Åtgärder som minskar samhällets totala CO₂-emissioner men inte emissionerna hos stålverken

Nedanstående tabell sammanställer de åtgärder vi identifierat för den skrotbaserade stålindustrin som minskar samhällets totala koldioxidemissioner men som inte direkt minskar utsläppen vid verken.

Tabell 6.4 Indirekta åtgärder

Åtgärd	Potential [ton CO ₂ /år]
Spillvärme till fjärrvärmenät	14 600
Skrotförvärmning	1 350
Finare skrotfraktion	7 300
Totalt	23 250

Vad gäller spillvärmen till fjärrvärmenät så handlar det om att anslutna bostäder använder mindre olja. Uppskattningen är baserad på faktiska beräkningar för de berörda kommunerna. I de övriga åtgärderna så handlar det om elbesparingar. Vi har då utgått från samma värde på referensel som Elforsk, nämligen 350,7 ton CO₂/GWh, som svarar mot emissionerna vid produktion i ett nytt naturgaskondenskraftverk.

Skrotförvärmning är energibesparande samtidigt som man måste se upp med dioxinbildning. Här har vi endast tagit upp potentialen för det stålverk som har angivit det. Det är mycket möjligt att fler av stålverken kan använda sig av skrotförvärmning i högre utsträckning men tekniken måste

²¹ Detta anger inom vilken tidsrymd 2010 eller 2020 som åtgärden kan vara införd.

²² I detta fall minskade faktiskt emissionerna på stålverket eftersom den egna oljeeldade värmecentralen kunde tas ur drift.

²³ Innehåller flera åtgärder, men som inte redovisas separat på grund av att de är anläggningsspecifika.

utvecklas för att man skall undvika dioxinbildning. Likaså för åtgärden att använda en finare skrotfraktion har vi endast inkluderat det verk som påvisat att det skulle sänka deras energibehov. Det är möjligt att fler av verken skulle kunna göra en sådan besparing.

6.6 Uppskattning av framtida produktion och CO₂ emissioner från den skrotbaserade stålindustrin i Sverige

I motsats till utvecklingen av de specifika utsläppen av koldioxid inom den malmbaserade stålindustrin så visar det sig att man har haft en liten ökning av de specifika utsläppen av koldioxid från den skrotbaserade stålindustrin. Enligt siffror publicerade i Edström (2003) så har de specifika emissionerna av CO₂ från produktion av råjärn i masugnsanläggning sjunkit från ca 1,73 ton CO₂/ton råjärn 1987 till ca 1,54 ton CO₂/ton råjärn 1997. Emissionerna från den skrotbaserade stålindustrin har dock under samma tidsperiod stigit från 0,038 ton CO₂/ton stål i elektrostålverk 1987 till ca 0,046 ton CO₂/ton stål. Denna ökning beror främst på ökad insats av fossila bränslen.

För att få en uppfattning om utvecklingen av CO₂ emissionerna från den skrotbaserade stålindustrin i Sverige har vi utgått från de uppskattningar av produktionsökning som flertalet av företagen har angivit. Av totalt tio företag (alt 13 anläggningar) har vi fått en uppskattning på den framtida produktionsökningen från fem (sex av anläggningarna) av företagen. Till år 2010 uppskattar företagen en produktionsökning på mellan 8 – 44% från år 2005 (en av anläggningarna förväntas lägga ner produktionen). För dessa företag motsvarar den totala förväntade produktionsökningen i genomsnitt ca 25 % av deras produktion idag. Dessa anläggningar har fått ca 36 % av utsläppsrätterna inom den skrotbaserade stålindustrin.

Till år 2020 blir uppskattningen av de framtida produktionsökningarna än mer osäker. Få av företagen har uppgivit någon siffra till dess. De som har gett någon uppgift tror på ytterligare ökning från produktionen 2010.

Idag släpper den skrotbaserade stålindustrin i Sverige ut ca 627 700 ton CO₂/år²⁴. Om man antar att CO₂ emissionerna direkt hänger samman med produktion och att den uppskattning i produktionsökning som vi fått av företagen är allmängiltig skulle det innebära att emissionerna stiger med ca 25 % till ca 785 000 ton CO₂/år. (Här kan man lägga till att från 2003 till 2004 steg råstålproduktionen i Sverige med nästan 5%, (ref: Jernkontoret 2004, IISI). Också i övriga Europa såg man en stor uppgång av produktionen av råstål mellan dessa år. Den totala efterfrågan på stål i världen är för närvarande mycket stor i och med den pågående utvecklingen och industrialiseringen av Kina. Det är därför troligt att under de närmsta åren kommer stålproduktionen även i Sverige att följa denna trend och produktionen därmed öka.

I och med att man idag har satt ett pris på att släppa ut koloxid i och med kravet på utsläppsrätter samt de energieffektiviseringsprogram som pågår är det troligt att man kommer att kunna öka produktionen utan att i motsvarande grad behöva öka utsläppen av koldioxid. Hur mycket man kan sänka de specifika koldioxidutsläppen är dock svårt att förutsäga.

²⁴ Detta är en uppskattning baserad på den tilldelning av utsläppsrätter sektorn har fått för 2005. Det inkluderar alltså enbart den verksamhet på stålverken som ingår i handelssystemet. Valsverk och annat som ej är inkluderade släpper också ut en betydande del CO₂.

7 Kostnadstrappor

Den genomsnittliga kostnaden för att reducera ett ton CO₂ har uppskattats för några av de identifierade åtgärderna. Åtgärdernas potential utgår från 2004/2005 års produktion och kostnaderna är i 2005 års priser. En del av åtgärderna har inte till syfte att reducera CO₂ utan det blir en positiv bieffekt och därför kan kostnaderna ibland bli väldigt höga. I de allra flesta fall påverkar inte åtgärderna varandra och i de fall de har en viss påverkan har detta ignorerats då det endast anses påverka resultaten marginellt.

Det som har en stor påverkan på resultaten är val av livslängd på investeringen samt bränslepriserna. Livslängden varierar i de undersökta åtgärderna mellan 10-50 år, men i de flesta fall har 15-20 år uppskattats vara åtgärdens tekniska livslängd. När det gäller kostnad för olika bränslen har de priser använts som Elforsk uppskattat i sitt projekt och som bygger på priserna 2003/2004. Bränslepriserna förändras ständigt och har stigit mycket det senaste året, men för jämförbarhetens skull används dessa i beräkningarna. För koks och gasolpriser har vi utgått från relationen mellan dagspriset på dessa bränslen och olja respektive stenkol, då Elforsk-projektet ej inkluderar dessa i sin rapport. I ett fåtal fall har dock företagen gjort egna beräkningar av förändrade driftskostnader utan att vilja avslöja sina bränslepriser. Det är dock viktigt att poängtera att bränslepriserna har stor inverkan på de uppskattade kostnaderna för att reducera CO₂ och också för företagens val att byta till andra bränslen.

Reduktionspotentialen för de olika åtgärderna har summerats i grupper efter deras uppskattade kostnader per ton reducerad CO₂. Beräkningar har gjorts för åren 2010 och 2020. I scenarierna för 2020 ingår alla de åtgärder som antas möjliga 2010. Dock utgår den uppskattade reduktionspotentialen, som tidigare nämnts, från produktionen 2004/2005 samt de tilldelade utsläppsrätterna för år 2005. Det är både möjligt och troligt att vissa företag önskar expandera (medan vissa uppskattar att produktionen kommer att minska) men då det varit svårt att få in bra uppskattningar på detta utgår vi i grundberäkningarna från 2005.

Det skall också nämnas att reduktionspotentialen troligen skulle kunna vara större än vad som uppskattats nedan, då LKAB inte bidragit med några kostnadsuppskattningar för möjliga åtgärder på deras anläggningar. Dock inkluderas inte LKABs utsläppsrätter i grundscenariet utan endast järn- och ståltillverkningen.

I beräkningarna av möjlig reduktionspotential har vi utgått från två olika scenarier som är teoretiskt möjliga och som vi tror det finns en potential för att genomföra i framtiden, d.v.s. till år 2010 och 2020. För en närmare redogörelse för dessa scenarier hänvisas till kapitel 5. I detta avsnitt görs endast en sammanfattning av scenarierna. I alla scenarier ingår de åtgärder som identifierats för den skrotbaserade industrin såväl för år 2010 som år 2020. Då den malmbaserade industrin har ett mycket större genomslag på reduktionen redogörs här för vilka åtgärder vi tagit med i scenarierna för den malmbaserade delen.

År 2010:

- *Scenario 1:* Identifierade åtgärder för skrotverken samt BAT för PCI:koks (beräknat som 220:250) för de malmbaserade verken
- *Scenario 2:* Detta scenario baseras på att det kommer finnas naturgas tillgängligt för det ena malmbaserade stålverket. Scenariot bygger dels på att naturgas har ersatt tillsatsen av PCI (under "normalförhållanden", d.v.s. ej enligt BAT för PCI:koks) samt den olja respektive gasol som

används inom de delar som ingår i handlingsystemet för detta verk. Dessutom ingår identifierade åtgärder för skrotverken.

År 2020:

- *Scenario 1:* Identifierade åtgärder för skrotverken samt BAT för PCI:koks (beräknat som 220:250) och ökad skrotmängd genom skrotförvärmning för de malmbaserade verken
- *Scenario 2:* Detta scenario baseras på att det kommer finnas naturgas tillgänglig för de båda malmbaserade stålverken. Scenariot bygger dels på att naturgas har ersatt tillsatsen av PCI (under ”normalförhållanden”, d.v.s. ej enligt BAT för PCI:koks) samt en del av den olja respektive gasol som används inom de delar som ingår i handlingsystemet för dessa verk. För de malmbaserade verken ingår även ökad skrotmängd genom skrotförvärmning. Dessutom ingår identifierade åtgärder för skrotverken

Scenario 1

I Tabell 7.1 redovisas reduktionspotentialen i scenario 1 vid olika kostnadsnivåer år 2010 och 2020. Då de olika räntenivåerna inte påverkar i vilken kostnadsgrupp åtgärderna hamnar är tabellen giltig för båda räntenivåerna. Vid 6 % ränta blir dock de åtgärder som kräver en investering något billigare och reduktionen kan genomföras till en lägre total kostnad.

Tabell 7.1 Möjlig reduktionspotential i scenario 1 vid olika accepterade kostnadsnivåer år 2010 och 2020.

Genomsnittskostnad (kr/ton)	Reduktionspotential (ton) 2010	Reduktionspotential (ton) 2020
< 100 kr/ton	340 093	544 893
100-200 kr/ton	0	0
200-400 kr/ton	0	0
> 400 kr/ton	14 116	14 226

I Tabell 7.2 och Tabell 7.3 redovisas den absoluta utsläppsnivån vid olika kostnadsnivåer samt den maximala reduktionsnivån då alla beaktade åtgärder genomförts oavsett kostnad (> 400 kr/ton). Den procentuella minskningen utgår från tilldelningsnivån på 7 272 000 ton år 2005, vilket betyder att CO₂-utsläppen kan reduceras med maximalt 4,9% fram till år 2010 och 7,7% till år 2020, vid en oförändrad produktion.

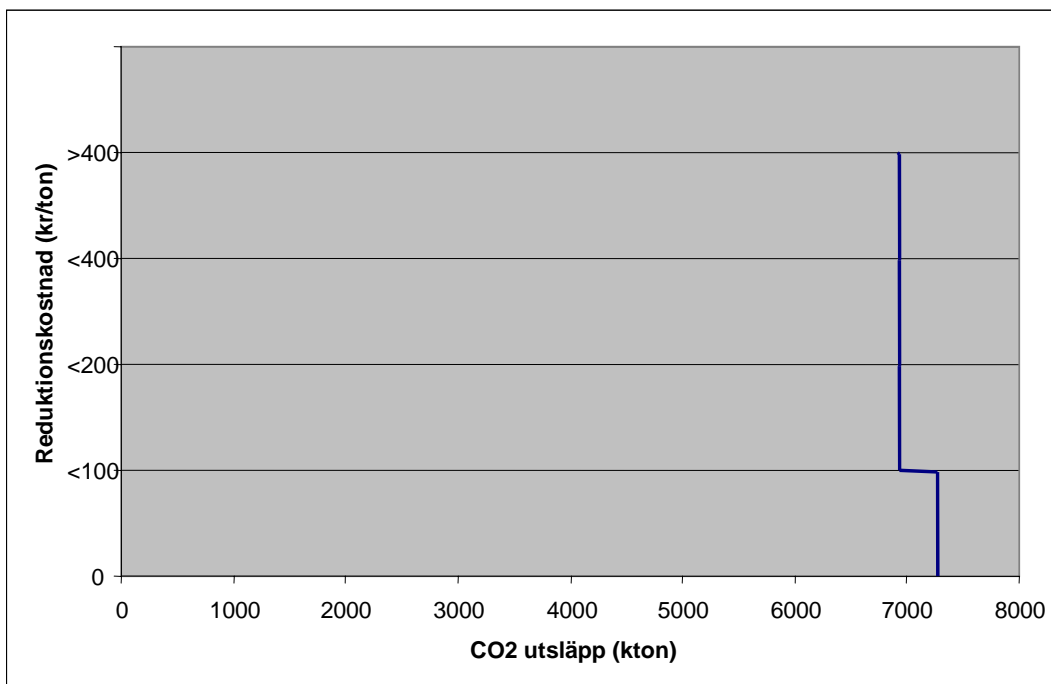
Tabell 7.2 Absoluta utsläppsnivåer av CO₂ vid olika kostnadsnivåer år 2010.

Genomsnittskostnad (kr/ton)	Reduktionspotential (ton)	Reduktionspotential (%)	Absolut utsläppsnivå (ton)
< 100 kr/ton	340 093	4,7%	6 931 907
< 200 kr/ton	340 093	4,7%	6 931 907
< 400 kr/ton	340 093	4,7%	6 931 907
> 400 kr/ton	354 209	4,9%	6 917 791

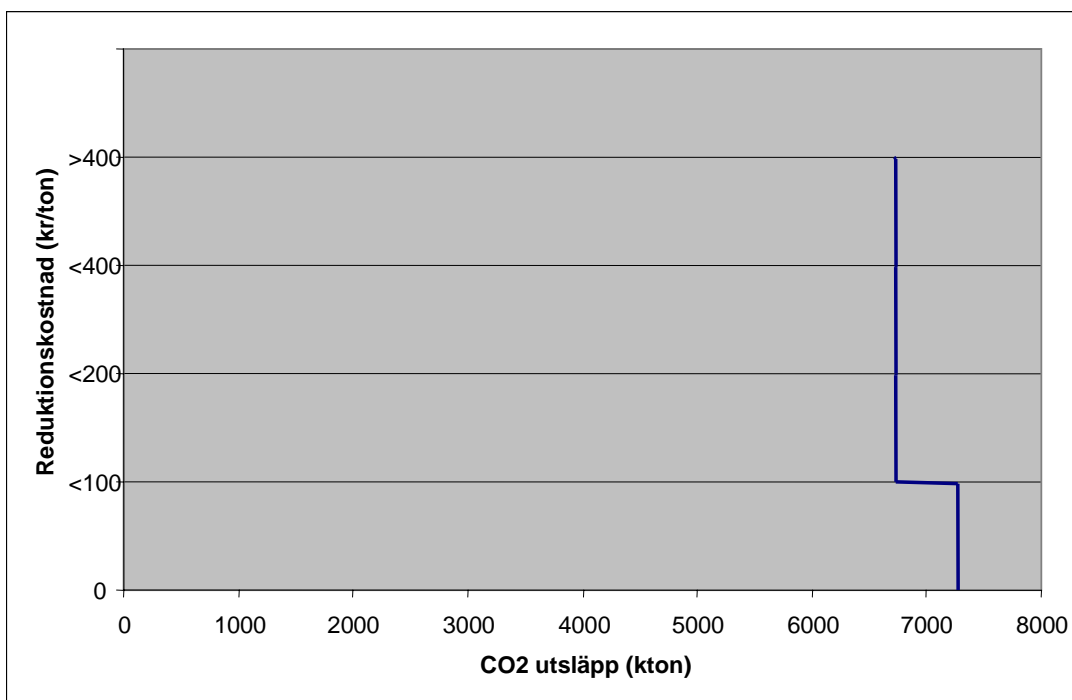
Tabell 7.3 Absoluta utsläppsnivåer av CO₂ vid olika kostnadsnivåer år 2020.

Genomsnittskostnad (kr/ton)	Reduktionspotential (ton)	Reduktionspotential (%)	Absolut utsläppsnivå (ton)
< 100 kr/ton	544 893	7,5%	6 727 107
< 200 kr/ton	544 893	7,5%	6 727 107
< 400 kr/ton	544 893	7,5%	6 727 107
> 400 kr/ton	559 119	7,7%	6 712 881

I Figur 7.1 och Figur 7.2 redovisas resultaten i en så kallad kostnadstrappa. Varje steg visar hur stor reduktion som kan förväntas om alla åtgärder inom ett visst kostnadsspänn genomförs. Då den största reduktionen kan göras med åtgärder som kostar mindre än 100 kr/ton består trappan i princip av ett enda steg.



Figur 7.1 Kostnadstrappa för scenario 1 år 2010.



Figur 7.2 Kostnadstrappa för scenario 1 år 2020.

Scenario 2

För scenario 2 redovisas motsvarande tabeller och diagram nedan. Även för detta scenario skiljer sig inte grupperingen av åtgärderna sig mellan de olika räntenivåerna förutom när det gäller en enda åtgärd. Denna är dock mycket marginell då den endast reducerar ca 400 ton CO₂ och därför särredovisas inte de olika räntorna.

Tabell 7.4 Möjlig reduktionspotential i scenario 2 vid olika accepterade kostnadsnivåer år 2010 och 2020.

Genomsnittskostnad (kr/ton)	Reduktionspotential (ton) 2010	Reduktionspotential (ton) 2020
< 100 kr/ton	2 497	207 622
100-200 kr/ton	0	0
200-400 kr/ton	402	402
> 400 kr/ton	157 916	454 944

I Tabell 7.5 och Tabell 7.6 redovisas den absoluta utsläppsnivån vid olika kostnadsnivåer samt den maximala reduktionsnivån då alla beaktade åtgärder genomförts oavsett kostnad (> 400 kr/ton). Den procentuella minskningen i scenario 2 innebär att CO₂-reduktionen uppgår till 2,2 % år 2010 och 9,1 % till år 2020, vid en oförändrad produktion.

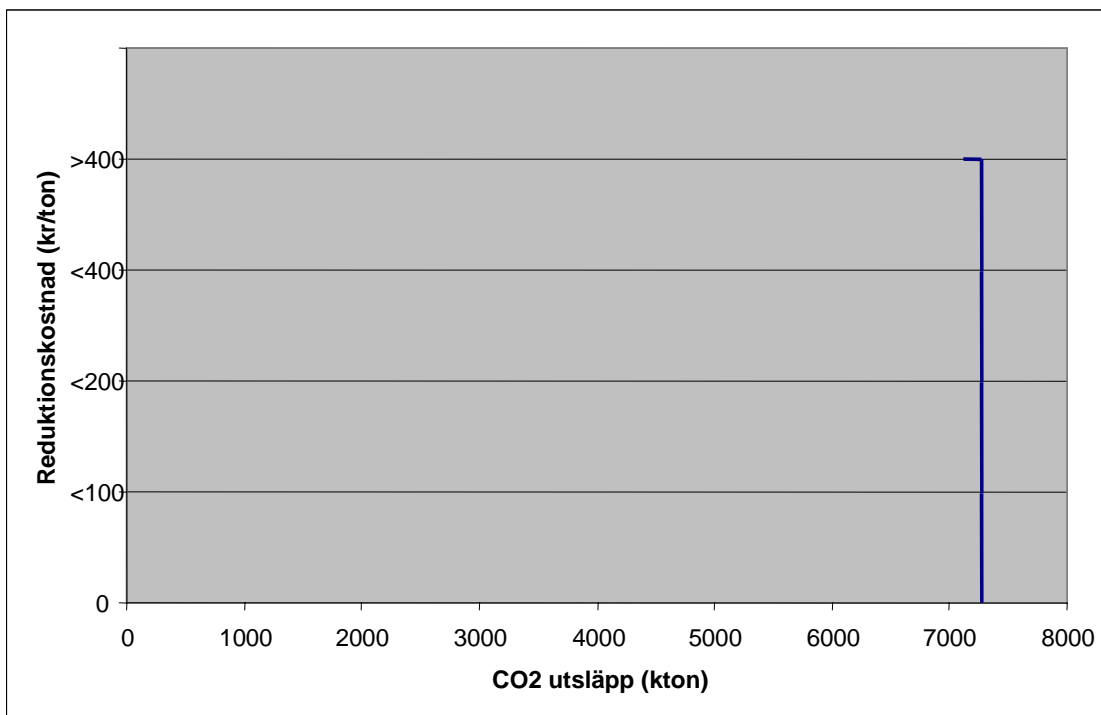
Tabell 7.5 Absoluta utsläppsnivåer av CO₂ vid olika kostnadsnivåer år 2010.

Genomsnittskostnad (kr/ton)	Reduktionspotential (ton)	Reduktionspotential (%)	Absolut utsläppsnivå (ton)
< 100 kr/ton	2 497	0,0%	7 269 503
< 200 kr/ton	2 497	0,0%	7 269 503
< 400 kr/ton	2 899	0,0%	7 269 101
> 400 kr/ton	160 815	2,2%	7 111 185

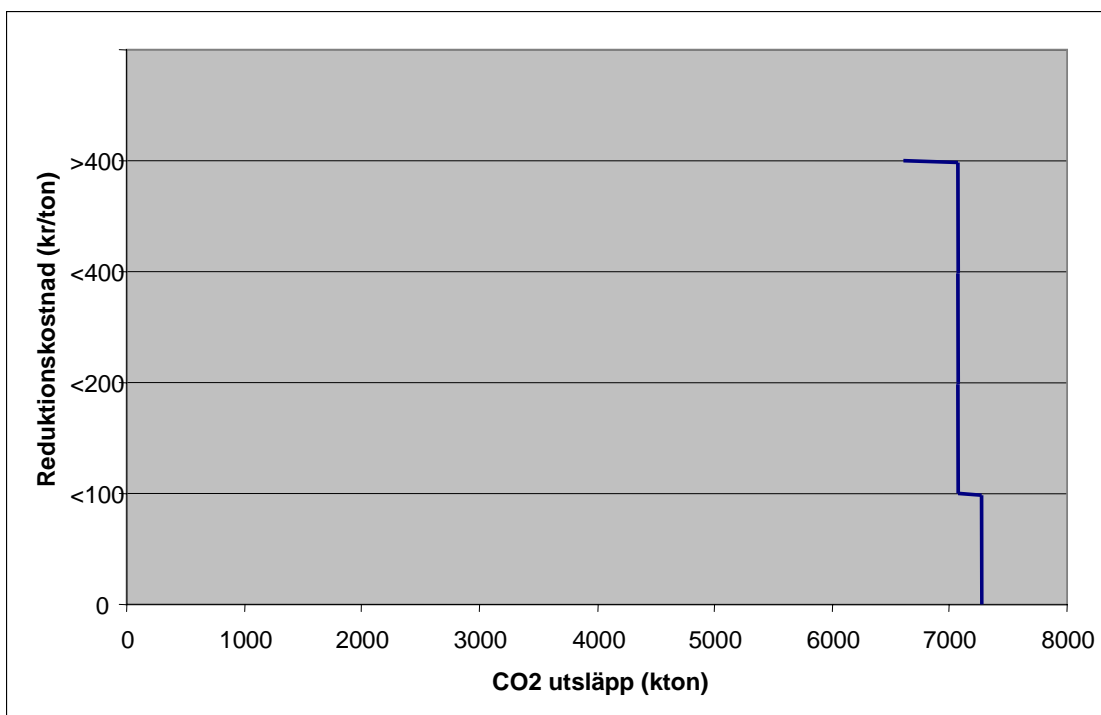
Tabell 7.6 Absoluta utsläppsnivåer av CO₂ vid olika kostnadsnivåer år 2020.

Genomsnittskostnad (kr/ton)	Reduktionspotential (ton)	Reduktionspotential (%)	Absolut utsläppsnivå (ton)
< 100 kr/ton	207 622	2,9%	7 064 378
< 200 kr/ton	207 622	2,9%	7 064 378
< 400 kr/ton	208 024	2,9%	7 063 976
> 400 kr/ton	662 968	9,1%	6 609 032

Nedan visas kostnadstrapporna för scenario 2. I detta scenario är reduktionerna inte lika stora år 2010, men något större 2020, än i scenario 1. De största reduktionerna till 2010 genomförs till en kostnad över 400 kr/ton medan tillkommande åtgärder till år 2020 till största delen kan genomföras till en kostnad under 100 kr/ton.



Figur 7.3 Kostnadstrappa för scenario 2 år 2010.



Figur 7.4 Kostnadstrappa för scenario 2 år 2020.

I ovanstående resonemang har produktionen för år 2005 varit utgångsläget. Vid ett antagande att alla företagen i genomsnitt ökar sin produktion och koldioxidutsläpp med 10 % till 2010 skulle utsläppen bli 7 999 200 ton (om tilldelningen av utsläppsätter används som bas). Med en reduktion av 354 209 ton i scenario 1 skulle det i praktiken betyda en ökning av CO₂ med 372 991 ton, under förutsättning att reduktionspotentialen inte nämnvärt påverkas av ökad produktion. I scenario 2 skulle det betyda en faktisk ökning av utsläppen med 566 385 ton.

SSAB har ca 91 % av utsläppsätterna för järn- och stålindustrin i Sverige. Resultaten av åtgärds-kostnadsberäkningarna domineras därför starkt av åtgärderna och kostnaderna för SSAB, som enligt Tabell 7.7 står för den största delen av reduktionen av CO₂ i järn och stålindustrin utifrån de tillämpade scenarierna.

Tabell 7.7 Procentuell andel av den totala reduktionspotentialen uppdelat på de skrotbaserade företagen och SSAB.

	Scenario 1 2010 (%)	Scenario 1 2020 (%)	Scenario 2 2010 (%)	Scenario 2 2020 (%)
Skrotbaserade	4	3	10	2
SSAB	96	97	90	98

Det är endast åtgärderna inom den malmbaserade industrin som är olika i de bägge scenarierna varför den totala reduktionspotentialen inom den skrotbaserade stålindustrin är den samma i bägge fallen.

8 Jämförelse av den svenska järn- och stålindustrin med EU

Enligt EU:s IPPC-direktiv (Integrated Pollution Prevention and Control) har EU vid sitt industrikontor i Sevilla utarbetat sammanställningar av bästa möjliga teknik (BAT) för en stor mängd industrigrenar. Dessa s.k. Best Available Technology Reference Documents (BREF Documents) har sammanställts i samarbete med företrädare för myndigheter och branschorganisationer i EU:s medlemsländer. BREF Documents är *vägledande* för nationella myndigheters arbete med miljökrav på industrier, dock ej *bindande*.

För järn- och ståltillverkning finns EU:s IPPC BAT Reference Documents on the Production of Iron and Steel (2001). När BREF-Documents sammanställdes för järn- och stålindustrin under slutet av 1990-talet var inte energifrågorna dominerande. För **malmberedning** är följande åtgärd angiven i detta BREF Document, som kopplar till energieffektivisering. Övriga åtgärder som beskrivs för malmberedning berör t.ex. rening av stoft, NO_x, SO_x, HCL och HF till luft, samt vattenrening och avfallsminimering.

- Värmeåtervinning

Denna åtgärd har vidtagits vid LKAB:s anläggningar. I IPPC-BREF Document anges LKAB ofta som referensanläggning.

För **malmbaserad järn- och ståltillverkning** är följande åtgärder angivna som BAT rörande energieffektivisering. Övriga åtgärder som beskrivs berör t.ex. rening av stoft, NO_x, SO_x och dioxiner till luft, samt vattenrening och avfallsminimering.

- Direktinjektion av reduktionsmedel
- Energiåtervinning ur masugnsgasen
- Energiåtervinning ur LD-gaser
- Energibesparing i varmapparaterna
- Installation av avgasturbin på masugn

De fyra första åtgärderna används idag av SSAB. Installation av avgasturbin diskuteras under punkt 5.3.3.3 Övriga processoptimeringar.

För den **skrotbaserade ståltillverkningen** är endast en åtgärd angiven som BAT rörande energi-effektivisering:

- Skrotförvärmning

Även här berör övriga åtgärder t.ex. rening av stoft, NO_x, SO_x och dioxiner till luft, samt vattenrening och avfallsminimering. Skrotförvärmning är införd på de flesta skrotbaserade stålverken i Sverige. På de stålverk där man inte använder skrotförvärmning idag, beror det på att man har haft eller vill undvika problem med dioxinbildning.

Den jämförelse som görs i BAT-dokumentet för specifika CO₂-utsläpp per ton producerat stål för olika processer i Europa är inte helt konsekvent och komplett genomförd. Det är svårt att med ledning av detta BAT-dokumentet ge en bild av hur svensk stålindustri ligger till. Vår syn på svensk stålindustri, grundad på kontakter med järn- och stålverk i Sverige, Europa och övriga världen, kontakter med Jernkontoret, samt erfarenheter från internationella förhandlingar inom järn- och stålområdet inom EU och Helcom, är dock att CO₂-utsläpp per ton producerat järn och stål från svenska anläggningar hör till de lägsta i Europa och världen.

9 Diskussion

Att identifiera åtgärder och kostnader för att reducera utsläppen av koldioxid inom stålsektorn är ett mycket omfattande arbete. Vad gäller potentiella åtgärder är många på forskningsstadiet (framför allt för den malmbaserade ståltillverkningen) varför det är svårt att uppskatta såväl reduktion av koldioxid, kostnad samt inte minst processförändringar i och med att åtgärden införs. Alla dessa parametrar utgörs ju av uppskattningar innan åtgärden verkligen är genomförd. Vidare är järn- och stålindustrin en bransch med mycket komplexa och sammanhängande processer varför det kan vara svårt att exakt förutsäga vad en förändring medför i efterföljande steg i tillverkningen.

Vid en analys av stålsektorn är det dessutom viktigt att man inte enbart fokuserar på en viss del av stålets livscykel utan att ett systemperspektiv tillämpas. Systemet för stål inkluderar råvaruframställning, tillverkning av stål, tillverkning av produkter innehållandes stål, användning av stålprodukterna samt kvittblivning eller återanvändning efter den egentliga livstidens slut. En åtgärd som reducerar emissioner i ett steg kanske medför att emissionerna i ett annat steg ökar så att det totalt sett inte medför en reduktion. Detta är en viktig aspekt att ha i åtanke när åtgärder och dess potential identifieras.

Nedan diskuteras några viktiga aspekter mer ingående:

Osäkerheter

I föreliggande studie finns ett antal osäkra parametrar varför resultaten måste tolkas därefter. Följande parametrar har stor inverkan på resultaten:

▪ *Livslängd på åtgärd/investering*

I detta projekt var det bestämt att teknisk livslängd skulle tillämpas vad avser livslängd på investeringarna. Vad gäller livslängd tillämpas ofta olika livslängd beroende på vem som ska använda resultaten, i ett företagsperspektiv är det t.ex. oftast mer intressant att utgå från den ekonomiska avskrivningen än teknisk livslängd. Det finns i huvudsak tre olika typer av livslängd:

1. Ekonomisk livslängd; den ekonomiska avskrivningstiden ett företag använder för en investering. Detta är den kortaste av de tre livslängderna.
2. Teknisk livslängd; den tid en installation kan antas fungera med normalt slitage. Man inkluderar att normalt underhåll genomförs.
3. Fysisk livslängd; genom att i omgångar göra större ombyggnationer och reoveringar (utöver normalt underhåll) av en installation kan livslängden ökas (jämfört med den tekniska), efter ett visst antal år har i princip alla delar bytts. För ett kärnkraftverk t.ex. så förlänger man livslängden på befintliga genom omfattande reoveringar istället för att bygga nya kärnkraftverk. Likaså gäller för stora investeringar i järn- och stålindustrin, där t.ex. SSAB Oxelösunds koksverk från 1952 fortfarande är i bruk trots en teknisk livslängd på 30 år.

Livslängden varierar i de undersökta åtgärderna mellan 10-50 år, men i de flesta fall har 15-20 år uppskattats vara åtgärdens tekniska livslängd. I dessa siffror föreligger således en stor osäkerhet. Och det påverkar självklart den beräknade åtgärds-kostnaden.

▪ *Bränslepriser*

Bränslepriserna förändras ständigt och har stigit mycket det senaste året. Dessutom har olika företag olika avtal och därmed olika priser på sina bränslen. Det är dock viktigt att poängtera att bränslepriserna har stor inverkan på de uppskattade kostnaderna för att reducera CO₂ och också för företagets val att byta till andra bränslen. Elforsk använder i sin rapport ett bränslepris på eldningsolja 1 som är ca 50% högre än naturgas (eldningsolja 2-5 är ca 20% dyrare än naturgas). Detta medför naturligtvis att det blir mycket lönsamt att övergå från olja till naturgas. De antaganden vi har gjort angående gasolpriset gör också att en övergång från gasol till naturgas blir mycket förmånlig. Självklart får man inte glömma bort att det idag är få av anläggningarna som har en möjlighet att övergå till naturgas. Men i och med stora framtida vinster i att övergå från ett bränsle till ett annat stiger också priset på de investeringar som företagen kan ta för att kunna genomföra bränslebytet. Som jämförelse kan sägas att år 2003 var skillnaden i pris mellan eldningsolja och naturgas marginell (eldningsolja 2-5 var billigare än naturgas).

▪ *Uppskattning av investeringskostnader samt reduktionspotential*

Det är viktigt att poängtera att alla investeringskostnader är uppskattade. Vissa siffror är uppskattade av företagen själva, vissa av leverantörer/tillverkare av apparatur/installation. I vissa fall, där vare sig företagen eller leverantörer/tillverkare kunnat uppskatta kostnader har en upp-

skattning gjorts av oss utifrån liknande investeringar där vi erhållit kostnadsuppskattningar. Det har tyvärr varit ganska svårt att få tag i uppgifter om åtgärder, inte minst vad avser investeringskostnader. Orsaken till detta är bland annat att framtida investeringskostnader anses vara företagshemligheter eftersom om de är offentliga kan det påverka offereringen vid upphandling av material och tjänster.

- *Tidsperspektivet*

Ju längre fram i tiden en åtgärd "ligger" desto större osäkerhet föreligger generellt. Exempelvis är det mycket svårt att förutse investeringskostnader för år 2020. Vad gäller reduktionspotential så är resultatet dels beroende av vilket år som används som referens samt den förväntade produktionsökningen. Då vi i denna studie hela tiden utgår från 2004/2005 innebär det att hänsyn inte tagits till förväntade produktionsökningar vilket medför en ytterligare osäkerhet i resultaten.

- *Teoretiska åtgärder samt åtgärder på forskningsstadiet*

För flera av åtgärderna krävs det forskning och utveckling för att omsätta dem från teori till praktik. I dessa fall är det mycket svårt att uppskatta såväl koldioxidreduktion samt kostnad för åtgärden i fråga. Vidare är det svårt att avgöra genomförbarheten av dessa åtgärder.

Användning av resultaten i denna studie

Resultaten i denna studie kan endast anses vara illustrativa så till vida att de visar att det finns potential för minskning av koldioxid inom järn- och stålindustrin. Man skall dock komma ihåg att det snarast handlar om en relativ reduktionspotential och troligtvis inte en absolut reduktionspotential eftersom man inom branschen räknar med en relativt stor produktionsökning inom de närmsta åren till följd av den ökade efterfrågan.

Resultat: Reduktionspotential inom den malmbaserade stålindustrin

De båda scenarierna skiljer sig mycket åt vad gäller uppnädd reduktion av koldioxid samt kostnad för reduktionen. Vad gäller scenario 1 är det inte i första hand att koks byts mot PCI enligt BAT (koks:PCI; 250:220) som står för genomslaget utan det är själva minskningen i reduktionsmedel (totalt används 470 kg/ton råjärn för BAT-fallet). I genomsnitt använde de malmbaserade verken 520 kg reduktionsmedel/ton råjärn de senaste fem åren (ref: Miljörapporter 2000-2004). Förbrukningen minskade stort för det ena verket år 2002 då masugnen byggdes om. Förbrukningen var också låg 2003 för att sedan öka 2004. Då 2004 används som referensår blir reduktionen något högre än om genomsnittet hade använts då förbrukningen av reduktionsmedel låg något högre än genomsnittet för de respektive verken. Vidare bör det påpekas att om år 2003 använts som referensår hade minskningen i koldioxid blivit betydligt lägre, ungefär hälften så stor som när 2004 används som referensår. Användningen av reduktionsmedel år 2004 ligger dock i samma storleksordning som medelanvändningen år 1998-2002, vilka är de år tilldelning av utsläppsrätter bygger på.

Olika referenser ger olika förhållanden för BAT. I de flesta fall är den totala reduktionsmedelsförbrukningen 470 kg/ton råjärn men förhållandet mellan PCI och koks skiljer sig åt. I beräkningarna har det "bästa" BAT ur koldioxidsynpunkt tillämpats, d.v.s. ju större andel PCI och mindre andel koks av en viss total mängd som tillsätts, ju mer fördelaktigt är det. För följande BAT-fall; koks:PCI ; 290:180 (ref: Kärslud, SSAB) blir totala koldioxidreduktionen baserat på 2004 år 819 kton/år, d.v.s. 7% lägre än "bästa" BAT. Även för BAT enligt IPPC referens blir koldioxidreduktionen något lägre. Frågan är då varför inte "bästa" BAT införs då det inte medför någon merkostnad samt koldioxidutsläppen minskar? Det beror bl. a. på att det, åtminstone för det ena verket, krävs högre blästtemperatur vilket begränsas av cowprarnas undereldning om man ska komma upp i högre mängder än 120-130 kg PCI/ton råjärn. Åtgärden är dessutom kopplad till

praktiska problem: verken klarar inte av att producera tillräckligt mycket PCI-kol och har inte heller lagringsutrymme för att bulka den. Med ny kvarn och större lagringsutrymmen skulle man kunna öka mängden PCI.

Vad gäller scenario 2 så bygger det i stor utsträckning på att naturgas kommer finnas i Oxelösund och/eller Luleå varför detta scenario endast är teoretiskt tills framtiden utvisat om så kommer vara fallet. I scenariot har den mängd PCI som tillsätts i formorna (2004) ersatts med naturgas. I ett framtida perspektiv kan det vara möjligt att mängden naturgas skulle kunna ökas och mängden koks därmed minskas. Det krävs dock mer forskning inom detta.

SSAB:s överlevnad baseras på maximalt utnyttjande av produktionsapparaten där trånga sektorer ständigt byggs bort och nya uppstår. På så sätt blir en produktionsökning en grundförutsättning. Med tanke på att produktionen ökar är det alltså än viktigare att koldioxidutsläppen per ton producerad enhet (produktenhet) minskar.

Resultat. Reduktionspotential inom den skrotbaserade stålindustrin

Troligtvis är reduktionspotentialen för den skrotbaserade industrin större än vad Tabell 7.2 visar. Anledningen till att vi uppskattar att den troligtvis är större är att vi inte har kunna inkludera alla åtgärder då det har varit svårt att få uppgifter om investeringskostnader och reduktionspotentialer. Det är samtidigt viktigt att komma ihåg att detta är reduktionspotentialen utan hänsyn tagen till produktionsökningen. I vissa fall rör det sig visserligen om reduktioner av de specifika utsläppen, men det betyder ändå att de totala emissionerna kan komma att öka då produktionen ökar. Troligtvis är också en del av de åtgärder vi har kunnat göra beräkningar på generaliserbara, vilket innebär större reduktionspotentialer. Det är också så att många av stålverken jobbar med att förbättra värmeåtervinningen och ansluter sig till fjärrvärmesystem. Detta leder inte till att CO₂ utsläppen från stålverken minskar utan minskar istället emissionerna från samhället i övrigt (genom att spillvärmesystem ersätter t.ex. villaoljor). Man bör också beakta att totalt sett för järn och stålindustrin kan finnas fler reduktionspotentialer i de delar som inte ingår i systemet för handel med utsläppsrätter. Bränslebyten i t.ex. valsverk är en sådan outredd potential.

Resultat: Reduktionspotential inom kulsintertillverkningen

Det skall också nämnas att reduktionspotentialen i absoluta tal troligen är större än vad som uppskattats, då LKAB inte bidragit med några kostnadsuppskattningar för möjliga åtgärder på deras anläggningar. Dock inkluderar inte LKABs utsläppsrätter i grundscenariet utan endast järn- och ståltillverkningen.

Framtidsutsikt

Då inte alla delar/processer av tillverkningen ingår i handelssystemet för järn- och stålsektorn finns det ytterligare processer där åtgärder förmodligen skulle vara genomförbara. Ett exempel är byte av bränslen vid valsningen vilket skulle kunna medföra en reduktion av koldioxidemissionerna. Med andra ord finns det ytterligare potential för att minska koldioxidutsläppen i absoluta tal inom järn- och stålindustrin.

Som nämnts tidigare arbetar många av stålverken med att förbättra värmeåtervinningen och ansluter sig till fjärrvärmesystem. Detta leder inte till att CO₂ utsläppen från stålverken minskar utan minskar istället emissionerna från samhället i övrigt (genom att spillvärmesystem ersätter t.ex. villaoljor).

Då den totala produktionen av pellets och stål i Sverige förväntas öka kommer även de totala utsläppen av koldioxid öka. Detta kan även vara fallet om åtgärder för att reducera koldioxid införs; även om åtgärden medför att de specifika koldioxidemissionerna minskar är det inte säkert att de minskar totalt på grund av produktionsökningen. Vid en produktionsökning är det således än

mer viktigt att reducera de specifika koldioxidemissionerna. För att de absoluta emissionerna skall minska krävs troligtvis banbrytande förändringar i produktionsprocessen av den typ som man hoppas kunna komma fram till inom t.ex. ULCOS. Här är dock åtgärderna verkligen på ett tidigt forskningsstadium och tidsperspektivet är ca 2030.

Förutom ULCOS pågår även ett forskningsprogram i Sverige, *Stålkretsloppet*, som syftar till att kretsloppsanpassa tillverkning och användning av stål, d.v.s. optimera stålets kretslopp med avseende på materialåtervinning och materialhushållning vid tillverkning och användning av stålprodukter. Målet är bl.a. att uppnå en besparing på 1 Mton CO₂/år samt minska mängden energi med 600 GWh/år inom stålets kretslopp. Inget mål är satt för de delar av tillverkningen som ingår i handels-systemet utan målet gäller totalt för alla delar som ingår i stålets kretslopp, d.v.s. från uttag av råvaror, tillverkning, användning och slutligt omhändertagande. Programmet är finansierat av MISTRA och industrin.

10 Referenser

Litteratur

- Edström, Jan Olof, 2003. Statsstött gemensam forskning inom Sveriges stålindustri – satsningar och resultat.
- Elforsk. www.elforsk.se
- Erasteel Kloster AB, Söderfors Miljörapport 2004
- Fundia Special Bar AB, Smedjebacken, Miljörapport 2004.
- Höganäs AB, Höganäs, Miljörapport för verksamhetsåret 2004.
- IISI, International Iron and Steel Institute [www.worldsteel.org]
- Jern- och stålframställning, Jernkontorets Utbildningspaket. Jernkontorets Forskning. Jernkontoret. www.jernkontoret.se
- LKAB, Kiruna, Miljörapport 2004
- LKAB, Svappavaara, Miljörapport 2004
- LKAB, Malmberget, Miljörapport 2004
- LKAB, 2004. .MKB Ökad Pelletstillverkning i Kiruna.
- Nordiska Ministerrådet, The Nordic BAT-BREF project, 2005
- Outokumpu Stainless AB, Avesta Jernverk, Miljörapport 2004.
- Ovako Steel AB Hofors Miljörapport enligt Miljöbalken för år 2004.
- SSAB Luleå, Miljörapport 2004
- SSAB Oxelösund, Miljörapport 2004
- Scana Steel Björneborg AB. Ansökan om tillstånd enligt lagen (2004:656) om tillstånd för utsläpp av koldioxid.

- STEM. Restprodukter som ersättning för fossil och elektrisk energi i metallurgiska processer. Rapport nr MEF 02048, 2002.
- Stålets Kretslopp. Rapport i Jernkontorets Forskning nr D 792
- Stålindustrins Metallurgipaket 2001-2005. Effektivare energiutnyttjande i stålindustrin genom nya metoder för processdatahantering.
- Stållåret 2004, Jernkontoret. [www.jernkontoret.se]
- Vänersborgs Tingsrätt, Miljödomstolen Dom rörande Hagfors Jernverk Mål nr M 251-01 (2001-11-14).
- Vänersborgs Tingsrätt, Miljödomstolen dom rörande Höganäs Aktiebolag, Höganäs mål nr M 217-00, (2001-10-31).
- Vänersborgs Tingsrätt, Miljödomstolen dom rörande Höganäs Aktiebolag, Höganäs mål nr M 217-00, (2004-12-22).
- Östersunds tingsrätt, Miljödomstolen, Deldom rörande Ovako Steel Aktiebolag. Mål nr M 146-99, M 147-99 (1999-12-21).

Personlig kommunikation

- Berg Markus, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Carlsson Göran, SSAB Svenskt Stål AB, personlig kommunikation, 2005
- Eriksson Hans, Lulekraft, personlig kommunikation, 2005
- Jansson, A., Avskiljning av koldioxid inom stålindustrin, KTH/Jernkontoret, Rapport TO51 – Energi- och Ugnsteknik, juli 2003
- Karlsson Owe, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Kärsrud Kim, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Lindblad Birgitta, Jernkontoret, 2005.
- Lundkvist Johan, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Nydahl, Pernilla, Höganäs AB, 2005.
- Pein Katarina, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Sandberg Bertil, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Segeer Mikael, SSAB Tunnsplåt AB, personlig kommunikation, 2005
- Sundelin Bo, SSAB Oxelösund AB, personlig kommunikation, 2005
- Wikström, J-O., Ekologisk stålproduktion – slutrapport; Utredning rörande övergång till ekologiskt hållbar stålproduktion, särskilt vad gäller utsläpp av koldioxid, vid

Bilaga 1

Produktionsförändring hos de malmbaserade verken

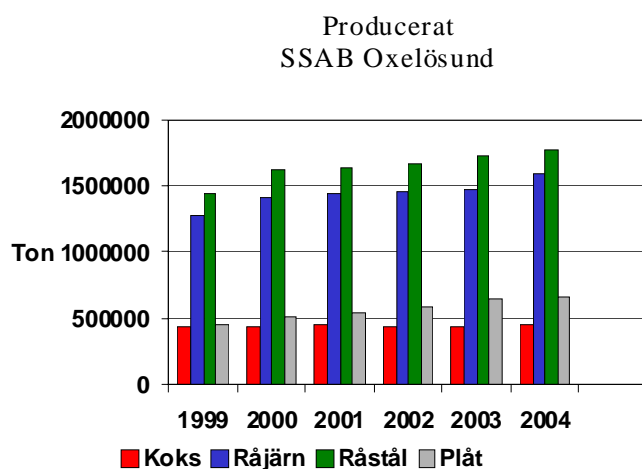
SSAB Oxelösund AB

Tabell 1 nedan visar produktionen i Oxelösund under 2004

Tabell 1 Delar av SSAB Oxelösunds produktion 2004

Produkt	Tillståndsgiven produktion	Faktisk produktion/förbrukning	
		Ton	Förändring sedan 2003
Koks, internt	530 000	445 821	4 648
Koks, externt		214 039	45 522
Injektionskol	180 000	154 539	17 544
Skrot, externt		99 783	
Skrot, internt		268 042	
Hyttsten		278 723	132 575
Hyttsand		30 811	344
Merolit		7 399	4 955
Merit 500		16 163	-4 083
M-kalk		8 085	394
LD-sten		5 509	-4 697
Ammoniumsulfat		7 820	-763
Magnesit		14	0
Brun järnoxid		20	-3
Råjärnsskrot		10 455	-1 611

Figuren nedan visar utvecklingen av produktionen av de huvudsakliga produkterna vid SSAB i Oxelösund under de senaste fem åren.



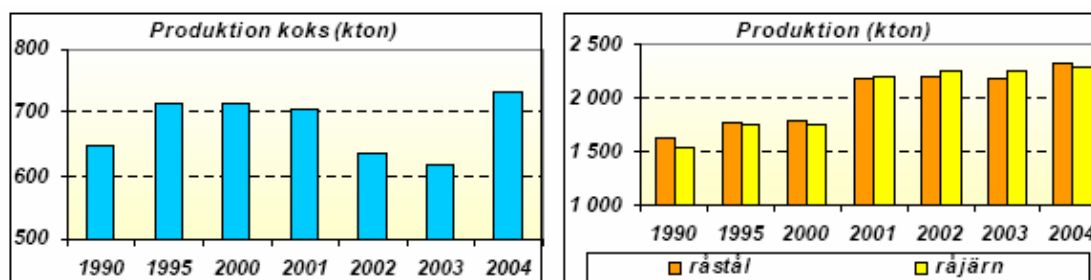
Figur.1. Produktion vid SSAB i Oxelösund.

SSAB Tunnpålat AB

Tabell 2 Årsproduktion i kton 2003-2004, SSAB Tunnpålat.

Produktion	2004	2003	Tillstånd
Rampkoks	733	619	800
Råbensen	8,4	6,7	11
Tjära	28,2	24,5	-
Svavel	1,5	1,0	-
Koksgas (Mm3)	353	294	-
Råjärn	2 296	2 265	2 500*
Injektionskol (förbrukat)	319	303	460
Masugnsslagg	364	376	-
Galtjärn	67,1	129	-
Masugnsgas (Mm3)	3 333	3 365	-
Avsvavling råjärn	2 172	2 118	-
Råstål (LD-konverterar)	2 330	2 187	2 500
Legerat stål till S45 (Cas-ob)	2 328	2 161	2 500
Vakuumbehandlat stål (RH-ugn)	260	298	1 000
Ämnen (prima slabs)	2 171	2 044	2 500
LD-gas (levererad, Mm3)	196	169	-

* Tillfälligt tillstånd. Permanent ansökan är inlämnad till MD.



Figur.2. Årsproduktion av koks, råstål och råjärn, SSAB Tunnpålat

Miljöförbättringsarbete

Efter ansökan enligt miljöbalken kan verksamheten uppfylla åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar enligt förordning SFS 2004:989. Kraven har jämförts och överensstämmer med IPPC:s BAT-dokument från år 2000.

Nedan redovisas en del av de projekt som pågår eller som utförts under året i syfte att helt eller delvis ge förbättringar i miljöprestanda

Aktiviteter i anläggningar

Försök med injektion av hyttsot via en forma (M3)
 Batterireparationer, etapp 3 KV (koksverk)
 Tillsatts av LD-slam i LD för att ersätta pellets

Påverkar miljöaspekter

Energi, transporter, avfall
 Stoff, NO_x, SO₂, CO₂

Bilaga 2

Masugnsslagg – Processer och applikationsområden²⁵

Framställning

Masugnsslagg (BF) är en biprodukt i tillverkningen av råjärn i Masugn och bildas av råmaterialen kalksten och kiselinnehållande mineral. Slaggsammansättningen är noga styrd i masugnprocessen för att bilda en metallfri glassmäta, till skillnad från andra metallinnehållande slaggar från metallurgiska stålprocesser. Genom att styra svalnings/kylningsförloppet får den smälta masugnsslaggen (glassmätan) helt olika materialegenskaper i fast form. Exempel på möjliga egenskaper är hårdhet, hög hållfasthet, bindningsegenskaper (cement) och fastläggning/sorption av fosfor och tungmetaller från avlopp eller förorenad mark.

Efter tappning kan den smälta masugnsslaggen behandlas på i huvudsak två sätt, långsamsvalning (luftsvälning) eller snabbkylning (vattengranulering)

Långsamsvalning

Vid långsamsvalning erhålles ett kristallint material innehållande naturligt förekommande mineral. Vid tillverkning av ”Hyttsten” inom SSAB/SSAB Merox AB, kyls den smälta masugnsslaggen på ett sådant sätt att ett finkristallint material med viss porighet erhålls. Den framställda Hyttstenen får därigenom unika konstruktionsegenskaper av hög kvalitet, med syfte att användas som konstruktionsmaterial vid anläggningsarbeten. Hyttsten har även ett flertal användningsområden utanför anläggningsverksamhet, som t.ex. jordförbättringsmedel, bäddsand i fluidiserande pannor samt filter av olika slag.

Snabbkylning

Vid snabbkylning av slaggsmätan erhålles ett glasigt/amorft material med latent hydrauliska egenskaper (cementbindning). Den i praktiken enda förekommande processen är genom vattengranulering. Vattengranulering och tillverkning av ”Hyttsand” förekommer i Sverige idag bara vid SSAB Merox anläggning i Oxelösund.

Svensk produktion

Totalt produceras ca 600 000 ton masugnsslagg per år i Sverige vid SSAB:s anläggningar i Oxelösund (ca 300.000 ton) och Luleå (ca 300.000 ton). I Borlänge finns idag ingen metallurgi.

Oxelösund

I Oxelösund tillverkas både Hyttsten (luftkyld) och Hyttsand (vattengranulerad). Fördelningen mellan luftkyllning/vattengranulering styrs av försäljningen. Ca 70 % luftkyls till hyttstensprodukter och ca 30 % vattengranuleras till hyttsandsprodukter av olika slag. All masugnsslagg säljs idag i form av olika produkter med specifika egenskaper, inga lager eller deponier av masugnsslagg finns i Oxelösund.

Luleå

I Luleå tillverkas idag enbart Hyttsten med inriktning på anläggningsverksamhet. Ingen process för snabbkylning finns idag.

²⁵ Information från Merox AB, Torbjörn Carlsson och Cementa AB. Ref: Stripple, H., Sternhufvud, C., Skårman, T., Utredning om möjligheterna att minska utsläppen av fossil koldioxid från mineralindustrin, IVL B rapport xxxx, 2005.

Beroende på aktiviteten på anläggningsidan förekommer tidvis lagerläggning av Hyttsten.

Produktområden

Produkter från masugnsslagg används och har en stor potential inom följande produktområden:

Cement och byggnadstekniska bindemedel.
Produkter för anläggningsverksamhet
Jordförbättringsmedel
Miljö/Sanering
Andra applikationer

Cement och byggnadstekniska bindemedel

Att glasig masugnsslagg, från den på 1850-talet introducerade koksmasugnen, hade cementegenskaper upptäcktes 1862 i Tyskland. Tidigt efter upptäckt startade i Tyskland en tillverkning av kalkaktiverad masugnsslaggcement. Kring 1870 introducerades den typ av blandcement med portlandcement som är den typ av slaggcement som används än idag i hela världen. Många kända byggnadsverk från mitten och slutet av 1800-talet byggdes med slaggcement. T.ex. tunnelbanesystemet Metron i Paris.

Slaggcementets egenskaper är väl dokumenterade under lång tid. Oberoende om slaggen separatomals (GGBS) eller produceras till färdigt cement, får ”bindemedlet” i betongen samma egenskaper.

Principiellt kan mald granulerad masugnsslagg användas som bindemedel på två sätt:

1. Masugnsslaggen levereras till cementindustrin som sam-/separatomaler slaggen för tillverkning av olika cementtyper.
2. Masugnsslaggen separatomals och marknadsförs som ett mineraliskt tillsatsmaterial. Internationell beteckning GGBS.

I Europa används slagg i huvudsak enligt punkten 1. England har sedan slutet av 70-talet haft en omfattande användning av GGBS i konventionell betong. I övriga europeiska länder har GGBS används i mindre skala. I Sverige och Finland har produktionen av GGBS legat kring 30.000 ton/år under de senaste 15 åren.

SSAB Merox har tillverkat GGBS sedan början av 80-talen. Produkten, kallad Merit 5000, utvecklades i första hand för att få optimala flytegenskaper/reologi hos golvavjämningsmassor, men också med tanke på korttidshållfasthet för betongprodukter. Största enskilda tillämpningen för Merit 5000 har varit i golvavjämningsmassor. Totalt har ca 1,3 miljoner ton avjämningsmassor tillverkats, baserat på Merit 5000.

Under de senaste åren har en ökad användning av Merit 5000 skett inom markstabilisering/solidifiering och för att binda tungmetaller, i första hand kvicksilver. Denna utveckling har skett i samarbete mellan Cementsa och SSAB Merox. Idag används Merit 5000 bland annat som specialbindemedel för att binda kvicksilver i filteraska från krematorier.

Fördelarna med GGBS jämfört med slaggcement är flexiblare recepturer, där även andra aktiveringsmedel och tillsatsmaterial lätt kan kombineras. T.ex. är avjämningsmassor i mycket hög grad baserade på aluminatcement. Vid markstabilisering/solidifiering/sanering kan lätt blandförhållanden och tillsatsmaterial ändras på basis av förprovning och variationer i fält.

Produkter för anläggningsverksamhet

Hyttsten

Hyttstens unika egenskaper är framför allt lägre värmekonduktivitet och högre bärighetsegenskaper än traditionella vägbyggnadsmaterial, egenskaper som gör att vägen kan byggas tunnare. Ett ton Hyttsten kan ersätta upp till tre ton traditionella material, genom att man även sparar schakt. Idag utnyttjas också hyttstenens högre bärighetsegenskaper för att möta en framtida högre trafikbelastning.

Merolit

Merolit är en ”markbetong/vältbetong” helt baserad på masugnslaggprodukter. Används i huvudsak till hårt belastade industriytor samt hårdgjorda ytor inom jord- och skogsbruk.

Hyttsand

Hyttsand används som lättbalast vid framför allt ombyggnation. Hyttsand ersätter här traditionella lättbalastmaterial som cellplast och lättklinker. Hyttsanden har en mycket stor fördel i att den kan trafikeras vid byggnation, vilket traditionella material ofta inte klarar.

Merit 5000/GGBS

Merit används på anläggningssidan främst inom masstabilisering av organogena jordarter (torv, gyttja) och som tillsatsmaterial till asfaltbetong för att höja vidhäftningen till ballasten.

Jordförbättringsmedel

M-kalk är ett kalk- och jordförbättringsmedel baserat på mald Hyttsten. M-kalk är, förutom att vara ett rent kalkningsmedel, även ett magnesium-gödselmedel. Innehållet av mangan och kisel är också positivt ur näringssynpunkt. M-kalk är kravgodkänd.

Miljö/Sanering

Masugnslagg har förmågan att binda fosfor och vissa metaller, främst kvicksilver, kadmium och bly, genom kemiska reaktioner. Detta kan utnyttjas i olika tillämpningar som filter, barriärer, bindemedel vid solidifiering m.m. En intensiv forskning och utveckling pågår för närvarande kring masugnslaggens och även andra restmaterials sorptionsegenskaper.

Andra applikationer

Underlag för ridbanor, Paddex; En hyttstensprodukt från SSAB Merox som marknadsförs och säljs över hela landet.

Bäddsand för fluidiserande pannor: Mycket positiva resultat från driftförsök med produkter framtagna från Hyttsand. En utveckling som har skett i samarbete med Ångpanneföreningen och CTH. Denna användning är dock fortfarande i utvecklingsstadiet.

Sandningssand för halkbekämpning: En hyttstensprodukt som har mycket hög friktion och lång livslängd/funktion på vägen.

Masugnslagg kan också utgöra råvara för andra applikationer som t.ex. mineralullstillverkning. Masugnslagg har tidigare använts som råmaterial vid framställning av mineralull i Sverige.

Mängd masugnsslaggprodukter per produktområde idag	Oxelösund	Luleå
	kton/år	kton/år
Cement och byggnadstekniska bindemedel.	50	0
Produkter för anläggningsverksamhet	150	300
Jordförbättringsmedel	10	0
Miljö/Sanering	10	0
Andra applikationer	80	

Miljöaspekter

Råmaterialen till masugnsslaggen genomgår en fullständig kalcinering i masugnprocessen och får därigenom stor likhet med cementklinkertillverkning. I likhet med cement är kalcineringsprocessen till viss del reversibel och produkter av masugnsslagg tar även de upp CO₂ under användningsfasen, dock i mindre grad än cement tillverkad från klinker.

Vid användning av masugnsslagg kan reduktionspotentialen av CO₂ beräknas dels utifrån kemisk stöikiometri, dels utifrån ekvivalent funktionell enhet. Med ekvivalent funktionell enhet menas t.ex. en mil färdig väg, ett specifikt saneringsobjekt etc.

Vid beräkning av reduktionspotentialer för slagg är det viktigt att göra detta utifrån ett systemperspektiv. Kalksten (CaCO₃) tillsätts masugnen som slaggbildare. Detta innebär att även för slaggen drivs CO₂ av från materialet så i detta avseende skiljer sig inte slagganvändningen från klinkerproduktionen i så stor utsträckning. Energiförbrukningen och därmed CO₂-emissionen kan dock bli lägre genom att slaggen kan användas två gånger, dels för att först producera järn sedan en andra gång vid cementtillverkning. CO₂-emissionerna kan således delas mellan ståltillverkningen och användningsapplikationerna som t.ex. cementproduktionen.

I andra tillämpningar med masugnsslagg är reduktionspotentialen inte lika uppenbar, som t.ex. vid anläggningsverksamhet. Men även här kan reduktionspotentialen bli betydande genom att t.ex. ersätta traditionella lättbalastmaterial, vilket ger mindre CO₂-utsläpp vid produktionen samt möjlighet att trafikera under byggnation vilket ger kortare transporter och även det mindre CO₂-utsläpp.

Nya bindemedel baserade på GGBS för solidifiering och sorption är ett bra exempel på ekvivalent funktionell enhet, då alternativet till att solidifiera och fastlägga med hjälp av dessa bindemedel är att gräva upp stora mängder material och transportera bort dessa, i många fall långt, för deponering eller destruktion. Det senare förfarandet leder till stora transportrelaterade CO₂-utsläpp, samt stora sår i naturen.

Naturligtvis utgör en viss mängd masugnsslagg ett bra komplement till andra råvaror och en bra CO₂-besparing men då masugnsslaggen även har andra unika egenskaper vilka är värdefulla, vore det olyckligt om all masugnsslagg gick till cementproduktion då dessa andra egenskaper är svåra att ersätta.

Marknadsaspekter på slaganvändning vid cementtillverkning

På den Nordiska marknaden finns tre producerande företag av slagg för cementindustrin: SSAB/Merox i Sverige, Rautaruukki i Finland och Cherepovets i Ryssland. Slaggen använd som råmaterial vid klinkerproduktion, som tillsats i cementen eller som separat tillsats för inblandning i betong. Marknaden har aldrig varit särskilt stor och uppnått högst några procent av den totala cementproduktionen. Från slutet och 1970-talet till slutet av 1980-talet tillverkades i Köping ett cement med 65 % GBS från SSAB i Oxelösund. Cementen (massivcement) användes till dammbyggen i vattenkraftverk och till mycket tjocka väggkonstruktioner. Försäljningen var låg, ca 20 kton/år, då få vattenkraftverk byggdes under 1980-talet. Sprickbildningar kunde senare hittas i kon-

struktionerna, troligen beroende på höga fukt- och temperaturgradienter. Från 1950 till 1974 tillverkades ett cement med 50 % GBS under namnet ”vulkacement” Senare reducerades mängden slagg till 25 % för att förbättra gjutegenskaperna vintertid. Idag tillverkar Cementa vissa byggcement med ca 3 % slagginnehåll.

I Finland tillverkades ett cement med 50 % slagg under 1950- och 1960-talen för tunga infrastrukturapplikationer och fungerade väl för dammkonstruktioner i norra Finland. Produktionen lades ner när marknaden försvann. Försök gjordes med produktion av ett cement med 70 % slagg men detta nådde aldrig några stora volymer. Det enda slagginnehållande cement som Finncement producerar och som accepteras på marknaden idag är ett cement med 10 % slagginnehåll.

Potential för ökad användning av masugnsslagg vid cementtillverkning

Reduktion av klinkerinnehållet i cementen

Potentialen ligger i en övergång (förutsatt att marknaden kan acceptera detta) från byggcement till ett typ II A-M där slagghalten kan ökas med drygt 10 % och klinkerandelen minskas med 5 %, vilket skulle öka CO₂-effektiviteten med 44 kton CO₂ per år. I dagsläget finns inget överskott av granulerad masugnsslagg i Sverige. Produktutveckling av nya produkter med slagg och cement inom solidifiering, sanering, millfill, masstabilisering väntas få en ökad användning. SSAB/Merox planerar att bygga ut slagg-granuleringskapaciteten år 2010/2011 och skulle då tillföra 120 kton på marknaden som har potential att bl.a. gå till cementprodukter.

Potential för cementtillverkningen

Potentialen för Byggcement är en ökning med ca 120 000 ton slagg med en övergång till IIA-M-cement vilket torde öka CO₂-effektiviteten med i storleksordningen 40 000-50 000 ton CO₂ för cementindustrin. I ett systemperspektiv kan dock tilläggas att den ökade CO₂-effektiviteten kan blir lägre då man förlorar i effektivitet i den alternativa användningen av den begränsade masugnsslaggmängden. En förutsättning för ökad slagganvändning är dock att man får marknadsacceptans för en sådan åtgärd.

En sammanfattning av dagens användning och en framtida potentiell användning av granulerad masugnsslagg (GBS) ges nedan.

Användning idag:

Mald ren GBS, Merit 5000, för bl.a. spackel: 25 kton.

I konventionell cement: 25 kton

Inget överskott på GBS finns idag från masugnarna.

Planer på utökad granuleringskapacitet finns i Oxelösund till år 2010/2011 med ca 120 kton.

Framtida potential:

I konventionell cement i Sverige, potentiell ökning 120 kton.

Nya miljöanpassade (bl.a. CO₂) produkter inom bindemedel (masstabilisering m.m.) på sikt >150 kton.

Bilaga 3

Koldioxidavskiljning²⁶

Historik

Koldioxid har sedan länge avskilts på kemisk väg i anläggningar för produktion av ammoniak eftersom den utgör ett gift för katalysatorn. Den avskilda koldioxiden säljs i vätskeform till livsmedelsindustrin eller används som råvara för produktion av gödningsmedlet Urea. I kommersiellt syfte har också sedan länge koldioxid avskilts ur rökgas från pannor (boilers) på olika anläggningar. Också i det fallet utgör livsmedelsindustrin en köpare av den avskilda koldioxiden. Den används också som råmaterial för tillverkning av Na_2CO_3 (soda ash). En annan slutanvändning för koldioxiden är så kallad ”Enhanced Oil Recovery”, EOR. EOR innebär att koldioxid injiceras i oljereserver för att förbättra reservens egenskaper.

Sedan utsläppen av koldioxid började uppmärksammas som miljöproblem har avskiljning tillämpas också på kraftverk, vilka har en mycket stor koldioxidproduktion. Syftet med avskiljningen är inte längre kommersiellt och mängden producerad koldioxid är för stor för marknaden och kan inte säljas vidare varför koldioxiden måste lagras. Att avskilja koldioxid det inte finns en kommersiell marknad för är alltså mer eller mindre kostsamt.

Avskiljningstekniker

Det finns principiellt två möjligheter att skilja koldioxiden från de andra förbränningsprodukterna:

1. Antingen väljer man att angripa rökgaserna. Teknikerna för detta är många och deras lämplighet beroende på rökgasernas egenskaper. Rökgasens egenskaper beror i sin tur på vilket bränsle och vilken brännarteknik man använder. Vid förbränning med luft kommer rökgasen att innehålla stora mängder kväve, vilket gör att andra avskiljningstekniker är lämpliga än när rent syre används som oxidationsmedel och rökgaserna därför innehåller mycket höga koncentrationer av koldioxid.²⁷
2. Alternativet är att skilja av bränslets kol redan innan förbränningen genom att omvandla bränslet till vätgas och kolmonoxid. Efter ett ”shift” av kolmonoxiden till koldioxid, avskiljs koldioxiden från vätgasen, varvid förbränningen sker med i stort sett ren vätgas. Konverteringen av bränslet till vätgas och kolmonoxid, efterföljande shift och avskiljning liknar stegen i ammoniakproduktionsprocessen. Koldioxidhalten i avskiljningsstegen är 35-40 % och alltså ganska hög, med ett tryck som i regel är högre än atmosfärstryck vilket underlättar koldioxidsepareringen.

²⁶ Mycket av informationen är hämtat från: Jansson, A., Avskiljning av koldioxid inom stålindustrin, KTH/Jernkontoret, Rapport TO51 – Energi- och Ugnsteknik, juli 2003

²⁷ Förbränning i syrgas med återcirkulation av rökgaser och därpå följande separation av CO_2 . Fördel: rökgaserna består huvudsakligen av koldioxid och vattenånga, relativt enkelt att avskilja koldioxiden. Nackdel: i princip omöjligt att i praktiken undvika inläckage av luft i ugnen. Framställningen av rent syre är energikrävande.

För alternativ 1, d.v.s. avskiljning av koldioxid från rökgaser finns det många metoder och deras grad av kommersialisering varierar kraftigt; vissa befinner sig fortfarande på laboratorieskala medan andra tillämpats industriellt i decennier. Teknikerna kan delas upp i följande grupper:

Teknik	Kort beskrivning	Kommentar
Kemisk absorption	Skrubning av CO ₂ -haltig gas med något kemiskt lösningsmedel, ofta vattenlösning av aminer (monoetanolamine, MEA) eller varm K ₂ CO ₃ med efterföljande tryck/temperaturstyrd CO ₂ -avdrivning.	Det finns även hybrider av kemiska och fysikaliska lösningsmedel
Fysikalisk absorption	CO ₂ löses i ett fysikaliskt lösningsmedel och binds således inte kemiskt (se ovan). Koldioxiden frigörs genom att man lättar på trycket. Exempel på patenterat lösningsmedel för CO ₂ är Selexol.	
Adsorption	Användning av fasta materials egenskaper att separera ut CO ₂ ur en gasström. De fasta materialen kan vara t.ex. zeoliter eller aktivt kol.	
Membranteknik	Använder gasers olikheter vad gäller fysikaliska eller kemiska egenskaper för att med membran avskilja CO ₂ .	
Kryogena tekniker	Avskiljning genom kylning och kondensering. Används vanligen för gasströmmar med hög halt av CO ₂ (>90 %)	
Hydratseparering	Termodynamiska beräkningar har visat att en mycket stor del av koldioxid skulle kunna separeras från en processgas som hydrater i en vattenlösning.	
Biotekniska lösningar	Nytt forskningsområde där man med hjälp av t.ex. enzymer eller andra biologiska processer skall kunna avskilja CO ₂ .	

Storvolym transport av separerad CO ₂
Tankfartyg
Rörledning
Tankbil

Lagringstekniker

Om avskild koldioxid inte kan nyttiggöras måste den lagras. Koldioxiden kan lagras i fast, flytande eller gasform eller möjligtvis bundet i mineral. Lagringen kan ske på följande sätt:

- Deponi i akvifärer
- Deponi i kolformationer
- Lagring i tömda oljekällor
- Havsdeponi
- Deponi genom mineralkarbonatisering

Lagringsplatser som undersökts är saltvattenakvifärer, olje- och gasfält, kolfyndigheter eller havet. I fast form eller som mineral kan koldioxiden lagras på land.

En stor potential för lagring finns i saltvattenakvifärerna och i djuphaven. Naturgasfältet Sleipner utanför Norges kust är ett exempel på utnyttjandet av en saltvattenskvifär för lagring. Man har undersökt tillgången av lämpliga akvifärer i delar av Skåne och Östersjön och hittat åtminstone en lämplig akvifär, som sträcker sig sydvästra Skåne mot Danmark och Tyskland och ligger inom Sveriges gränser.

Kostnadsuppskattningar för avskiljning av CO₂

Denna teknik att reducera CO₂-emissionen är relativt ny och under utveckling även om forskning och försöksverksamhet har pågått under flera år. Någon erfarenhet från fullskaleapplikation av dessa processer finns inte så kostnadsuppskattningarna får betraktas som osäkra. Beräkningar som gjorts visar på avskiljningskostnader runt 30-50 US \$/ton avskilt CO₂ för stora elkraftverk²⁸. Detta skulle då också medföra att energieffektiviteten på anläggningarna reducerades med i storleksordningen 8-13 %. Anläggningar i drift i USA rapporterar dock en kostnadsnivå för avskiljning på 100 US \$/ton CO₂ för kraftgenerering och 35-100 US \$/ton CO₂ vid andra industriella applikationer. Kostnaderna för transporter av CO₂ till lagringsplatserna har också uppskattats. Beräkningarna visar på en kostnadsnivå runt 1-3 US \$/ton CO₂²⁹.

²⁸ IEA International Energy Agency, CO₂ Capture at Power Stations and Other Major Point Sources (2003).

²⁹ IEA International Energy Agency, CO₂ Capture and Storage in Geological Formations (2003).