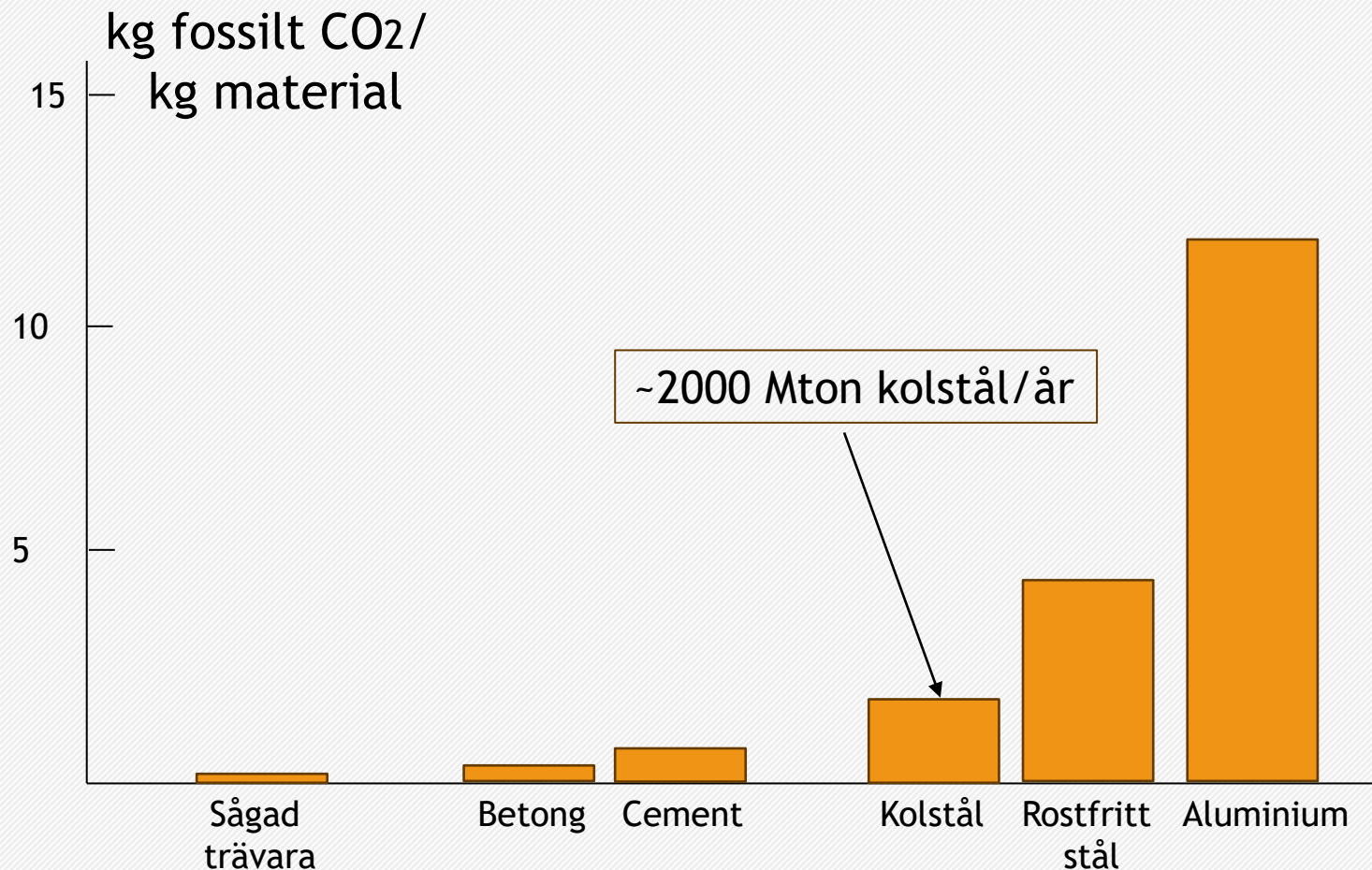


Järn och stålindustrin i förvandling

En global utblick på industrins åtgärder för att minska
koldioxidutsläppen

Stålbyggnadsdagen 2023, Älvsjö
2023-10-19, Anders Werme

Här är CO₂ -utmaningen för konstruktionsmaterialen!



- Konstruktionsmaterialen står närmare 20% av de globala CO₂ -utsläppen:

Cement	7%
Kolstål	7%
Aluminium	2%
Rostfritt	1%

- Men variationerna är stora, särskilt för metallerna där användningen av recirkulerat skrot är avgörande för utsläppen.

Så hur tacklar stålindustrin utmaningen?

Idag dominerar tre tillverkningsvägar; Malmreduktion i 1) Masugn eller genom 2) Direktreduktion, 3) Skrotsmältning

Masugn (70%)



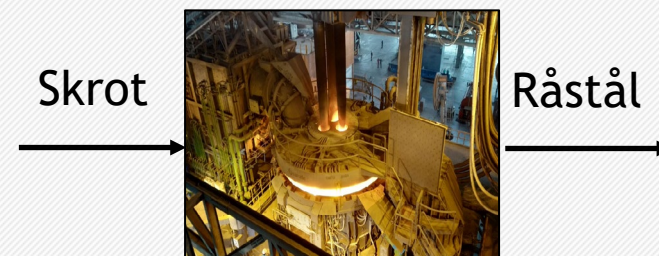
2 kg CO₂ / kg stål
(inklusive stålugn)

Direktreduktionsugn (5%)



Drygt 1 kg CO₂ / kg stål
(inklusive stålugn)

Ljusbågsugn (25%)



0,5 kg CO₂ / kg stål

Om förutsättningarna finns kan man naturligtvis byta tillverkningsmetod!

Men det finns också flera utvecklingsspår!

Om något/några decennier finns dessutom förhoppningen hos många tillverkare att branschen genom utvecklingsåtgärder kan ha förbättrat CO₂-prestandan hos nuvarande processer eller utvecklat nya processer från vilka CO₂-belastningen är minimal.

Masugn



>1 kg CO₂
/ kg stål

Bättre utnyttjande av kolet,
alternativa reduktionsmedel

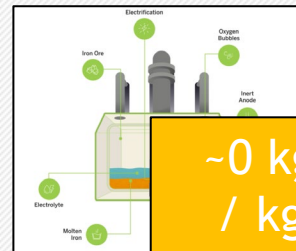
Direktreduktionsugn



~0 kg CO₂
/ kg stål

Vätgas eller biogas
som reduktionsmedel

Annan reduktion



~0 kg CO₂
/ kg stål

Fossilfri elektricitet
som reduktionsmedel =
elektrolys

Ljusbågsugn



~0 kg CO₂
/ kg stål

Fossilfri elektricitet mm

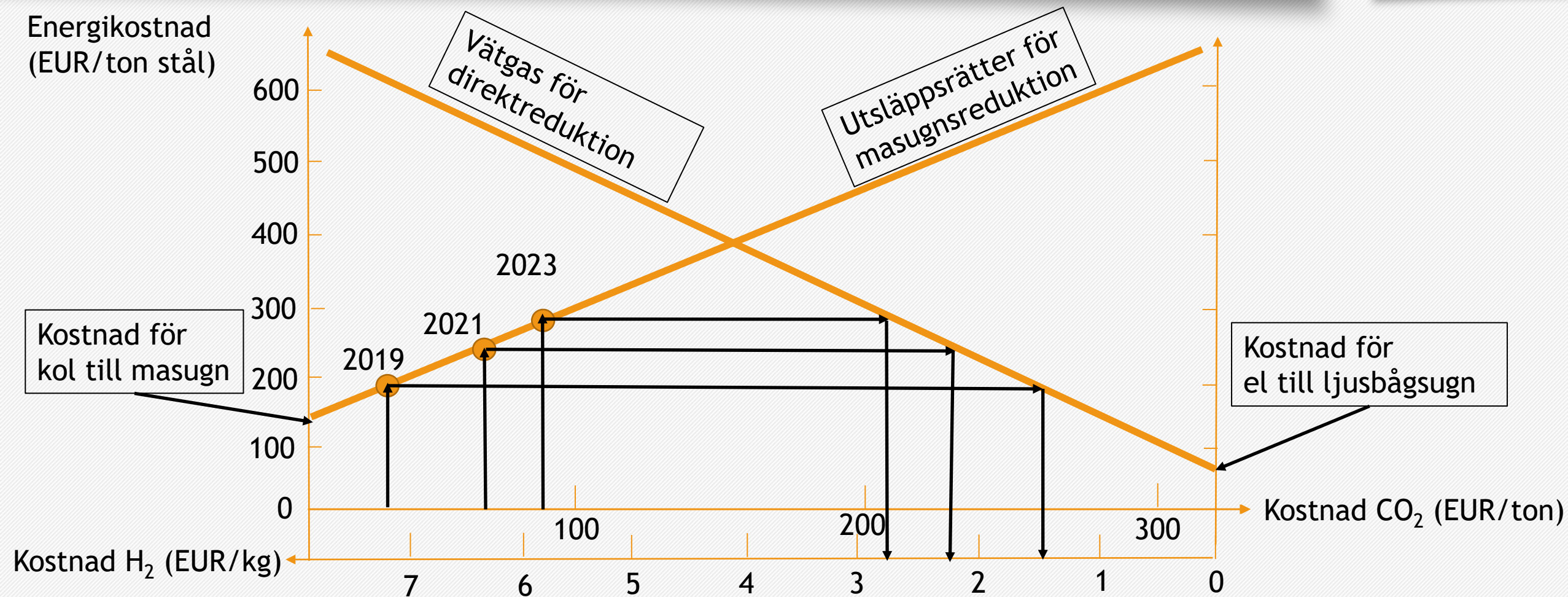
CO₂-infångning med sekvestrering (CCS) eller utnyttjande (CCU) men även kompensation med "carbon credits"

Men det är fler saker att tänka på för stålföretagen som komplicerar

- **Man måste satsa på rätt häst, i rätt tid, för att inte riskera förlora sin konkurrenskraft.**
- Särskilt inom EU men också i några andra länder finns system för handel med utsläppsrätter. Detta kommer att öka kostnaden för reduktion baserad på fossila reduktionsmedel (kol, naturgas). **Men i vilken takt?**
- Samhällets behov av fossilfri el kommer att öka drastiskt under kommande decennier. **Men till vilket pris och i vilken takt?** (Är t.ex. en avgörande parameter för kostnaden av vätgas framställd ur fossilfri el.)
- Skrot är en ändlig råvara. **Finns tillgång och vad blir priset?**
- Bra malmer för direktreduktion är begränsade. **Finns tillgång och vad blir priset?**
- Hur stora blir investeringskostnaderna för de olika lösningarna?
-

En grov jämförelse av energikostnaden för två EU-baserade stålverk:

- Ett med masugn som tvingas köpa utsläppsrätter
- Ett med direktreduktion som tvingas köpa/framställa vätgas



Så hur kommunicerar den globala stålindustrin om sina initiativ?

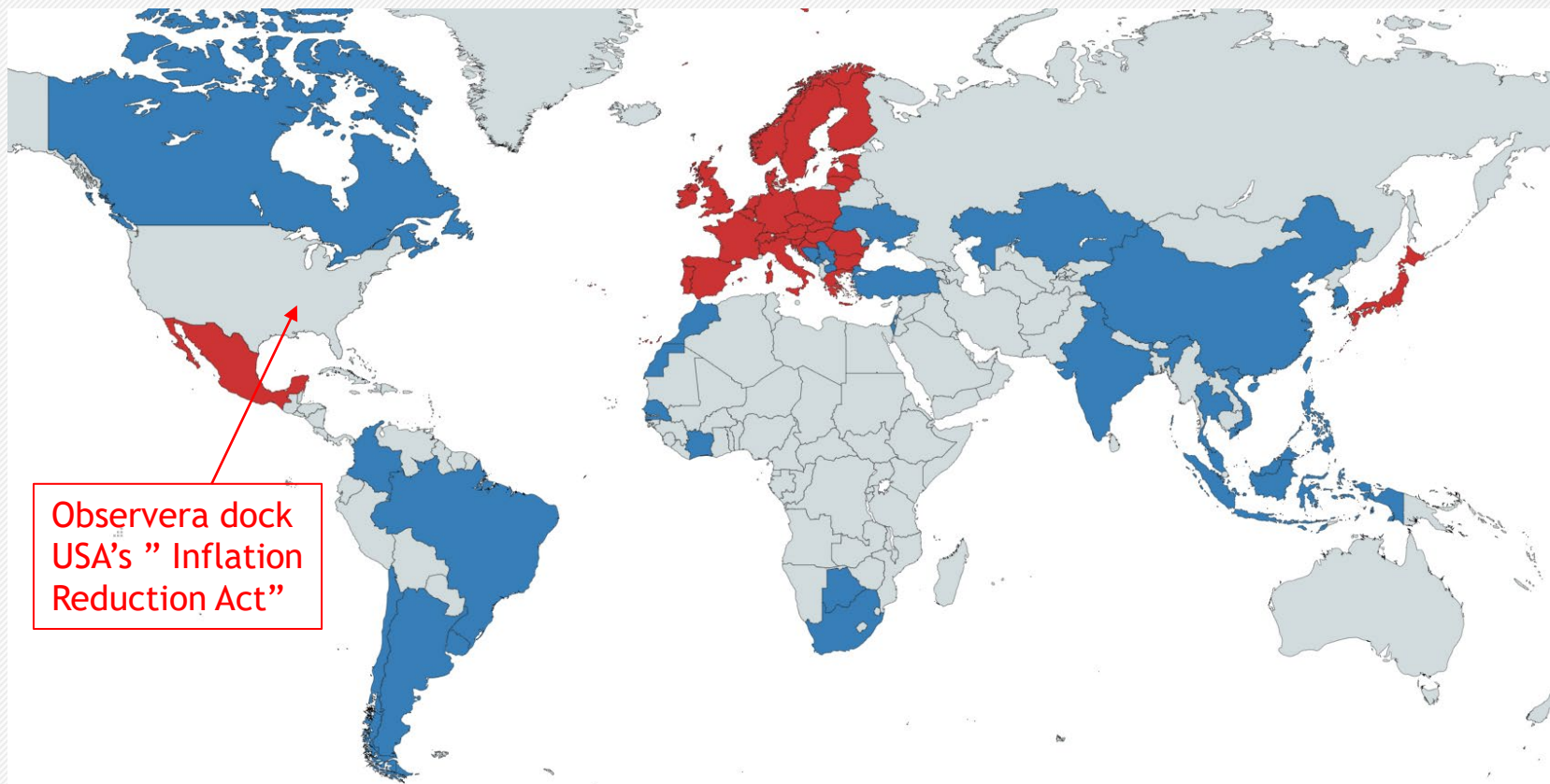
- Sorterat efter region/land/företag.
- Jag startar långt borta och närmar mig Sverige.
- Stålindustrin är stor. Det har inte varit möjligt att studera alla företag.
 - Observera att uppgifterna är färskvara och ändras relativt ofta.

Några förkortningar som ofta används

Svenska	Svensk förkortning	Engelska	Engelsk förkortning
Masugn		Blast Furnace	BF
Råjärn		Hot Metal	HM
Syrgasstålugn		Basic Oxygen Furnace	BOF
Direktreduktionsugn	DR-ugn	Direct Reduction Furnace	DR-furnace
Järnvamp		Direct Reduced Iron	DRI
Kompakterad järnsvamp		Hot Briquetted Iron	HBI
Ljusbågsugn	LB-ugn	Electric Arc Furnace	EAF

Ha också ”politiken” i åtanke när ni lyssnar! Var står lagstiftningen idag?

Löften om
koldioxid-
neutralitet



- Handel med utsläppsrätter:
lagstiftat eller nära.
- Skatt på fossilt kol:
Lagstiftat, nära eller
diskuteras.
- Inga eller få åtgärder

Dessutom finns nationella avvikelser ... typ i Kalifornien m.fl.

Kina, dom 4 stora Baowu, Ansteel, Shagang, HBIS

260 Mt/år
utav 1000 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
2060

Baowu



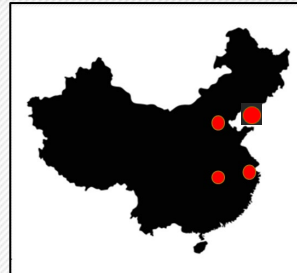
120 Mt/år, mest masugnar

Optimerad masugn (HYCROF)

- 2.0 Mt/år i Bayi, 2022
- recirkulerad CO och vätgasinjektion -> 20-30% CO₂ reduktion.
- pellets med biokol + CCUS

Direktreduktion (Energiron)

- 1.0 Mt/år schakt tas i drift 2024 i Zhanjiang.
- Körs sannolikt på naturgas /koksugns gas -> förberedd för vätgas



Eftersom masugnsflottan är ny görs försök att minska dess CO₂ utsläpp.

Då skrottpågången förväntas öka pågår en utbyggnad av ljusbågsugnskapacitet.

Några direktreduktionsugnar byggs. Sannolikt börjar de köra med naturgas/koksugns gas och går mot vätgas om denna blir konkurrenskraftig.

HBIS



42 Mt/år, mest masugnar

Direktreduktion (Energiron)

- 0.6 Mt/år schakt togs i drift 2022 i Zhangjiakou.
- Körs sannolikt på naturgas /koksugns gas -> förberedd för vätgas

Ansteel, Shagang

~100 Mt/år, mest masugnar

- Material och energi-optimering för masugnar
- Annars inga större tillkännagivanden

Japan and Korea, dom 4 stora NSSMC, JFE, POSCO, Hyundai

140 Mt/år
utav 170 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
2050

NSSMC (Nippon Steel)

50 Mt/år - mest masugnar

- Före 2030 - Masugnar med recirkulerad CO, vätgas-injektion och CCUS.
- Fån 2030 - Direktreduktion med vätgas / stora LB-ugnar.
- Produktion i Australien/Brasilien.



Satsar initialt på optimerade
masugnar och mer skrot.

Direktreduktion med vätgas
kan komma från 2030.

Tittar på andra lokaliseringar
än Japan and Korea.

Sannolikt användning av
CO₂-krediter.

JFE

27 Mt/år - mest masugnar

- Före 2030 - skrot/masugnsfokus
- 2030-2040 - Optimerade masugnar, stora LB-ugnar, CCU.
- 2040-2050 - Direktreduktion H₂
- Planerar direktreduktion + CCS i UAE med Emirates Steel.



POSCO

43 Mt/år - mest masugnar

- Nya LB-ugnar i Gwanyang 2025 och Pohang 2027.
- Vätgasreduktion (1Mt/år) i fluidiserad bädd (Hyrex) från 2030
- Utreder direktreduktion med vätgas i Västra Australien.



Hyundai Steel

20 Mt/år - ljusbågs-, masugnar

- Marknadsför sin variant av LB-ugn (Hy-ARC) som kan använda skrot, järnsvamp och råjärn.
- Utreder direktreduktion med vätgas.



Indien - dom 4 stora

Tata Steel India, JSW Steel, SAIL, AMNS India

70 Mt/år
utav 120 Mt/år

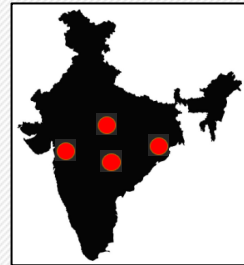
Koldioxid
neutrala
2070

Tata Steel Indien

22 Mt/år - BF/DR



- Råvaror och utbyten.
- Jamshedpur - Naturgas i masugn, CCS/CCU.
- Förväntar sig att slutligen gå över till vätgasreduktion.



Indisk ståltillverkning är främst masugnsbaserad men även DR-anläggningar som reducerar med naturgas och kol förekommer.

Släpper ut ca 2,6 kg CO₂/kg stål.

Tillverkarna fokuserar idag på förbättrade utbyten och råvaror (såväl järnmalm som energi).

SAIL

17 Mt/år - BF/DR



- Råmaterialkvalitet och förbättring av energiutbyten.
- Användning av mer förnybar energi.
- Ökning av "recycling/reuse".

JSW

19 Mt/år - BF/DR



- < 2030 Råvaror och utbyten. Utökad andel av förnybar el från sol- och vattenkraft.
- 2030-50 Vätgasreduktion
- 2050-70 Järn via elektrolys

AMNS Indien

9 Mt/år - BF/DR



- Pågående expansion på 5 Mt/år baseras på masugns-teknologi, men bolaget räknar med att växla till vätgasreduktion så snart förnybar el till rätt pris finns tillgänglig.

MENA-regionen

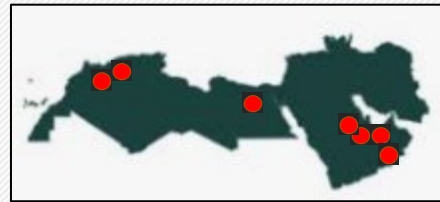
30 Mt/år

Emirates Steel Arkan (UAE)

3 Mt/år - DR

- CCS, 800 kt CO₂ /år fångas in och används för EOR.
- Detaljerad studie med japanska JFE och Itochu om ytterligare ett DR-verk med CCS. Verket ska exportera DRI och slutligen baseras på vätgas.

حديد الإمارات أركان
emirates steel arkan



Intressant region då nästan 50% av produktionen idag sker genom direktreduktion med naturgas.

Ett verk i UAE tillämpar redan koldioxidinfångning och CCS (EOR) från en naturgasbaserad DR-ugn.

Flera nya DR-projekt utreds.

Vulcan Green Steel (Oman)

- Nära band med familjen Jindal, Indien.
- Projekterar ett 5 Mt/år DR-baserat stålverk som i slutändan ska kunna använda vätgas. Tror att Omans goda sol- och vindförutsättningar ska göra detta möjligt.

Vale's järnmalmspellets för direktreduktion



- Har redan ett verk i Oman.
- Nya pelletsverk utreds med lokalisering i Oman, UAE and Saudi Arabia.

Latinamerika

60 Mt/år

Koldioxid-
netutralitet
kring 2050



Gerda



14 Mt/år masugnar, DR, skrot.

Dessutom världens största producent av träkol.

- Stålverken arbetar med:
 - Operationell effektivitet
 - Energiförbrukning
 - Ökad skrotanvändning
- Vill expandera sin produktion av biokol.
- Planerar också investeringar i produktion av förnyelsebar elektricitet.

Strategierna är inte fullt tydliga än men pekar i dagsläget mot:

- Ökad energieffektivitet
- Ökad skrotanvändning
- Ökad biokolanvändning

I ett senare skede kan även vätgasreduktion komma i fråga.

Ternium



14 Mt/år masugnar, DR, skrot.

- Ökad skrotanvändning
- Mexico - CCS från DR-verk
- BR/AR - träkol i masugnar
- Hållbara teknologier

ArcelorMittal



13 Mt/år masugnar, DR, skrot.

- Kommer sannolikt att utveckla DR-teknologi och vätgasreduktion vid nyligen förvärvade CSP, Ceara' state, BR.

USA

85 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
2050

Nucor

NUCOR®

26 Mt/år - skrot och DR

- Med 15 ljusbågsugnsbaserade verk och en DR-ugn är Nucor väl positionerade.
- Säljer redan sitt CO₂-neutrala "Econiq-stål" tillverkat med förnybar el och köpta offsets.

US Steel



16 Mt/år - masugnar, skrot

- Investerar i ett nytt 3 Mt/år skrotbaserat verk i Arkansas.
- Stänger masugnar.
- Medelsikt: skrot+DR/naturgas
- Lång sikt: CCUS + DR/vätgas



USA's stålindustri är till 80% skrotbaserad vilket ger den en god position vad gäller CO₂-utsläpp.

Ökad användning av fossilfri elektricitet i ljusbågsugnarna står i fokus.

Företagen ser över möjligheten att byta ut resterande masugnar mot DR-ugnar eller ljusbågsugnar.

Cleveland Cliffs



16 Mt/år - masugnar, skrot, DR

- Cliffs producerar järnmalm och stål. Många masugnar, en DR-ugn.
- Kommunicerar; mer järnmalms- pellets, minskade CO₂-utsläpp från masugnar, nya DR-ugnar, CCS.

ArcelorMittal



4 Mt/år, importämnen

- Har köpt 80% av Voest's 2 Mt/år DR-verk i Corpus Christie, TX.
- Investerar 700 M\$ i en ny ljusbågsugn i Calvert, Al.

Kanada

13 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
2050

ArcelorMittal



6 Mt/år - masugnar,
skrot, DR

- Ersätter en av sina 2 masugnar i Hamilton med ett DR-schakt. En investering på 1,8 bCAD med 50% statlig support. Ska börja köra på naturgas men ultimat gå över till vätgas. Tas i drift 2028.
- Har i sitt DR-verk Contrecoeur testat att spetsa naturgasen med 7 % vätgas.



Genomför konkreta och snabba
åtgärder.

Med det som beslutats kommer
Kanada att 2028 bara ha en
masugn kvar i drift.

Algoma



3 Mt/år - masugn

- Bygger om sitt verk från masugnsbaserat till skrotbaserat.
- Investerar 700 mCAD i två ljusbågsugnar med en kapacitet på 3,7 Mt/år.
- Räknar med att vara i drift under 2024.

Spanien, Frankrike

28 Mt/år

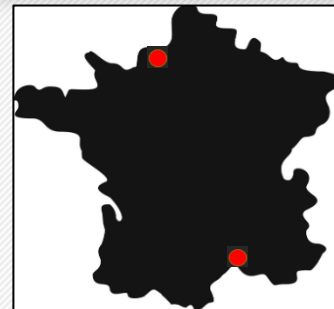
Koldioxid-
neutrala
2050

AM Gijon/Aviles/Sestao



4 Mt/år - masugnar, skrot

- Investerar 2.2 b€ (455m€ i support från Spanien) i ett 2.3 Mt/år DR-schakt och en 1.1 Mt/år ljusbågsugnshybrid i Gijon. Anläggningen kommer också att producera järn till Sestao's LB-ugn från 2025. Vätgasreduktion i ett senare steg.



AM Dunkirk



5 Mt/år - masugnar

- Demonstrationsanläggning för CO₂-infångning i drift. CO₂ skeppas till projektet Northern Lights, Norge.
- Stänger 2 av 3 masugnar och bygger ett 2.5 Mt/år DR-schakt and 2 LB-ugnar till 2027.
- Total investeringskostnad för AM i Frankrike är 1,7 b€.

Omställningsplanerna till DRI och skrot verkar relativt väl genomarbetade och logiska.

Sannolikt börjar DR-ugnarna köra på naturgas för att när vätgas blivit konkurrenskraftigt gå över till det.

AM Fos



3 Mt/år - masugnar

- Stänger Masugnarna och investerar i två ljusbågsugnar. Första ugnen på plats 2027.

GravitHy, Fos



- Planerar för en ny 2 Mt/år DR-anläggning. Investeringen beräknas till 2,2 b€.
- I drift 2027.

Belgien, Holland, UK

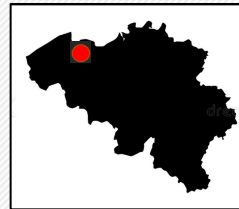
22 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
2050

AM Gent

5 Mt/år, masugnar

- 2023: Har tagit en CCU-anläggning som producerar etanol från biokol (80 kt/år) som används i en av de två masugnarna.
- Den andra masugnen kommer att ersättas av en DR-ugn och 2 ljusbågsugnar.



Såväl AM-Gent som Tata-Ijmuiden lägger ned masugnar och investerar i DR-anläggningar. Det är ännu oklart vilket reduktionsmedel som kommer att användas.

Det är värt att notera ArcelorMittal's förvärv inom värdekedjan för skrot i Centraleuropa.

AMDS skrotdivision

- Notera att ArcelorMittal investerar i företag aktiva i den centraleuropeiska värdekedjan för skrot.



Tata, Europe

8 Mt/år - masugnar
IJmuiden, Holland

- Det första av två nya DR-schakt (Energiron) ska tas i drift före 2030. Börjar sannolikt med naturgas men förbereds för vätgas.
- DRI kommer att smältas till råjärn i en omsmältningsugn (Hatch Crisp+) vilket bör betyda att syrgasstälverket fortsatt används.

UK, Port Talbot

- Har ännu inte meddelat några större initiativ.



Österrike, Tjeckien, Rumänien

16 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
AT 2040
CZ,RO 2050

Voest, Österrike voestalpine

5 Mt/år - masugnar, (DR)

- Ersätter 2 (av 4) masugnar med ljusbågsugnar före 2030.
- Ljusbågsugnarna ska köra på skrot och importerad DRI.
- Ser tillgängligheten av fossilfri el som ett problem.
- Bygger dessutom en HYFOR fluidbäddspilot (3-5 ton/h) med Primetals och Fortesque som ska användas för att testa möjligheten att med vätgas reducera fines och koncentrat av olika typer.



Voest tar första stegen mot tillverkning i ljusbågsugn. Kommer att använda skrot med också importerad DRI. Det är oklart om järnmalmsreduktion framgent kommer att ske i Österrike.

Liberty Steel, Tjeckien har beställt 2 ljusbågsugnar för sin omställning.

Liberty Steel



4 Mtpy - masugnar
Ostrava, Tjeckien

- Ostrava investerar 350 M€ i två hybridljusbågsugnar, 3.6 Mt/år from Danieli. Ersätter tandemugnar. Driftstart 2025.
- 2027 stänger man 2 masugnar och förlitar sig på skrot och importerad DRI.

Galati, Rumänien

- Har en plan att över 8 år investera i en DR-ugn, två ljusbågsugnar och ett "mini-mill". Samt förnybar energi, sol och vind.

Tyskland

40 Mt/år

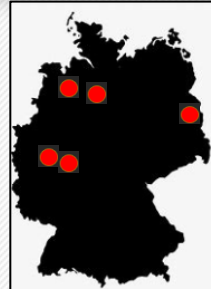
Koldioxid-
neutrala
2040

ThyssenKrupp

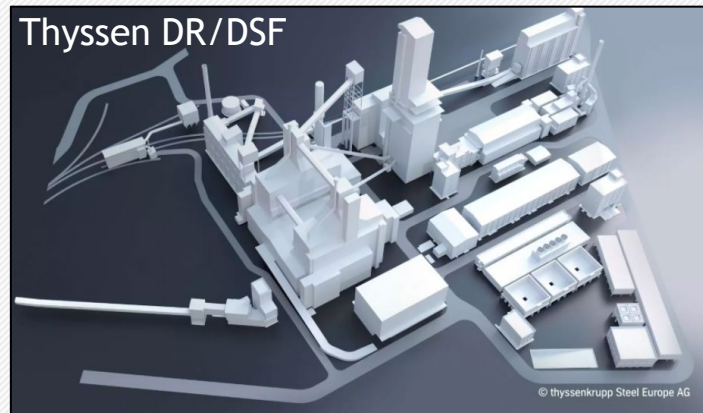


11 Mt/år - masugnar

- Två utvecklingslinjer:
 - 1) DR (naturgas -> vätgas)
 - 2) CCU -> ammoniak, metanol
- Stegvis omställning av 4 masugnar till DR-ugnar med omsmältningsugnar. Behåller syrgasstålverk.
- Första anläggningen startar i slutet av 2026. Denna order är på 1.8 b€ med SMS som EPC.
- Vätgas ska när så är möjligt transporteras till Duisburg med pipeline (import/Nordsjö-producerad).



Thyssen beslutar att investera 1,8 b€ för första steget i omställningen av Duisburg.



ArcelorMittal



7 Mt/år - masugnar, DR, skrot, flytande råjärn
Hamburg

Bygger om ett litet 100 kt/år DR-schakt så det kan köras med vätgas. En investering på 110 M€ med 50% stöd från tyska staten. Ett större schakt kan följa.

Duisburg

Övergår från syrgasstål till elektrostalet baserat på skrot/DRI.

Bremen and Eisenhuttenstadt

Inleder omställningen med hjälp av alternativa reduktionsmedel (naturgas, vätgas) i masugnarna.

Tyskland

40 Mt/år

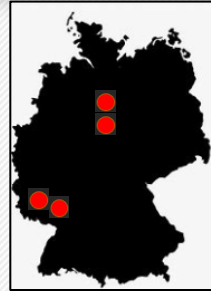
Koldioxid-
neutrala
2040

Salzgitter



6 Mt/år - masugnar, skrot

- Salzgitter planerar att i 3 steg ersätta sina masugnar med 3 ljusbågsugnar och 2 DR-anläggningar. Den första ljusbågsugnen på 1,9 Mt/år har beställts av Primetals och ska tas i drift i slutet av 2025.
- Det är inte klart var DR-anläggningarna ska byggas. Wilhelmshaven and Kanada har nämnts
- Bygger också en DR-pilot (Energiron) för att lära sig mer om vätgasreduktion.



Båda företagen planerar för DR-anläggningar och skrotsmältning. Inte helt klart var några av DR-anläggningarna lokaliseras.



SHS - Stahl Holding Saar



4 Mt/år - masugnar

- <2027/28: Masugnar med tillsats av väterik gas.
- 2030: Idrifttagning av ett 2.5 Mt/år DR-schakt i Dillingen och två ljusbågsugnar (Dillingen/Völklingen). DR-schaktet körs på naturgas och lite vätgas (55 kt/år) levererad via pipeline.
- 2030-2045: En tredje ljusbågsugn och ökad användning av vätgas baserad på tillgänglighet och ekonomi.
- Har tittat på import av DRI från Kanada.

Norden

9 Mt/år

Koldioxid-
neutrala
FI 2035
SE 2040
NO 2050

Hybrit Development, Sweden

- JV LKAB, SSAB, Vattenfall
- DR/vätgas-pilot i Luleå
- Planerar 1,3 Mt/år DR-schakt i Malmberget för ~16 bSEK.

H2GreenSteel, Sweden

- Planerar för ett 5 Mt/år "minimill" i Boden med 2 DR-schakt (H₂) och start 2025.

Blastr, Norge/UK och Finland

- Planerar för ett pelletsverk i Norge alt. UK och ett 2,5 Mt/år vätgasbaserat DR-stålverk i Ingå, Finland.



SSAB, Sverige & Finland

6 Mt/år - masugnar

- Planerar för ljusbågsugns-tillverkning med vätgas-DRI från Hybrit/LKAB därtill skrot.
- Oxelösund konverteras till ljusbågsugn 2026; Luleå och Brahestad konverteras 2030+.

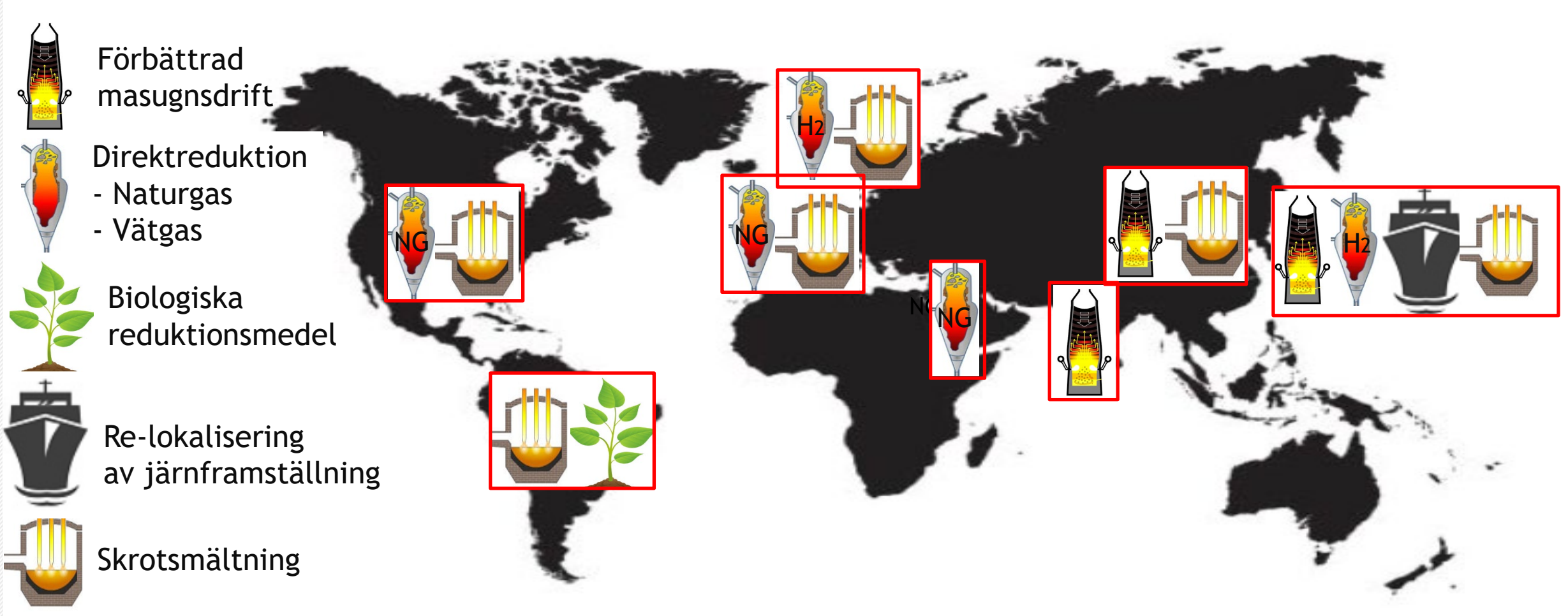
Ovako, Sweden & Finland

1 Mt/år skrot

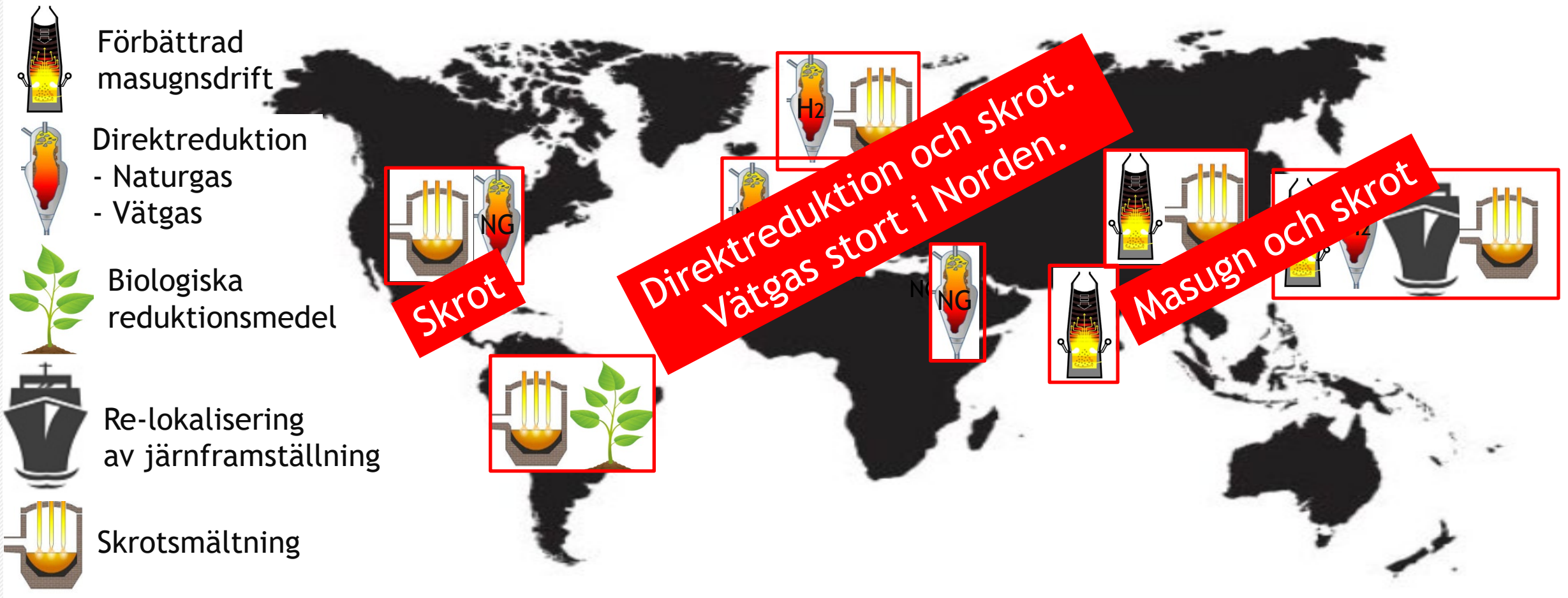
- Undersöker DR (biogas) med Ferrosilva i Hofors.
- 100% fossilfri el.
- Har investerat i elektrolysörer.
- Värmning med vätgas >1000 C.
- Värmning med el <1000 C.

Sverige var landet som gick före med att allvarligt utreda modern vätgasbaserad direktreduktion.

Nu finns en handfull projektinitiativ i Norden.



Så vilka tycks de nuvarande fokusområdena för den globala stålindustrin vara?



Så vad kan den globala energiomställningen
stålindustrins omvandling betyda för er stålbyggare?



Håll ett litet öga på stålets kvalitet

- Skrot kan innehålla förhöjda nivåer av t.ex. koppar, bly, antimon och zink som är svåra att avlägsna och kan ha negativa effekter på stålets egenskaper men förbättrad hantering och sortering av skrot kommer sannolikt att utvecklas framgent. Annars spädning med jungfruligt järn.
- De stålverk som byter från masugn/syrgasstål till elektrostat kommer dessutom att få högre kvävehalter. Och kväve kan i vissa fall orsaka sprödhet.
- Men å andra sidan tillverkas ~80% av allt stål i USA från skrot med ljusbågsugnar. Och det fungerar.

Cu Sb
Sn ...

N

!

Håll ett annat öga på den inbördes kostnaden mellan konstruktionsmaterialen

- Inom EU (och säkert också i andra länder/regioner) kommer kostnaden för utsläppsrätter att öka kostnaden för materialtillvekningen.
- För t.ex. stål, aluminium och cement kommer 2026 att bli ett intressant år då EU's CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) blir skarp och utdelningen av "gratis utsläppsrätter" upphör.
- De resulterande kostnadsökningarna kommer att slå olika på olika konstruktionsmaterial



Men sedan finns det också nya
marknadsmöjligheter, främst i energisektorn

Fossilfri energi



Sol-
energi



Vind -
energi



Kärnkraft,
bioenergi

Övergångslösningar



Naturgas



LNG



CCS
CCU

Elektricitet och lagring



Transport
av
elektricitet

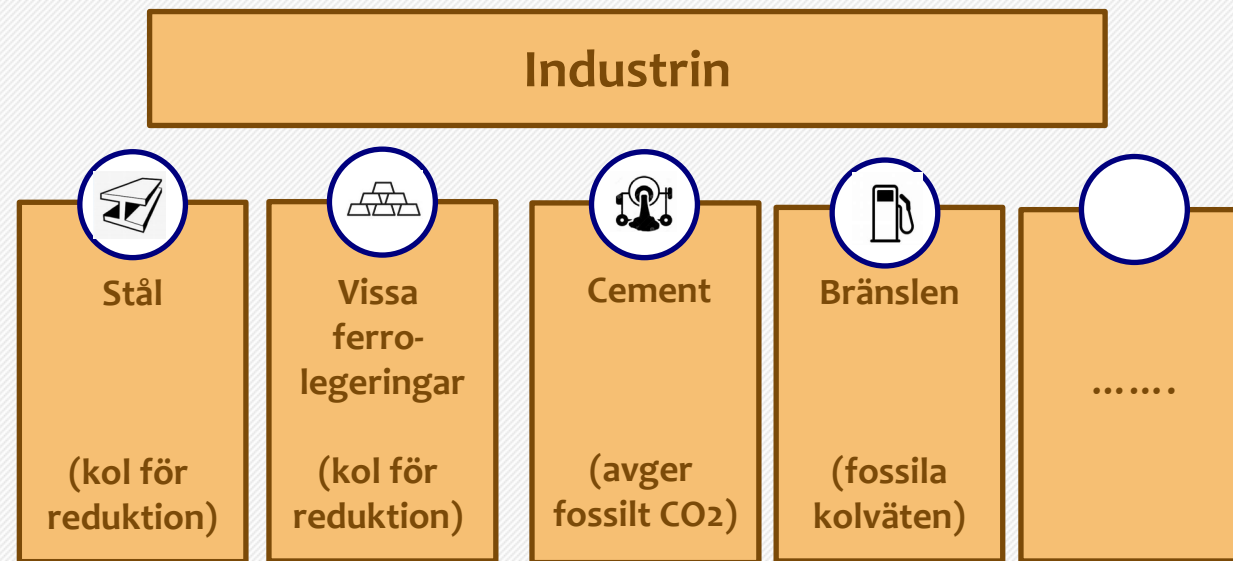


Lagring
av elektricitet



Vätgas-
ekonomin

.... men också i de industrisektorer som idag använder insatsvaror med fossilt ursprung





Så lycka till med fortsatt stålbyggnation och
tack för visat intresse!

Tankar, anmärkningar och frågor kan mejlas till : anders.werme@outlook.com