

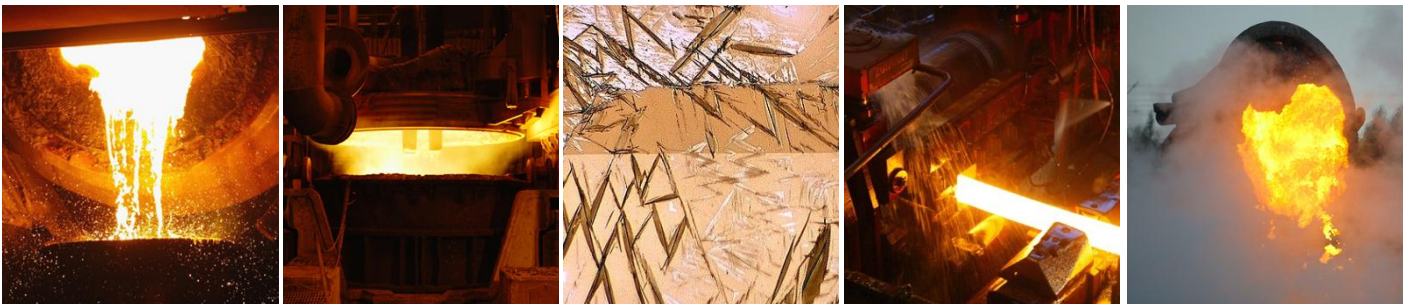
JERNKONTORETS FORSKNING

D 861

Robusta energi- och klimatindikatorer för stålindustrin

Johannes Morfeldt, Semida Silveira, Tomas Hirsch,
Susanne Lindqvist, Magnus Pettersson, Jan Pettersson och
Alena Nordqvist

Kommitté 98404 publicerad 2015-02-28



Sammanfattning (svenska och engelska)

Traditionellt använda indikatorer för att utvärdera energieffektivisering och växthusgasutsläppsminskning är energi per ton av ett produktslag, energi per förädlingsvärde, energi per produktionsvärde, växthusgasutsläpp per ton av ett produktslag, växthusgasutsläpp per förädlingsvärde samt växthusgasutsläpp per produktionsvärde. Inom järn- och stålsektorn används framför allt den fysiska indikatorn energi per producerat ton råstål. Detta forskningsprojekt har haft som mål att utvärdera och vidareutveckla energiindikatormetodologin. Sandvik Materials Technology (SMT), Höganäs Sweden AB och SSAB EMEA deltagit med detaljerade, specifika, företagsdata och insikter i produktion och marknad. Företagen representerar olika sätt att framställa stål i Sverige och kan därför anses i ett vidare perspektiv representera svensk stålindustri. Ett stort steg har tagits genom att skapa en bättre förståelse för hur företags strukturer och verksamheter påverkas av olika externa faktorer och på vilket sätt det speglas i de traditionella energieffektivitetsindikatorerna. Traditionella indikatorer är idag inte robusta nog att användas för att följa upp, eller styra, annat än separata processer inom företagen. De bör därför inte utgöra underlag för lagstiftning eller tillståndsprövning. De mer vidareutvecklade indikatorerna, som tagits fram i denna studie, är inte heller tillräckligt robusta för att användas för styrning, men kommer till rätta med några av de effekter som påverkar de traditionella. Effektivitetsindex baserade på den fysiska produktionsindikatorn minskar påverkan av strukturförändringar. Den ekonomiska produktionsindikatorn fångar tydligt produktvärde, men är starkt kopplad till det ekonomiska klimatet. Antalet parametrar som påverkar energieffektiviseringen är stort och endast ett fåtal har fortfarande beaktats. Energieffektivisering som har gjorts inom ramen för PFE syns i resultaten. Det är viktigt att utvecklingsarbetet kring indikatorer fortsätter då energi- och CO₂-effektivitet är en central fråga både för stålindustrin och för samhället.

Traditionally used indicators for evaluating energy efficiency and decrease of greenhouse gas emissions are energy per ton product, energy per value added, energy per production value, greenhouse gas emissions per ton product, greenhouse gas emissions per value added and greenhouse gas emission per production value. Within the iron and steel sector mainly the physical indicator energy per produced ton raw steel is used. This research project has aimed at evaluating and further developing the energy indicator methodology. Sandvik Materials Technology (SMT), Höganäs Sweden AB and SSAB EMEA have participated with detailed, specific, company data and deep understanding of production and market. The companies represent different ways of producing steel and can therefore in a wider perspective be seen as representing the Swedish steel industry. A large step forward has been taken by increasing the understanding for how company structures and activities are affected by different external factors and how that is mirrored in the traditional energy efficiency indicators. Traditional indicators are today not robust enough to use for monitoring or governance, other than of separate processes within the companies. They should therefore not be used as a basis for policy making or reconsideration and updating of permit conditions by authorities. The further developed indicators, presented in this work, are still not robust enough for governance, but alleviate some of the effects influencing the traditional indicators. The efficiency indexes based on the physical production indicator decreases the influence of structural changes. The economical production indicator captures the value creation in a better way, but is strongly connected to the economic climate. A large number of parameters affect energy efficiency and still only a few have been considered. Energy efficiency achieved within the PFE program is visible in the results. It is very important to continue the development of indicators since energy and CO₂ efficiency are central issues for both the steel industry and the society.

Nyckelord:

Energy efficiency, CO₂ emissions, Energy indicators, CO₂-indicators, governance, monitoring, specific energy consumption, iron and steel industry, traditional indicators, developed indicators

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning.....	4
2	Mål.....	5
3	Teoretisk/teknisk bakgrund.....	6
4	Metod	7
5	Resultat.....	10
6	Diskussion.....	13
7	Slutsatser	15
8	Nyttiggörande av resultat och fortsatt arbete	16
9	Hållbarhet	17
10	Referenser	18
11	Övrig information.....	19

1 INLEDNING

Stålföretag arbetar ständigt med att öka sin energi- och processeffektivitet för att kunna konkurrera på världsmarknaden. Under många år var drivkraften att minska kostnaderna, men allt sedan kunskapen om koldioxidens roll för klimatpåverkan blev känd, har miljödrivkraften också blivit mycket stark. Det har blivit allt viktigare att kunna mäta energieffektivisering och processeffektivitet, i både energi- och CO₂-termer, för företag och för myndigheter. Ny lagstiftning, såsom energieffektiviseringsdirektivet, driver fram behovet hos företag att ännu tydligare kunna visa på sin energieffektivisering. För myndigheter är behovet av uppföljning av och styrning mot energieffektivisering av stor vikt.

Traditionellt används följande indikatorer för att utvärdera energieffektivisering och växthusgasutsläppsminskning:

- energi per ton produkt
- energi per förädlingsvärde
- energi per produktionsvärde
- växthusgasutsläpp per ton produktslag
- växthusgasutsläpp per förädlingsvärde
- växthusgasutsläpp per produktionsvärde

För järn- och stålsektorn används framför allt den fysiska indikatorn ”energi per producerat ton råstål”. Denna indikatorns förmåga att beskriva trenderna inom den verkliga energieffektiviseringen är omdiskuterad. Att mäta energianvändning per ton råstål kan vara missledande för företag som producerar stål av mycket hög kvalitet, där mer energi används i förädlingsprocessen. Vid jämförelse med enklare stål framstår då det högkvalitativa stålet som mindre energieffektivt, även om det senare i användning kan ha mycket bättre prestanda och i sin helhet spara energi.

Energieffektiviseringsindikatorerna som relaterar till ekonomiska mått påverkas av en mängd externa faktorer som egentligen inte har med effektiviteten i energianvändningen att göra. Sådana faktorer är exempelvis energi- och råmaterialpriser, pris på stål och skrot, produktionsnivåer, BNP tillväxt, utsläppsrättspriser och andra styrmedel. Det är viktigt att förstå i vilken grad dessa externa faktorer påverkar de konventionella indikatorerna. Då kan det också avgöras om indikatorerna är robusta nog att användas för att mäta energieffektivitet. Genom att analysera robustheten kan olika faktorer påverkan förstås och användas för att förbättra befintliga indikatorer eller ta fram nya.

Detta forskningsprojekt, finansierat av Energimyndigheten och stålindustri, har haft som mål att utvärdera och vidareutveckla energiindikatormetodologin. För att kunna göra verklighetsnära beräkningar har Sandvik Materials Technology (SMT), Höganäs Sweden AB och SSAB EMEA deltagit med detaljerade, specifika, företagsdata. Företagen representerar olika sätt att framställa stål i Sverige och kan därför anses i ett vidare perspektiv representera svensk stålindustri. SMT utvecklar och tillverkar avancerade rostfria stål utgående från skrot, Höganäs utvecklar och tillverkar stålpulver för avancerade friformsprodukter och SSAB utvecklar och tillverkar höghållfasta specialstål från malm. Energimyndighetens medel har finansierat doktoranden Johannes Morfeldt och hans handledare Semida Silveira.

2 MÅL

Robustheten hos traditionella indikatorer för energianvändning och växthusgasutsläpp, som mått på energieffektivisering och utsläppsminskning, ska ha beräknats genom att analysera effekten av faktorer såsom energipriser, råmaterialpriser, förädlingsgrad, pris på stål, energiskatter, utsläppsriktpriser, produktionsnivåer och BNP-tillväxt.

Utifrån kunskapen om hur de olika faktorerna samverkar och påverkar indikatorerna skall förslag på nya eller modifierade indikatorer utformas och värderas. Metoden för att bedöma indikatorer ska ha vidareutvecklats, eventuella dataluckor ha identifierats och de nya indikatorernas robusthet bedömts. Inverkan av användning av specifika företagsdata ska ha jämförts med nationell statistik för att klargöra vilken typ och kvalitet på data som krävs för att öka indikatorers tillförlitlighet.

Resultaten är främst avsedda att användas av Energimyndigheten och stålföretagen.

3 TEORETISK/TEKNISK BAKGRUND

Traditionellt använda indikatorer för att utvärdera energieffektivisering och växthusgasutsläppsminskning är energi per ton av ett produktslag, energi per förädlingsvärde, energi per produktionsvärde, växthusgasutsläpp per ton av ett produktslag, växthusgasutsläpp per förädlingsvärde samt växthusgasutsläpp per produktionsvärde. Inom järn- och stålsektorn används framför allt den fysiska indikatorn energi per producerat ton råstål (Energimyndigheten, 2011a; Odyssee Mure, 2012). Dessa indikatorers förmåga att beskriva trenderna inom den verkliga energieffektiviseringen är dock omdiskuterat. Två betydelsefulla studier hävdar att indikatorer som baserar sig på fysiska enheter är att föredra eftersom den fysiska enheten produktion påverkas mindre av strukturförändringar inom sektorn i fråga. Indikatorer baserade på monetära enheter anses som mindre meningsfulla och svårare att relatera till de verkliga stålproduktionsprocesserna (Schenk & Moll, 2007; Worrell, Price, Martin, Farla & Schaffer, 1997).

Att mäta energianvändning per ton råstål är dock missledande för företag som producerar stål av hög kvalitet, där mer energi används i förädlingsprocessen. Vid jämförelse med enklare stål framstår det högkvalitativa som mindre energieffektivt, även om det senare i användning kan ha mycket bättre prestanda och i sin helhet spara energi. En nylig rapport från Energimyndigheten (2011b) kritiserar användningen av indikatorer baserade på fysiska enheter (exempelvis användandet av energi per ton råstål producerat av EU-projektet Odyssee) på grund av att värdet av energianvändningen som återfinns i täljaren inte hänförs till samma processer som använts för produktion av det råstål som återfinns i nämnaren. Detta ger speciellt stora fel när det gäller högförädlade och därmed mer energiintensiva stål vars energianvändning då jämförs med råstål, vilket har en låg förädlingsgrad. Rapporten visar även på svagheter hos indikatorer baserade på monetära värden i enlighet med tidigare nämnda studier. Schenk et al. (2007) och Worrell et al. (1997) stödjer användning av fysikaliska enheter men nämner även nackdelarna i anknytning till jämförelser mellan olika produktkvaliteter och rekommenderar fortsatt forskning för att komma till rätta med problematiken.

De energieffektiviseringsindikatorer som diskuteras ovan påverkas av en mängd externa faktorer som egentligen inte har med effektiviteten i energianvändningen att göra. Sådana faktorer är exempelvis energi- och råmaterialpriser, pris på stål, produktionsnivåer, BNP-tillväxt, utsläppsrättspriser och andra styrmedel mm. Det är viktigt att förstå i vilken grad dessa externa faktorer påverkar de konventionella indikatorerna. Då kan det också avgöras om indikatorerna är robusta nog att användas för att mäta energieffektivitet. Genom att analysera robustheten förstås olika faktorer påverkan och detta kan användas till förbättring av befintliga eller utveckling av nya energieffektiviseringsindikatorer.

4 METOD

Projektet var indelat i tre delar:

1. Jämförelse och analys av databaser som används för energieffektivitetsberäkningar idag
2. Analys av vilka faktorer som påverkar utfallet av befintliga energi- och klimatindikatorer genom att använda verkliga företagsdata med bedömning av indikatorernas robusthet.
3. Modifiering och vidareutveckling av indikatorer beskrivna i litteraturen och med användning av företagsspecifika data bedömning av dessas robusthet.

För jämförelsen av databaser inhämtades grunder, antaganden och data för databaserna Odysse, Eurostat, IEA och UN. Datamängderna jämfördes med årsvisa data under en period från år 1990 till 2012. Skillnaderna mellan databaserna och påverkan det har på lagstiftning diskuterades.

För analys av traditionella indikatorers robusthet samlades specifik data in hos de stålproducerande företagen som ingår i studien. All sekundär data som behövdes samlades från olika statistikkällor, såsom Jernkontoret, SCB och Eurostat. Data samlades in för varje månad under tidsperioden 2005 till 2012. Den statistiska analysen avsågs att genomföras med både top-down, Data Envelopment Analysis (DEA), och bottom-up, Regression Analysis (RA), metoder i ett första steg. Men det visade sig redan i början av arbetet att DEA gav en alldeles för svårtolkad bild vid analys av företagsdata och lämnades. Metoden användes dock i en top-down analys i ett angränsande forskningsarbete (Morfeldt&Silveria, 2014). RA är en väletablerad metod för att utröna hur väl trenderna som de traditionella indikatorerna uppvisar överensstämmer med de verkliga trenderna hos industrin (Mukherjee, 2008; Pardo Martínez, 2010; Pardo Martínez, C.I., & Silveira, 2012a, 2012b). De traditionella indikatorerna prövades genom statistiska test i RA mot olika externa faktorer som tros påverka trenderna. Faktorer som undersöktes återfinns i tabell 1.

Faktorer
Mängd råstålsproduktion
Mängd produktion intermediära produkter
Mängd produktion högvärdiga produkter
Använd kolmängd
Använd koksmängd
Använd mängd järnbriketter
Använd mängd järnsvamp
Använd mängd stålskrot
Använd mängd rostfritt stålskrot
Mängd såld energi
Utomhustemperatur
Kokspris
Skrotpris
Oljepris
Elpris
Naturgaspris
LPG-pris
Investeringsvolym
Antal anställda
BNP Sverige
Nettoprisindex

Tabell 1. Faktorer som analyserades vid undersökning av vilka faktorer som påverkar robustheten i traditionella indikatorer.

Ovanstående parametrar valdes för att de förväntas påverka energieffektiviteten, är mätbara och data gick att ta fram för stora delar av den valda perioden i de undersökta företagen. Energiskatter och utsläppsrättspriser ingick inte i studien då dessa företag betalar en mycket låg energiskatt och utsläppsrättshandeln har varit under infasning under den valda undersökningsperioden, varför inverkan av dessa faktorer inte förväntats ge något tolkningsbart resultat.

När indikatorer skulle förbättras respektive nya tas fram, inleddes arbetet med en diskussion kring faktorer som kunde påverka och hur de skulle kunna mätas. Under den första insamlingen av data gjordes erfarenheter som var användbara för denna diskussion. Det bearbetade resultatet från brainstormingen återfinns i tabell 2. Vikt står för hur mycket energieffektivisering kan påverkas, påverkbarhet talar om hur svårt det är att påverka energieffektiviseringen genom att påverka faktorn och mätbarhet anger hur lätt det är att mäta faktorn. Vikt, påverkbarhet och mätbarhet betygsattes med en skala 1-5, där 5 är högst, och multiplicerades för att få ett enkelt sätt att hitta de mest sannolika kandidaterna för en ny indikator.

Antalet möjliga parametrar är stort. Vikten för energieffektivisering är för många faktorer hög men både möjligheten att påverka och mäta är ofta begränsad. Tydligt är dock att många faktorer påverkar energieffektiviteten. Några av faktorerna har förutsättningar att användas, men att skapa ett kombinerat index av alla dessa parametrar visade sig vara ett alltför stort arbete för den tids- och resurshorisont som fanns i detta projekt. Datainsamlingsinsatsen skulle vara mycket omfattande och tidsödande. Slutligen valdes att undersöka en vidareutveckling av en indikator introducerad av Farla and Blok (2001) som tar hänsyn till produktmix och den energi/vinst som är förknippad med produkter som har olika hög förädlingsgrad, enligt följande:

$$\text{Effektivitetsindex} = \frac{\text{Aggregerad specifik energikonsumtion el CO2 emission}_{t=0}}{\text{Aggregerad specifik energikonsumtion el CO2 emission}_t}, \quad (\text{eq. 1})$$

$$\text{Aggregerad specifik energikonsumtion el CO2 emission} = \frac{\text{Total energikonsumtion el CO2 emission}}{\text{Fysisk el ekonomisk produktionsindikator}}, (\text{eq. 2})$$

$$\text{Fysisk produktionsindikator} = \sum_{i=1}^n \text{Produktion}_{i,t} \cdot \text{Specifik energi consumption el CO2 emission}_i. \quad (\text{eq. 3})$$

$$\text{Ekonomisk produktionsindikator} = \sum_{i=1}^n \text{Levererade produkter}_{i,t} \cdot \text{Vinst}_{i,t}, \quad (\text{eq. 4})$$

Detaljerade metodbeskrivningar finns i avhandlingen och de tre artiklarna som är resultatet av arbetet, kapitel 11 Publikationer inom projektet, och återges därför inte ännu en gång här.

Projektet har hållit 12 arbetsmöten där doktoranden, tillsammans med representanter för de tre ingående företagen och Jernkontoret, på djupet diskuterat data, metoder och resultat. Mellan mötena har företagsrepresentanterna säkerställt att relevant data tagits fram för arbetet, gjort analyser av resultat samt läst och kommenterat samtliga artiklar och rapporter. Doktoranden har i samarbete med sin handledare identifierat forskningsfronten, vidareutvecklat metodiken, sammanställt resultat och presenterat dem i artiklar för publicering. Utöver ovanstående arbete har tre referensgruppsmöten hållits. I referensgruppen ingick en representant för Energimyndigheten samt högre chefer för företagen och Jernkontoret. Syftet med referensgruppen var att förankra forskningen och få ytterligare input till utvecklingsarbetet. Arbetet har också presenterats och diskuterats på Jernkontorets Energiråd.

Område	Faktor	Påverkan kommentar (lokal, koncern, nationell, regional- EU, Global)	Vikt (V)	Påverkan (P)	Mätbarhet (M)	VxPxM	Möjligt måttal
Lönsamhet		Lokal lönsamhet påverkar vad som kan göras, lönsamhet ger frihetsgrader	4	1	5	20	Dagens definition, % av sysselsatt kapital, % av eget kapital, vinst/försäld produkt (kr/enhet)
Kundeferfrågan	Volym	Global	3	2	5	30	Ton, enheter, kr
	Miljövänlig produkt		5	1	1	5	Hur många kunder frågar efter certifiering eller
Produktmix	Produktionsmix	Koncern men svarar mot global efterfrågan	3	1	5	15	Finns siffror på produktionsmix
	Batchstorlek kundstyrd	Globalt	4	2	3	24	
Utbyte	Utbyte	Lokalt	5	5	4	100	% utbyte per process eller produktgrupp, måste läggas samman på olika sätt
	Kvalitetsutfall (anv till rätt produkt)	Lokalt	4	5	4	80	Kvalitetsbristkostnad, %, skiljer mellan företagen
Planering	Produktionsplanering	Lokalt	4	4	1	16	Rätt produkt i rätt tid
	Körfilosofi	Lokalt och koncern	4	4	1	16	
	Antal kvalitetsbyten	Koncern men svarar mot global efterfrågan	5	2	2	20	Per process eller produktionslinje, svårt koppla till produkter
	Stillestånd	Lokalt	4	3	5	60	Stoppetid uppdelad på orderbrist, underhållsbrist el dyl, anläggningsutnyttjande
Förädling	Antal processteg	Koncern men svarar mot global efterfrågan	3	1	5	15	Ur produktionsplan
	Förädlingsgrad	Koncern men svarar mot global efterfrågan	3	1	3	9	Legeringsinnehåll och förpackning en del av förädling
Tillverkningskedjan	Optimeringar i processkedjan	Lokal, koncern	5	2	2	20	KWh per ton i processtegen, men beroende av stillestånd o dyl
	Varmt/kallt flöde	Lokal, koncern	5	3	3	45	Beror på stillestånd mm men finns siffror %
Anläggningsutnyttjande	Anläggningsutnyttjande	Koncern men svarar mot global efterfrågan	4	3	3	36	% av X, finns lite olika siffror och definitioner
	Produktionsnivå	Global efterfrågan	5	1	4	20	Ton/månad
Processtyp	Typ av process/teknikval	Lokal, koncern	4	2	1	8	Kan beskrivas kvalitativt
	Skrot vs malmbaserat	Global efterfrågan	4	1	5	20	%
	Antal processteg	Lokalt men utgående från kundkrav	4	2	5	40	Ur produktionsplan
	Bränslebyten		2	2	5	20	Ja/nej
Systemgräns	Systemgräns fångar annat än stål	Nationell, regional/EU					
	Importerade basprodukter för vidareförädling	Koncern	1	2	5	10	Ton
	Möjlighet att använda biflöden till annat internt	Nationellt, lokalt	4	3	5	60	Ton
	Avsättning restenergi Väder	Nationellt, lokalt	5	2	5	50	KWh, GWh
	Biprodukter externt	Nationellt, lokalt, regionalt EU (REACH)	3	3	5	45	Ton, kr
	Briketter kol/stål (biflöde)	Lokalt	4	3	5	60	Ton
	Återanvända interna produkter (own scrap)	Lokalt	4	3	5	60	Ton
Nyinvestering	Investeringar (nya maskiner)	Koncern	4	4	5	80	Kr
	Ny kapacitet (ny av befintlig typ prod)	Koncern	5	4	5	100	Ton/år, ton/månad, finns kapacitet som inte påverkar totalkapaciteten (slutprodukt), kan även vara leveranssäkerhet
	Företagsförvärv	Koncern	2	4	5	40	Omsättning/år, antal produktionsenheter/år, marknadsvolym
	Tillkommande verksamhet (ny typ av produktion)	Koncern	4	4	5	80	Ton/år
Energieffektivisering		Lokalt, koncern					
Medvetenhet	Kompetens	Lokalt, nationellt	3	4	1	12	Andel anställda som gått kurser, antalet anställda med högskoleexamen med energiutbildning
	Intresse hos chefer	Lokalt, koncern	4	3	1	12	Antal förslag eller satsningar/tid
	Personals medvetenhet	Lokalt, koncern	3	3	2	18	Enkätundersökning
	Rutiner i arbetet	Lokalt, koncern	4	4	2	32	Finns rutiner?
	Personella resurser	Lokalt, koncern	5	5	5	125	Antal
	Företagskultur	Lokalt, koncern	4	2	1	8	Mycket subjektivt
	Hur styrsystem används	Lokalt	4	5	2	40	
Miljökrav		Nationellt, regionalt EU	3	2	3	18	Antal lagkrav, villkor, kryssfrågor för sammanvägning
Anläggningsstatus/typ	Batchstorlek anläggningstyp	Lokalt, koncern	4	2	5	40	
	Anläggningens prestanda idealt	Lokalt, koncern	4	5	3	60	Beror på ingående råvaror
	Ålder på utrustning	Lokalt, koncern	4	3	5	60	År
	Underhållsnivå	Lokalt, koncern	4	5	2	40	Bedomning av driftsledaren
	Anläggningens skick	Lokalt, koncern	4	4	2	32	
	Anläggningens storlek	Lokalt, koncern	4	2	5	40	Ton/batch, ton/h
Försörjningstrygghet	Yttre	Nationell, regional/EU	5	1	4	20	%, utfall, vad kunde vi haft?
Råvara	Typ av råvara	Lokal, global	4	3	3	36	Legeringsinnehåll, kolinnehåll el dyl, klassning skrot, certifikat
	Kvalitet på råvara	Lokal, global	4	2	3	24	Råvaruanalyser görs
	Val	Lokal, global	4	2	3	24	Inköpare och driftsledare samverkar

Tabell 2. Faktorer som påverkar energieffektivisering

5 RESULTAT

De detaljerade resultaten återfinns i avhandlingen och artiklarna som refereras under kap 11 Publikationer inom projektet.

Huvudresultat:

- När statistik i de olika databaserna Odyssee, Eurostat, International Energy Agency (IEA) och UN används för beräkning av traditionella energiindikatorer för svensk stålindustri fås olika resultat.
- För Höganäs observerades följande samband mellan analyserade faktorer och indikatorer mellan åren 2005 och 2012:
 - Produktionsvärdet under perioden har stigit avsevärt med undantag av nedgången under 2009.
 - Förädlingsvärdet och produktionen av råstål följs åt i trend även om inte i total nivå.
 - Specifika energikonsumtionen och specifika koldioxidemissionen visar sjunkande trender mellan 2005 och 2007 samt efter 2008, vilket sammanfaller med inträdet i PFE.
 - Den ökande andelen produktion från skrot fångas tydligt och överskuggar antagligen annan energieffektivisering.
 - Eftersom tillverkningen från skrot ökar under vinterhalvåret ger det också utslag för temperaturen på anläggningen, även om det sambandet antagligen inte är verkligt, utan bara en effekt av företagets produktionsstrategi.
 - Ingen av de analyserade indikatorerna fångar förädlingen av produkterna.
 - Indikatorerna baserade på produktionsvärde visade på en negativ korrelation med alla ekonomiska faktorer utom investeringar. GDP utvecklingen och antalet anställda påverkar kostnaderna och speglas därför i indikatorn.
 - Indikatorer baserade på förädlingsvärde hade positiv korrelation med priser på el och gas. Eftersom dessa inte är medräknade i förädlingsvärdet visar det på att det antagligen uppstått slumpmässiga samband.
 - Indikatorerna förklarade sambanden till 41-96%.
- För Sandvik analyserades endast åren 2008-2012 på grund av bristande data under den tidigare perioden. Följande samband observerades mellan faktorer och indikatorer:
 - På grund av begränsningen i datainsamling fick den ekonomiska krisen större genomslag i analysen.
 - Eftersom ca 11% av energin används för uppvärmning, verkar det som om temperaturen har en stor påverkan på indikatorerna.
 - SMT använder både elvärmare och oljevärmare. Eftersom elvärmare är effektivare än oljevärmare styrs värmningen av oljepriset, detta gör att olje- och elpris-faktorerna verkar ha stor inverkan.
 - En positiv korrelation identifierades för en högvärdigare produkter, varför det kan antas att värdeökning kan fångas.
 - Indikatorerna förklarade sambanden till 51-93%, beroende på hur systemgränserna sattes.
- För SSAB observerades följande samband mellan analyserade faktorer och indikatorer mellan åren 2005 och 2012:
 - SSAB påverkades mycket starkt under lågkonjunkturerna under åren 2008-2009 och 2012. Under dessa år var förädlingsvärdet nära noll eller under noll och dessa år exkluderades därför från regressionsanalysen.

- En negativ korrelation sågs med ökad produktion av råstål medan en positiv korrelation sågs med produktion av kallvalsade produkterna och en av de högvärdiga produktgrupperna. De högvärdiga produkterna kräver mer energi.
- Större användning av skrot leder till användning av mindre mängd koks och resulterar i lägre energianvändning. Denna effekt kunde identifieras i korrelationerna mellan faktorerna och indikatorerna.
- Endast indikatorerna baserade på produktionsvärde fångade högvärdig produktion.
- Negativ korrelation fanns mellan samhällsfaktorer och indikatorer baserade på produktionsvärde.
- Negativ korrelation kan också noteras för såld energi och de ekonomiska indikatorerna.
- Indikatorerna förklaras av faktorerna till 68-95%.
- Analys av de förändrade indikatorerna för Höganäs visar följande:
 - Indikatorerna utan kol visar att energieffektivisering har ökat under perioden, vilket stämmer med verkligheten
 - Den fysiska indikatorn kompenserar bättre för strukturförändringar såsom övergång till mer skrotbaserad tillverkning.
 - Det är lättare att se verkliga energieffektiviseringar i den fysiska indikatorn när kol räknas som råvara snarare än energi.
 - Den ekonomiska indikatorn visar hur kraftig energieffektivisering sker fram till 2009 för att sedan sjunka något till en mer konstant nivå. Denna utveckling beskriver bättre företagets arbete med högre förädling av produkter än den traditionella indikatorn.
- Analys av de förändrade indikatorerna för Sandvik visar följande:
 - Skillnaden när kol räknas som energi eller råvara saknar betydelse för Sandvik, som främst har el som energikälla.
 - Att CO2 effektiviteten går ner för Sandvik 2010 kan antagligen förklaras av olja användes i större utsträckning för värmeproduktion än tidigare år.
 - Under tiden då produktionen var stabil, åren 2005-2008, ökade energieffektiviteten enligt indikatorerna men sedan kom lågkonjunkturen och installation av nya anläggningar och det är rimligt att tro att energieffektiviteten gick ner, utan att riktigt återhämta sig, så som de förbättrade indikatorerna anger.
 - Under perioden varierade försäljningsvärdet av olika produkter mycket beroende på bristsituation på marknaden och det speglas i formen på effektivitetskurvan med de förnyade indikatorerna. Emellanåt blir kopplingen mellan högförädlade produkter och försäljning mycket svag och indikatorn blir mer en koppling till den allmänna efterfrågan än egentlig produktförädling.
- Analys av de förändrade indikatorerna för SSAB visar följande:
 - SSAB fokuserade mer av sin råstålsproduktion till en av anläggningarna, vilket antagligen ledde till den ökade energieffektiviteten som kan ses trots lågkonjunkturen i det fysiska indexet 2008-2009 där kol räknas som råvara.
 - Det byggdes stora lager under 2008 då förväntningarna på en fortsatt högkonjunktur fanns. Den snabba konjunkturvändningen gjorde att dessa lager blev en belastning på energieffektiviteten då det blev nödvändigt att strypa produktionen radikalt samtidigt som priserna på marknaden sjönk. Detta speglas tydligt i energieffektiviteten baserad på den ekonomiska indikatorn.

- Analys av fluktuationer i volymer och vinster för olika produktgrupper på företagen visar att spridningen under tidsperioden är stor för många av produkterna i alla företagen.

6 DISKUSSION

I arbetet har flera viktiga resultat kommit fram:

Del 1 – Jämförelser av generella databaser som används för indikatorberäkningar

- Databaserna ger olika slutlig energikonsumtion för stålindustrin på grund av olika antaganden när kol och koks har allokerats till energianvändning samt fel i statistiska data.

Del 2 – Olika faktorerers påverkan på traditionella energi- och klimatindikatorer, analys med företagspecifika data

- Fysiska indikatorer som baseras på en specifik benchmark, typ råstål, kan användas för att följa trender i specifika processer men fungerar inte på industrinivå.
- Förädlingsvärdet som bas för indikatorer är inte pålitliga för företag som hör till större internationella grupper.
- Strukturförändringar kan påverka resultatet och dölja effektivisering som gjorts på processnivå.

Del 3 – Förbättrade energi- och klimatindikatorer

- Den fysiska produktionsindikatorn, som baserar sig på rådande produktportfölj vid respektive år, reducerar effekten av strukturförändringar.
- Att använda sig av ett basår istället för bästa möjliga teknik gör att förändringar över tid är mer verkliga, då BAT inte finns tillgänglig för all teknik som används.
- Den ekonomiska produktionsindikatorn är bättre på att fånga värdeskapande än förädlingsvärdet, men är starkt kopplad till det rådande ekonomiska klimatet, vilket försvårar användning för uppföljning av energieffektivisering inom företagen.
- Förbättringen som åstadkoms i de förnyade energiindikatorerna är relativt modest. Fortfarande tas flera stora påverkansfaktorer, som tydliggörs i analysen av verkliga data, inte i beaktande.

Några generella reflektioner

- Det är svårt att få fram data av tillräckligt bra kvalitet över tid för att beräkna indikatorer. Det beror på att företag förändras genom att produktportföljer byts, företagsdelar köps till eller säljs, ägare byts mm.
- Mycket data, som samlats in, finns inte rapporterat i en form som lämpar sig för enkel uppföljning, utan kräver idag omfattande handpåläggning. Om denna typ av data skulle användas måste nya system och uppföljningssätt implementeras i företagen.
- Hur systemgränserna sätts påverkar tydligt tillförlitligheten i indikatorerna.
- Även om energieffektivisering inom specifika processer kan följas innebär sammanräkning av olika processer att det måste göras antaganden och allokeringar som genast för in felkällor som kan överskugga verklig effektivisering.
- Användning av vinst för olika produkter som indikator är behäftat med svagheten att olika produkter är framgångsrika på marknaden under olika perioder och det är inte kopplat till energiinsatsen utan snarare till marknadsläget och ett resultat av skillnaden i utbud och efterfrågan.
- Det är många faktorer som påverkar energieffektivisering och endast ett fåtal har undersökts. Det är tydligt att de inte rättvist kan beskriva energieffektivisering i ett företag och inte på ett relevant sätt kan användas för att styra företagets processer.
- Att använda gemensamma energiindikatorer över fler företag är mycket svårt då det är olika faktorer som påverkar energieffektivisering i varje företag.

- Att räkna kol som energi leder till att genomförd energieffektivisering kan döljas i stora siffror som omräkningen leder till. Större fel introduceras samtidigt vid omräkning.
- Ekonomiska data och detaljerade mängder av produktslag är konfidentiell information som aldrig kommer att finnas tillgänglig för extern analys. Auktoriserade revisorer kan dock kontrollera att rätt siffror används. Varken dagens indikatorer, eller de förbättrade, är tillräckligt robusta för att fånga upp effekten av specifik policy för energieffektivisering då dessa indikatorer fångar även andra faktorer än energieffektivisering.
- Varken dagens indikatorer, eller de förbättrade, är tillräckligt robusta för att fånga upp effekten av specifik policy för energieffektivisering då dessa indikatorer fångar även andra faktorer än energieffektivisering.

7 SLUTSATSER

Ett stort steg har tagits genom att med företagsspecifika data skapa en bättre förståelse för hur företags strukturer och verksamheter påverkas av olika externa faktorer och på vilket sätt det speglas i de traditionella energieffektivitetsindikatorerna. Traditionella indikatorer är idag inte robusta nog att användas för att följa upp, eller styra, varken stålföretag eller stålindustrin. De bör därför inte utgöra underlag för lagstiftning eller tillståndsprövning. De mer vidareutvecklade indikatorerna, som analyserats i denna studie, är inte heller tillräckligt robusta för att användas för styrning ännu. De kan dock ge en kompletterande bild till andra indikatorer. Antalet parametrar som påverkar energieffektiviseringen är stort och endast ett fåtal har idag beaktats. Det finns därför anledning att fortsätta utvecklingen av nya indikatorerna som på ett bättre sätt kan spegla effekten av energieffektiviseringsåtgärder.

Indikatorer behövs för att kunna följa upp utveckling inom energieffektivisering i företag. För att kunna göra detta behöver företagen strukturera sin mätning och datainsamling på ett sätt som ännu bättre stöttar uppföljning. Enkla indikatorer kan användas för att följa upp och styra separata processer redan idag, men måste då bli en integrerad del i styrsystemen. Samtidigt behövs ett fortsatt forskningsarbete för att ta fram mer kompletta och rättvisande indikatorer. Detta är av intresse för både myndigheter vid framtagning av policy och incitament för energieffektivisering, samt för företag som strävar efter en allt mer effektiv produktion.

8 NYTTIGGÖRANDE AV RESULTAT OCH FORTSATT ARBETE

Arbetet har resulterat i att två artiklar publicerats i internationella tidskrifter, samt en som skickats in. Arbetet har också lett till Johannes Morfeldts licentiatavhandling. Jernkontorets och stålföretagens representanter har gjort djupdykningar i mätning och uppföljning av olika parametrar och processer och lärt sig mycket om sina företags datainsamling och uppföljning. Diskussioner mellan företagen under projektets gång har också gjort att nya idéer har tagits fram och en gemensam förståelse har skapats. Deltagarna från företagen kommer att sprida resultaten internt och fortsätta en energieffektiviseringsdiskussion i sina företag. Företagen ingår också i Jernkontorets Energiråd där projektets resultat redovisas och diskuteras.

De indikatorberäkningsförändringar som studerats är fortfarande inte rättvisande nog för att följa upp energieffektivisering i stålföretag eller stålindustrin. Det krävs fortsatt arbete för att hitta ett mer rättvisande mätsystem. En möjlig ingång till fortsatt arbete är att studera hur produktionsstyrningssystem skulle kunna användas för att samla data och styra processer även från energieffektiviseringsperspektiv.

Många av de parametrar som påverkar energieffektivisering är av det mjuka slaget, där relevant mätning antagligen inte kommer kunna införas. Däremot finns det en hel del data som skulle kunna inhämtas och användas för fortsatt utveckling av indikatorer. Det kräver dock interna beslut i företagen att data ska lagras på nya sätt och fler mätningar göras. Det innebär investeringar i tid, hård- och mjukvara samt kompetensuppbyggnad.

9 HÅLLBARHET

Forskningsarbetet har i sin helhet varit inriktat på att identifiera relevanta mätetal för energieffektivisering i företag. Ökad energieffektivitet är en viktig del i en ökad hållbarhet. Energi är dock integrerat på ett komplext sätt inom olika produktionssystem som också förändras. Målet om hållbarhet är gemensamt för alla aktörer i samhället och ställer höga krav. Det är därför viktigt med en fortsatt konstruktiv dialog kring hur datainsamling och indikatorer ska utvecklas och bidra till att uppnå målet på ett effektivt sätt.

10 REFERENSER

- Energimyndigheten. (2011a). *Energiindikatorer 2011*. Hämtad den 16e januari 2012 från <http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Energiindikatorer/>
- Energimyndigheten. (2011b). *Indikatorer och beräkningsmetoder för uppföljning av politik för energieffektivisering*. Hämtad den 3e februari 2012 från <http://energimyndigheten.se/sv/Press/Nyheter/Ny-rapport-Indikatorer-for-energieffektivisering/>
- Farla, J.C., Blok, K., 2001. The quality of energy intensity indicators for international comparison in the iron and steel industry. *Energy Policy* 29, 523–543. doi:10.1016/S0301---4215(00)00148---8
- Morfeltdt, J. and Silveira, S.: *Capturing energy efficiency in European iron and steel production – comparing specific energy consumption and Malmquist productivity index*. In *Energy Efficiency*, vol 7 (6), pp.955-972. 2014.
- Mukherjee, K. (2008). *Energy use efficiency in U.S. manufacturing: A nonparametric analysis*. *Energy Economics*, 30(1), 76-96.
- Odyssee Mure. (2012). *Energy Efficiency Indicators in Europe. A project under the Intelligent Energy for Europe Programme of the European Commission*. Hämtad den 16e januari 2012 från <http://www.odyssee-indicators.org/>
- Pardo Martínez, C. I. (2010). *Energy efficiency development in German and Colombian non-energy-intensive sectors: a non-parametric analysis*. *Energy Efficiency*, 4(1), 115-131.
- Pardo Martínez, C. I., & Silveira, S. (2012a). *Energy efficiency and CO2 emissions in Swedish manufacturing industries*. *Energy Efficiency*, 6(1), 117-133.
- Pardo Martínez, C. I., & Silveira, S. (2012b). *Analysis of energy use and CO2 emission in service industries: evidence from Sweden*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5285-5294.
- Schenk, N. J., & Moll, H. C. (2007). *The use of physical indicators for industrial energy demand scenarios*. *Ecological Economics*, 63(2-3), 521-535.
- Worrell, E., Price, L., Martin, N., Farla, J., & Schaeffer, R. (1997). *Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators*. *Energy Policy*, 25(7-9), 727-744.

11 ÖVRIG INFORMATION

Medverkande i projektet

a. Forskare och industrirepresentanter

Johannes Morfeldt, doktorand, Kungliga Tekniska Högskolan
Semida Silveira, professor och handledare, Kungliga Tekniska Högskolan
Tomas Hirsch, SSAB Europe
Susanne Lindqvist, AB, Sandvik Materials Technology
Magnus Pettersson, Höganäs Sweden AB
Jan Pettersson, SSAB Special Steels
Alena Nordqvist, Jernkontoret 2013-2014, AB, Sandvik Materials Technology
2014-2015

b. Referensgrupp

Energimyndighetens representant
Semida Silveira, professor och handledare, Kungliga Tekniska Högskolan
Anders Bergman, Höganäs AB
Christian Hörnfeldt, AB, Sandvik Materials Technology
Kim Kärsrud, SSAB AB
Helén Axelsson, Jernkontoret

Publikationer inom projektet

a. Granskade publiceringar

Morfeldt, J. and Silveira, S.: *Methodological differences behind energy statistics for steel production – implications when monitoring energy efficiency*. In Energy, vol 77, pp. 391-396. 2014.

Morfeldt, J., Silveira, S., Hirsch, T., Lindqvist, S., Nordqvist, A., Pettersson, J. and Pettersson, M.: *Economic and operational factors in energy and climate indicators for the steel industry*. Energy Efficiency. 2014. Available on-line.

b. Manuskript skickade för publicering

Morfeldt, J., Silveira, S., Hirsch, T., Lindqvist, S., Nordqvist, A., Pettersson, J. and Pettersson, M.: *Improving energy and climate indicators for the steel industry – the case of Sweden*. Submitted to the Journal of Cleaner Production.

c. Licentiatavhandling

Morfeldt, J.: *Tools for Evaluating Energy Efficiency of Steel Production*, KTH 2014

DEN SVENSKA STÅLINDUSTRINS BRANSCHORGANISATION

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

JERNKONTORET

Box 1721, 111 87 Stockholm • Kungsträdgårdsgatan 10
Telefon 08 679 17 00 • Fax 08 611 20 89
E-post office@jernkontoret.se • www.jernkontoret.se

