

The ANIMP logo is a dark green oval with the word "ANIMP" in white, bold, sans-serif capital letters.

ANIMP



Pillole di Energia per l'innovazione

WEBINAR

31/03/2025 h. 15:00

A large, white, circular arrow graphic is centered on the slide. It consists of a thick white line forming a circle, with a white arrowhead pointing downwards at the bottom. The graphic is superimposed over a background of a dense green forest.

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

31/03/2025

a cura di:
Enrico Malfa
R&D Director
Tenova S.p.A



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica



Processi di produzione acciaio ed impronta di carbonio

I target di riduzione emissioni di GHG

Le tecnologie per la transizione energetica e l'impatto dell'idrogeno

Alcuni esempi sulla base dell'esperienza Tenova

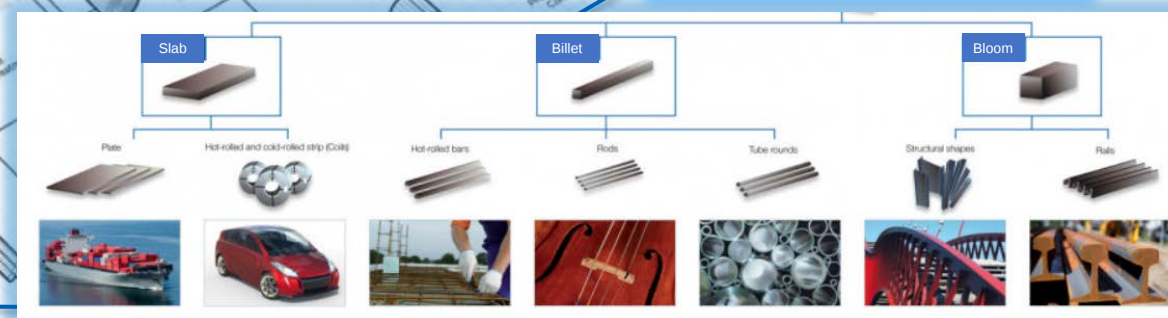
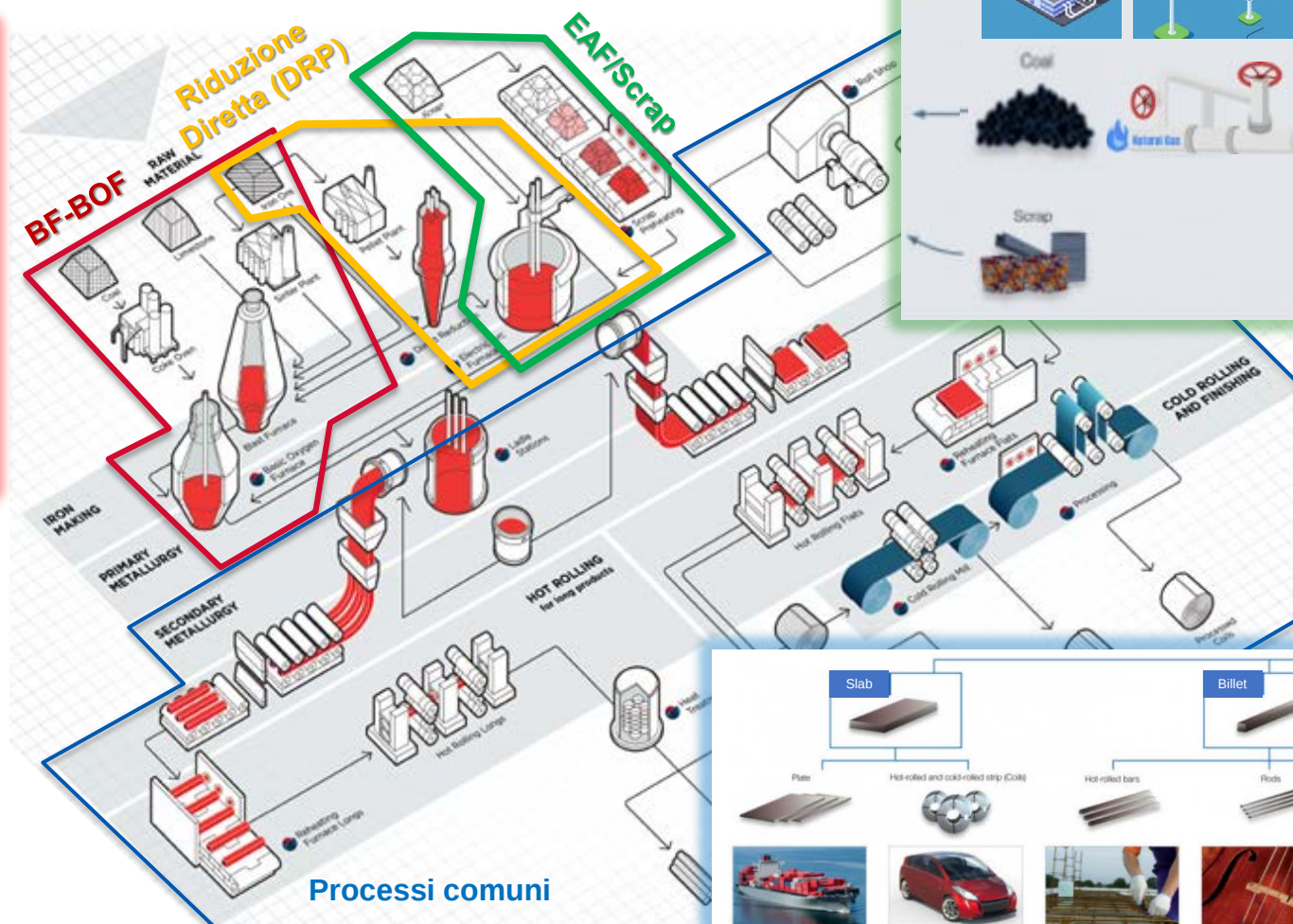
Take away



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Il processo di produzione acciaio oggi

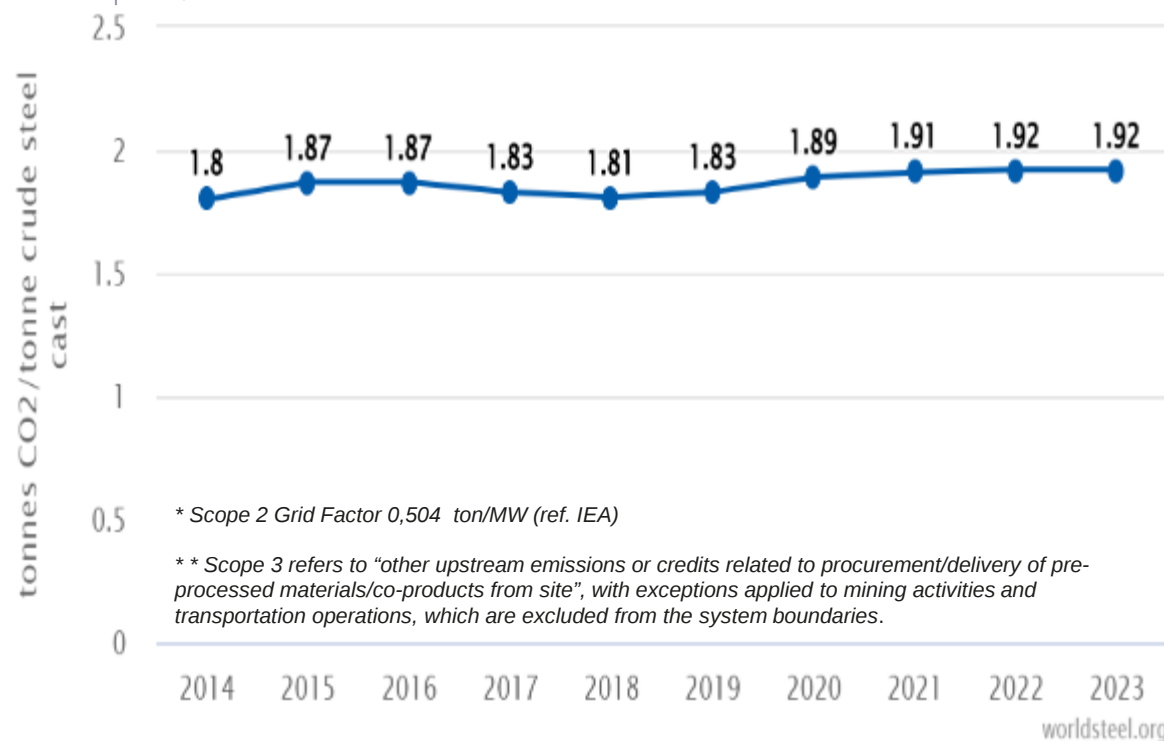


Impronta di carbonio dell'industria siderurgica

MEDIA MONDIALE

1. CO2 emissions intensity

Scope 1,2* and 3**

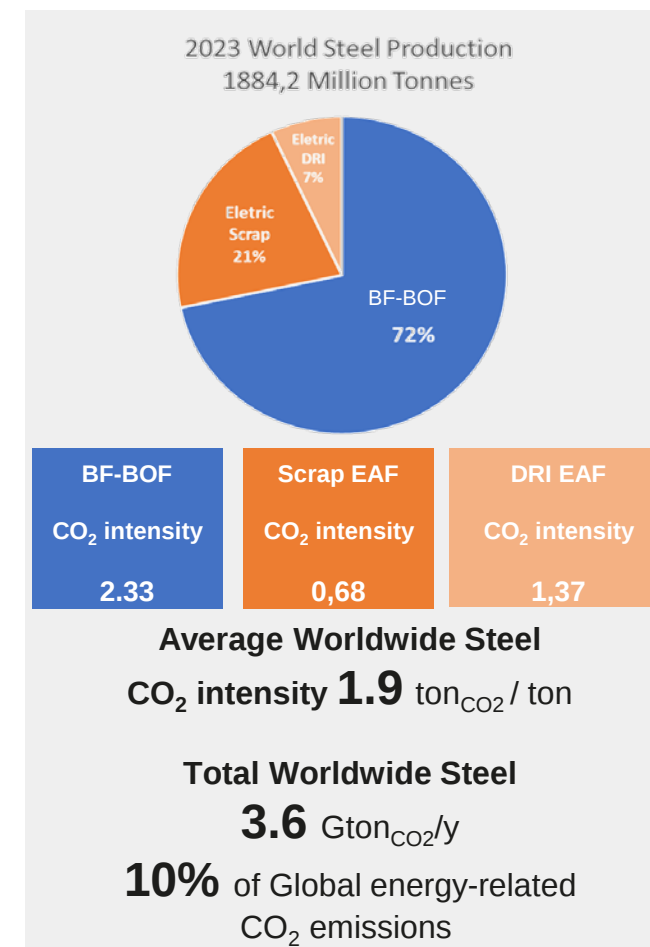


<https://worldsteel.org/wider-sustainability/sustainability-indicators-2024-report/>



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica



[Emissions Measurement and Data Collection for a Net Zero Steel Industry \(iea.blob.core.windows.net\)](https://worldsteel.org/wider-sustainability/sustainability-indicators-2024-report/)

<https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures-2023/>

Impronta di carbonio dell'industria siderurgica

LA SITUAZIONE LOCALE

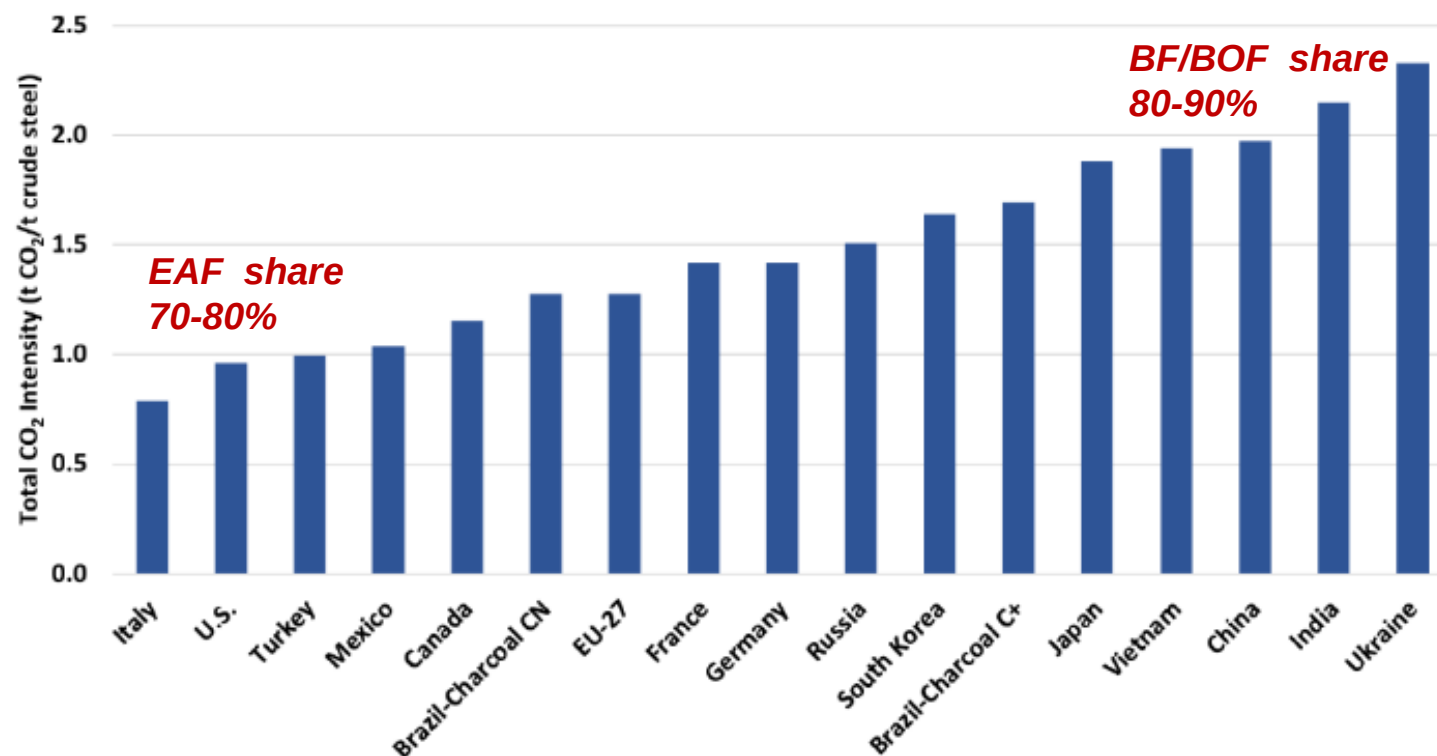
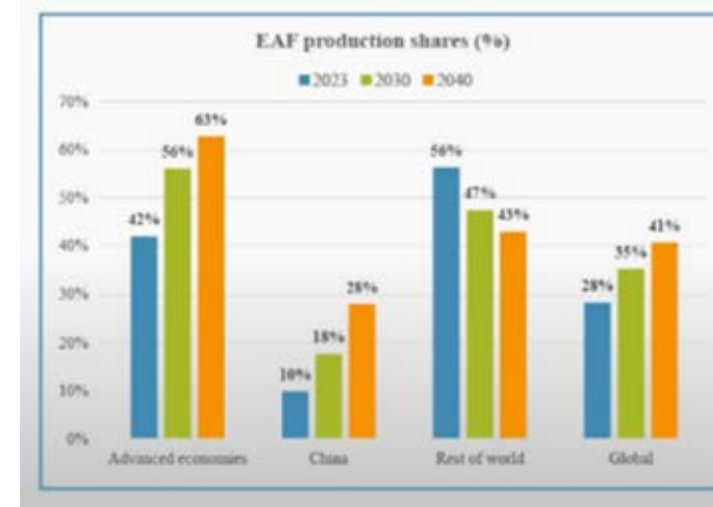
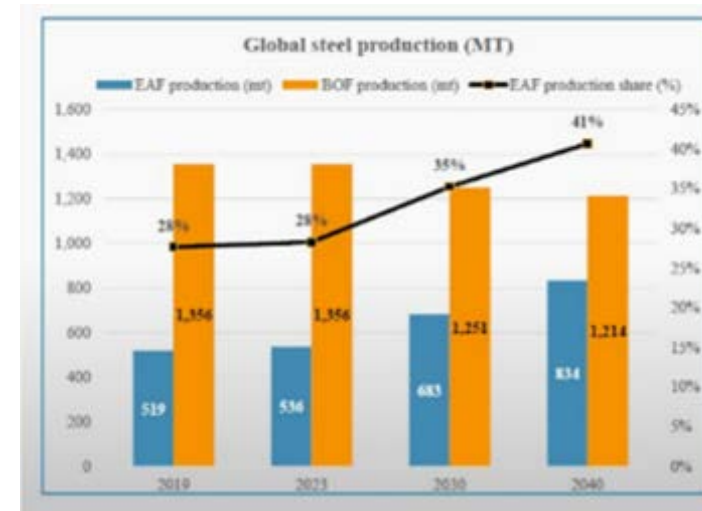


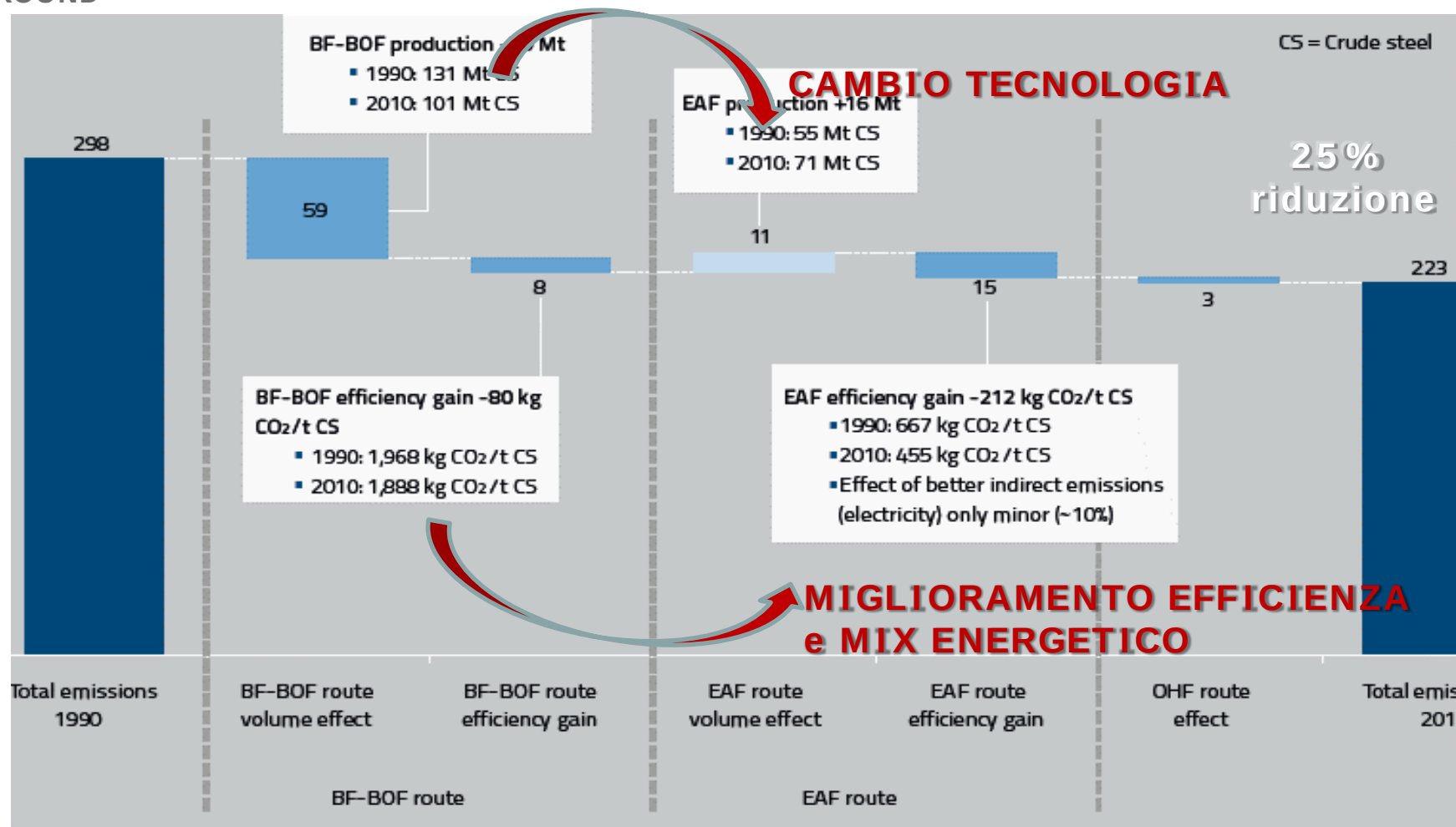
FIGURE 13. TOTAL CO₂ EMISSIONS INTENSITY OF THE STEEL INDUSTRY IN 16 COUNTRIES/REGIONS IN 2019. ¹³⁹

NOTE: BRAZIL-CHARCOAL CN REFERS TO WHEN CHARCOAL IS CONSIDERED CARBON NEUTRAL. BRAZIL-CHARCOAL C+ REFERS TO WHEN CHARCOAL IS NOT CONSIDERED CARBON NEUTRAL BECAUSE OF QUESTIONS AND CONCERNS REGARDING THE SUSTAINABILITY OF BIOMASS USED IN THE STEEL INDUSTRY IN BRAZIL. SEE SOURCE FOR MORE INFO.



Riduzione CO₂ in Europa: SCOPO 1 e 2

BACKGROUND



Source: EUROFER



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Una nuova era: transizione energetica

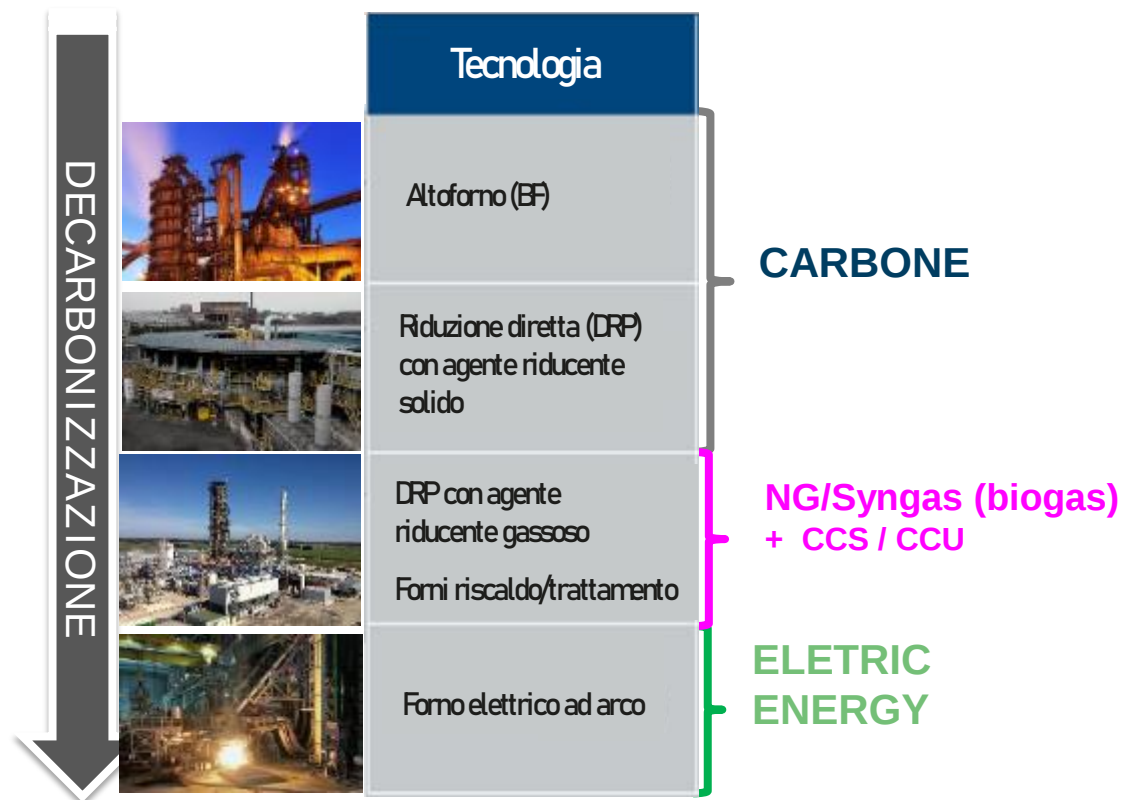
OPPORTUNITA' DI MODERNIZZAZIONE PER IL SETTORE SIDERURGICO



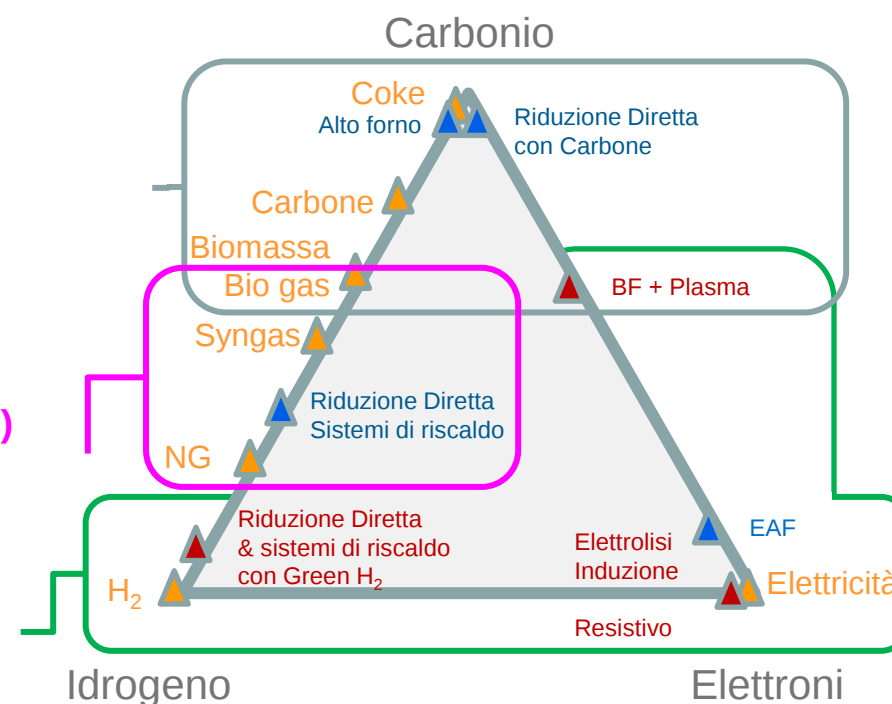
Smart Carbon Usage



Carbon Direct Avoidance



- ▲ Sorgente energia / agente riducente
- ▲ Tecnologia consolidata
- ▲ Tecnologia in fase di sviluppo



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Le tecnologie di decarbonizzazione

SCU

CDA

NG + CCU – CO₂ Cattura e Uso

ENERGIRON Riduzione Diretta

H₂ come agente riducente

Preriscaldamento gas elettrico

SCU

CDA

NG combustibile / Carbone agente di schiumeggiamento scoria e riduzione

Sistemi iniezione KT in EAF

H₂ sostituto del NG / polimeri o biomasse sostituti carbone

CDA



PATHWAYS

SCU

Smart Carbon Usage

CDA

Carbon Direct Avoidance

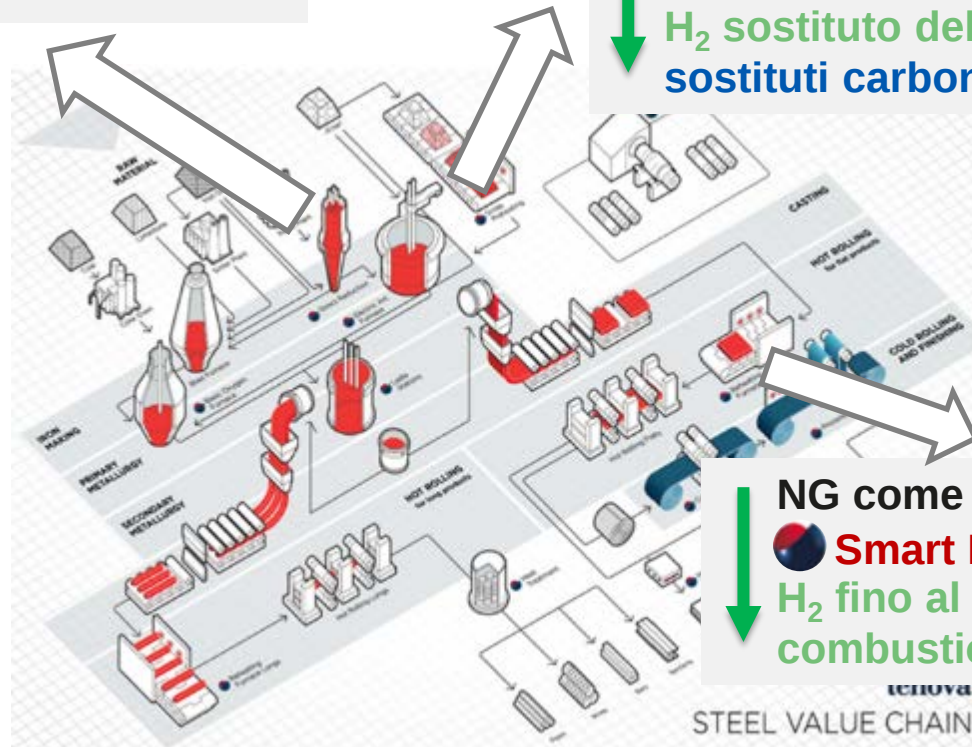


Tenova

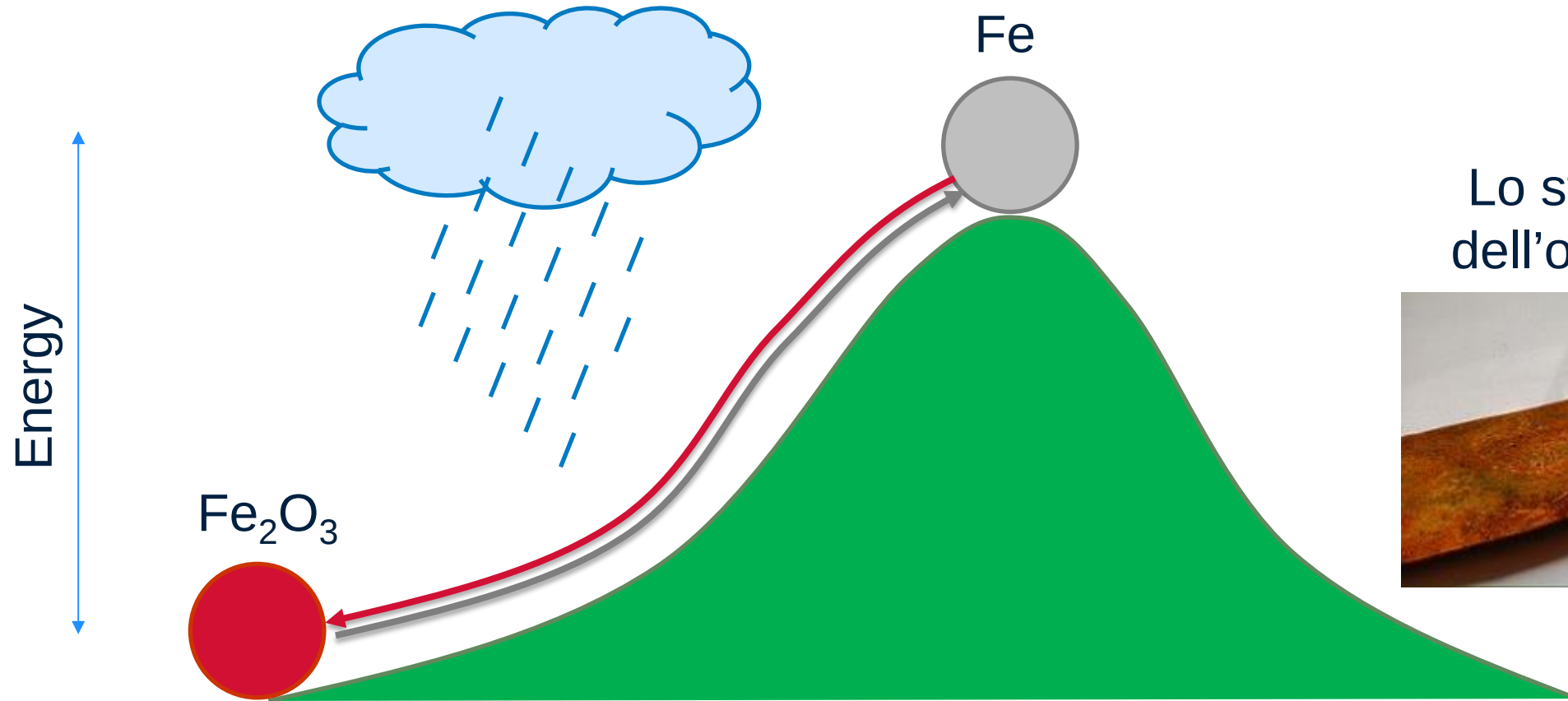


ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica



Cosa è l'ossido di ferro ?



Lo stato naturale
dell'ossido di ferro

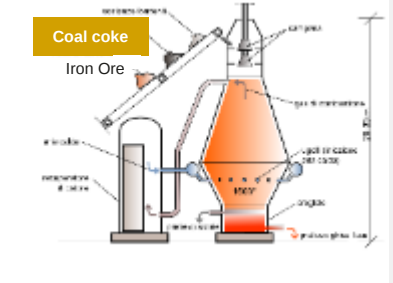
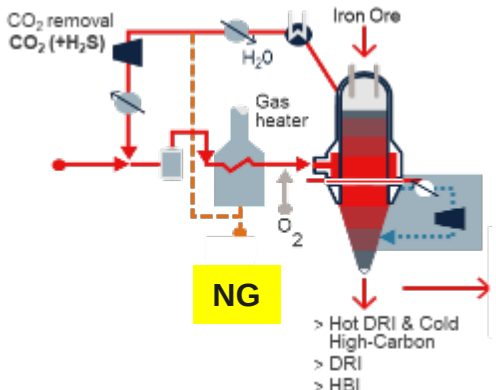
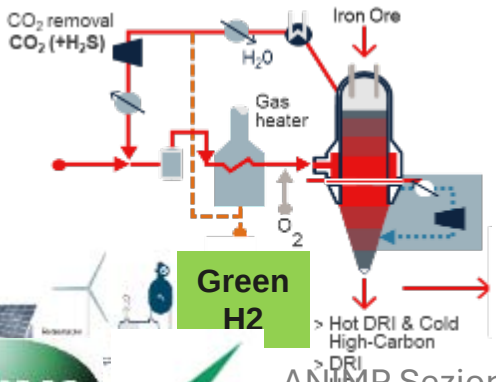


Ossidazione: $\text{Fe} \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$

Riduzione: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$



I processi di riduzione del minerale di ferro

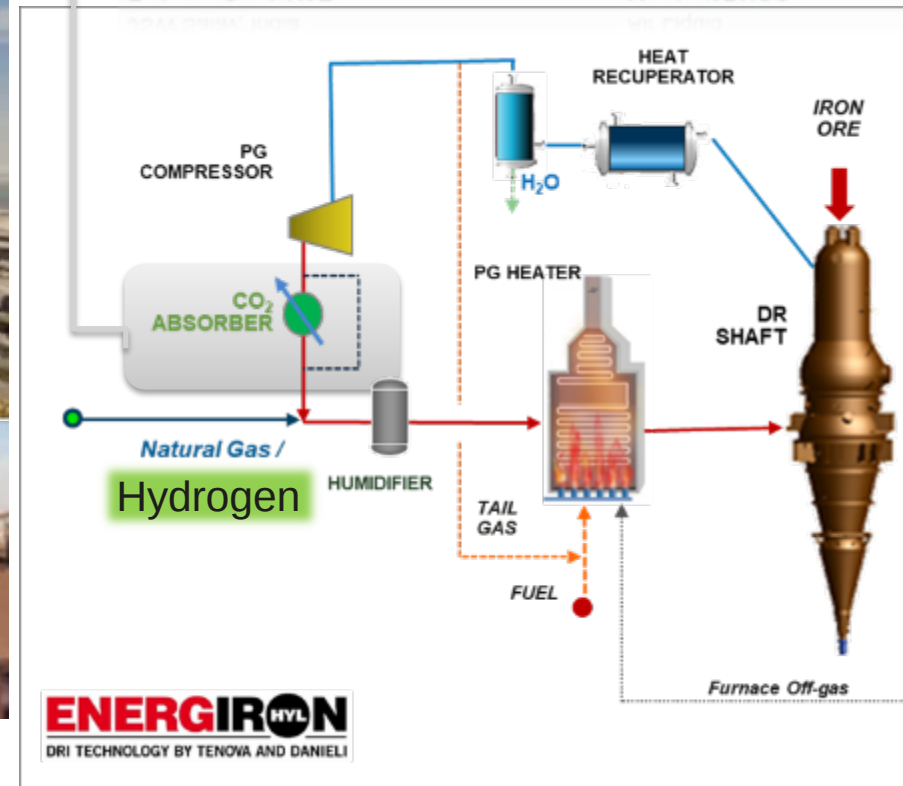
	Gassificazione: $C \rightarrow CO$ $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $C + CO_2 \rightarrow 2CO$	Riduzione: $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ $3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$ $Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2$ $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$
	Reforming: $CH_4 \rightarrow CO + H_2$ $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ $CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$	Riduzione: $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ $3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$ $3Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow 2Fe_3O_4 + H_2O$ $Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2$ $Fe_3O_4 + H_2 \rightarrow 3FeO + H_2O$ $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$ $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$
	Elettrolisi: $2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2$	Riduzione: $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ $3Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow 2Fe_3O_4 + H_2O$ $Fe_3O_4 + H_2 \rightarrow 3FeO + H_2O$ $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$

Alcuni esempi: l'esperienza di Tenova

PRODUZIONE ACCIAIO LIQUIDO



HYL/ENERGIRON DR Plant	Off-taking company	Use
Ternium; Monterrey, Mexico	Linde	Food and beverages industries
Ternium; Puebla, Mexico	Cryofra	Beverages industries
PTKS; Indonesia	Janator	Food industry
PSSB; Malaysia	Air Liquid/MOQ	Food industry
JSW Salav; India	Air Liquid	Dry Ice
Emirates Steel; UAE	Masdar/ADNOC	Enhanced Oil Recovery (EOR)

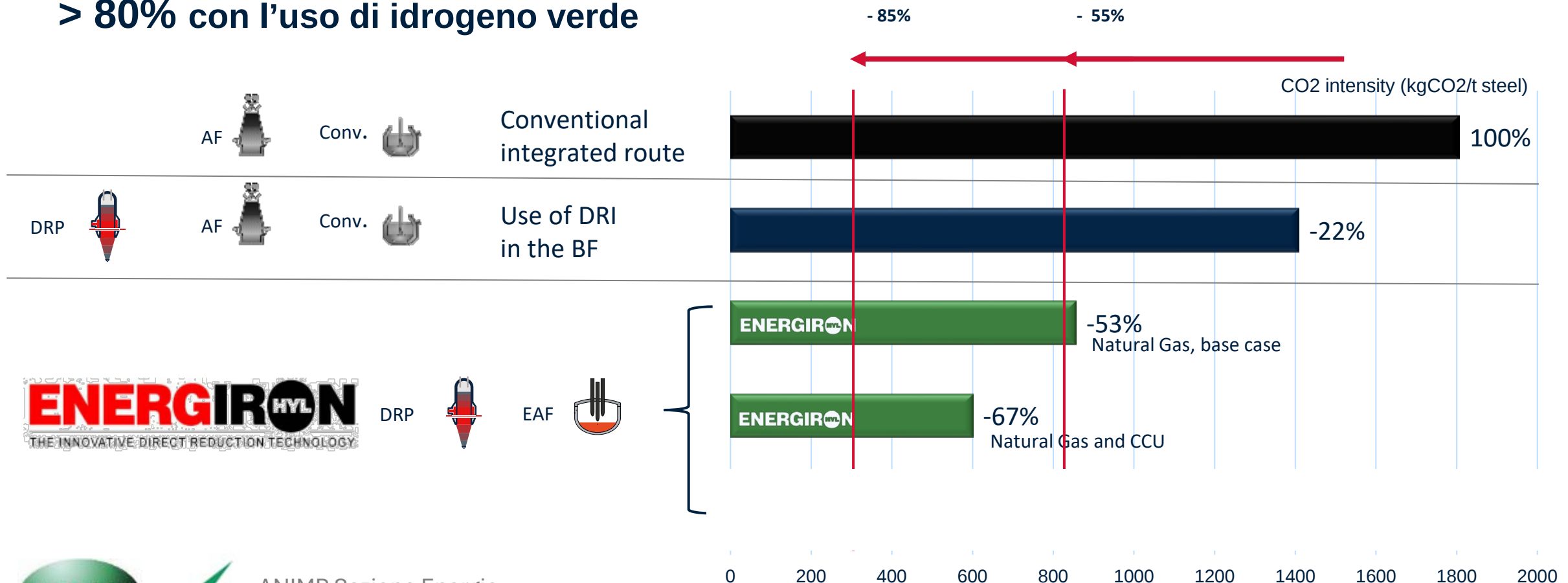


ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Potenziale di decarbonizzazione dell'H₂

- ~ **50%** riduzione rispetto al processo tradizionale in altoforno (BF)
- ~ **60%** riduzione in caso di stoccaggio/utilizzo della CO₂ cattura
- > **80%** con l'uso di idrogeno verde



ENERGIRON
THE INNOVATIVE DIRECT REDUCTION TECHNOLOGY



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica



2nd DRI Plant in China
1 Mtpy top-quality DRI
Uso flessibile di NG, COG and H2
In produzione dal 01/01/24

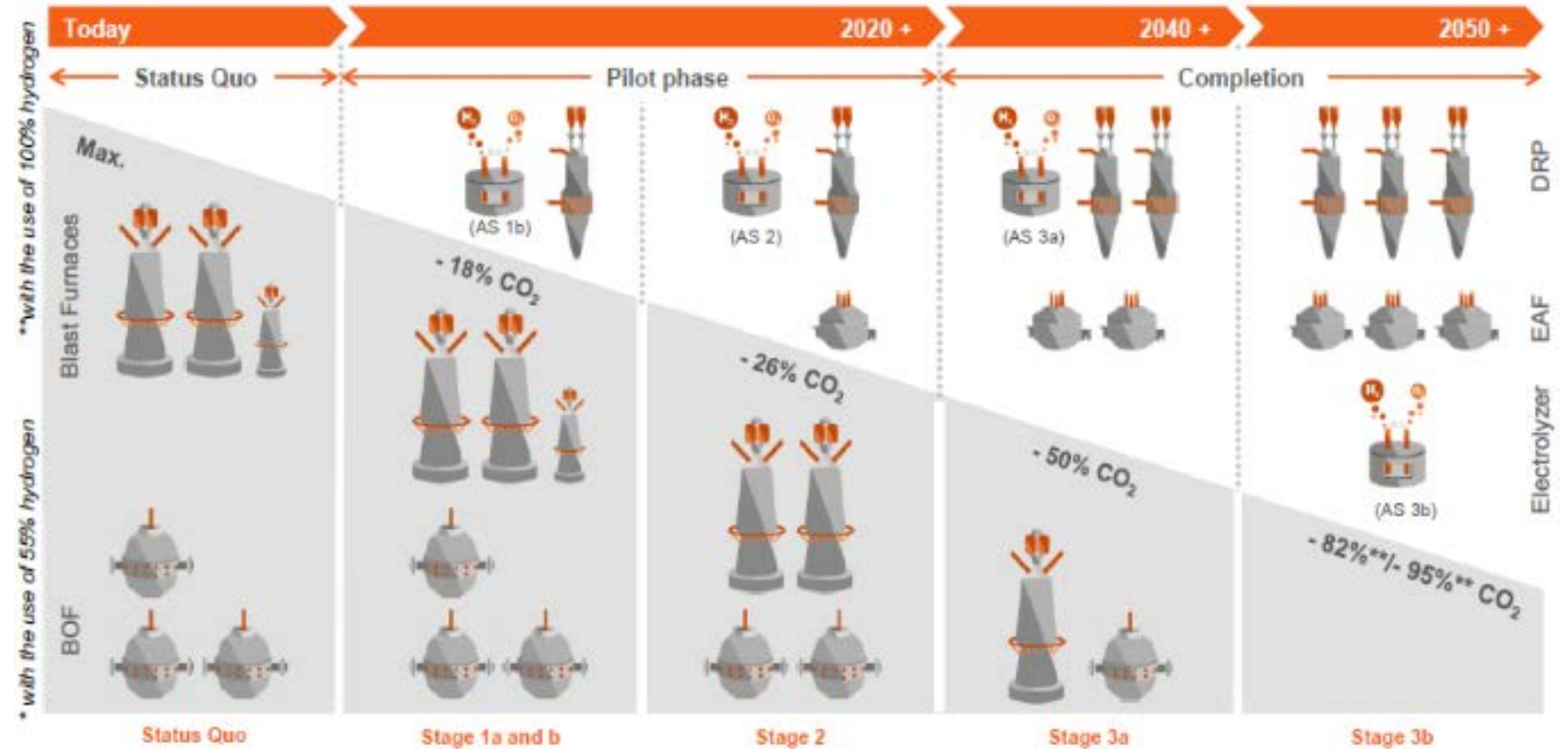


SALCOS – SALzgitter Low CO₂ Steelmaking

Summary: Transformation of Integrated Steelmaking to DRP/EDF Based Steelmaking in Three Stages



Training unit



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Ternium Pesquería



2.1 Mil ton HDRI/CDRI MODULE



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

Dal pilota alla scala industriale

Fino al 100% H₂

HYBRIT

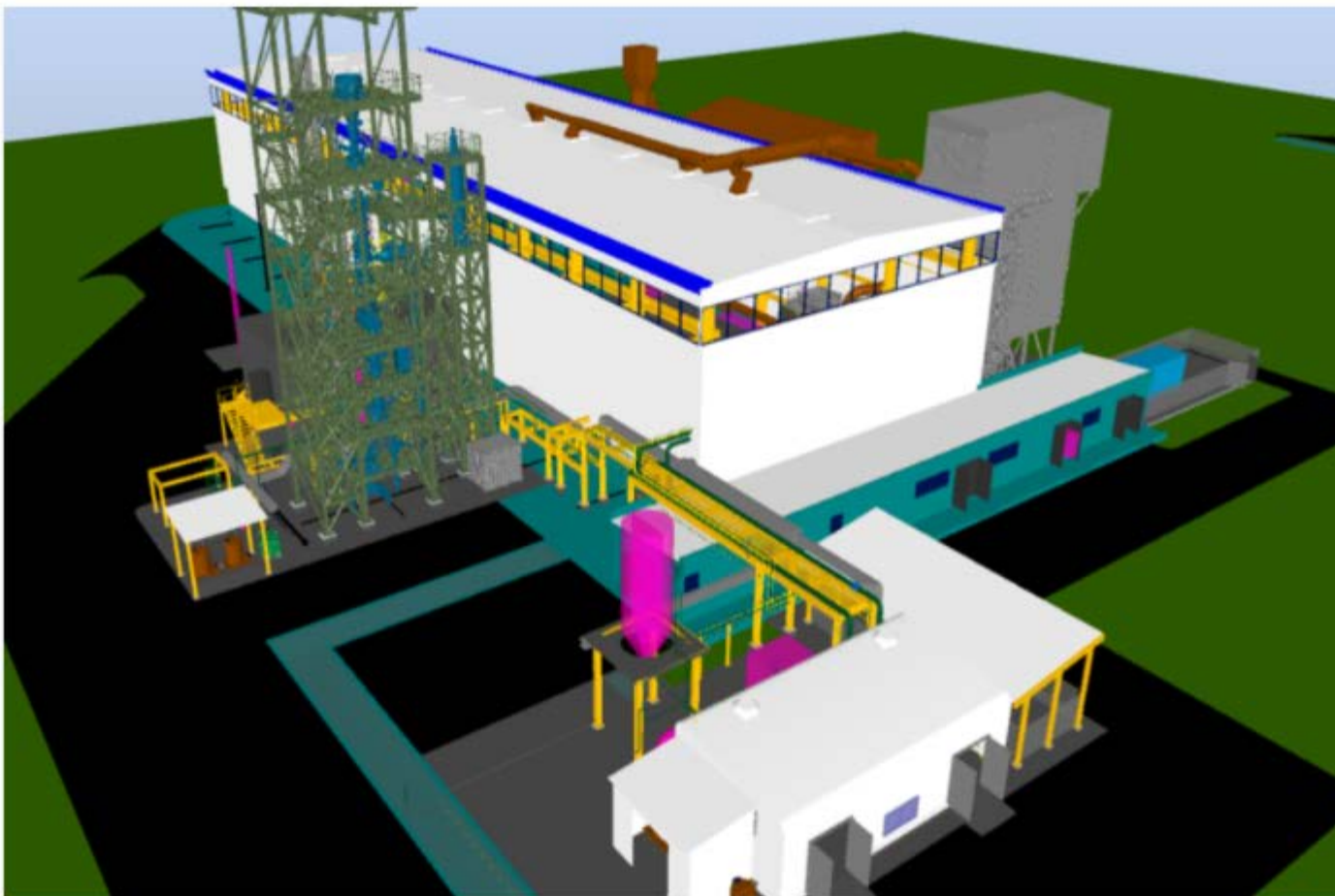
▶▶ FOSSIL-FREE STEEL

SSAB **LKAB** VATTENFALL



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica



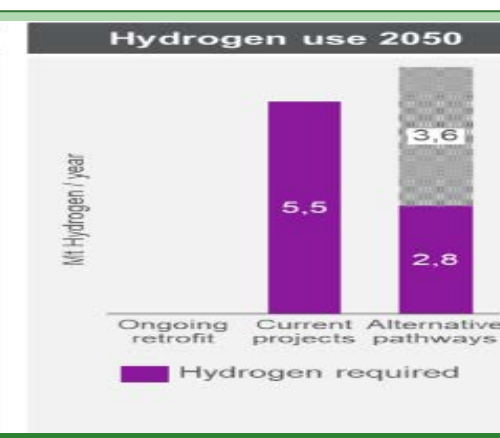
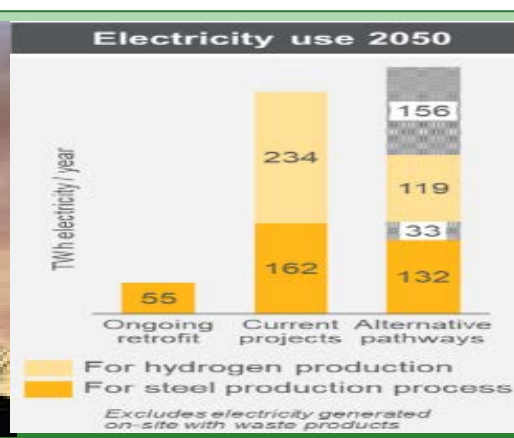
Tenova collabora con Rina nell'ambizioso progetto Hydra, sostenuto dalla Commissione Europea e dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy.

Questo pilota, finanziato da NextGenerationEU nell'ambito IPCEI, mira ad una piattaforma in grado di consentire a tutti i produttori di acciaio europei di sperimentare la produzione di acciaio liquido utilizzando al 100% idrogeno.

La sfida per l'utilizzo del 100% H₂ per DRP

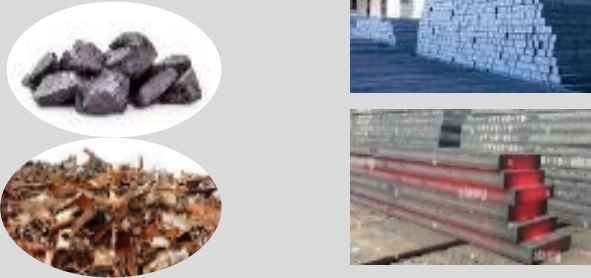
Produzione DRI	Uso H ₂ (% of energy) – kg/h		
[ton/year]	55%	70%	100%
250000	1300	1600	2300
500000	2600	3200	4600
1000000	5200	6500	9200
1500000	7700	9700	13800
2000000	10300	12900	18400
2500000	12900	16200	23000

Richiesta Elettrolizzatore [MW]		
H ₂ 55%	H ₂ 70%	H ₂ 100%
67	83	119
134	166	238
269	336	476
398	502	714
633	667	952
667	838	1190

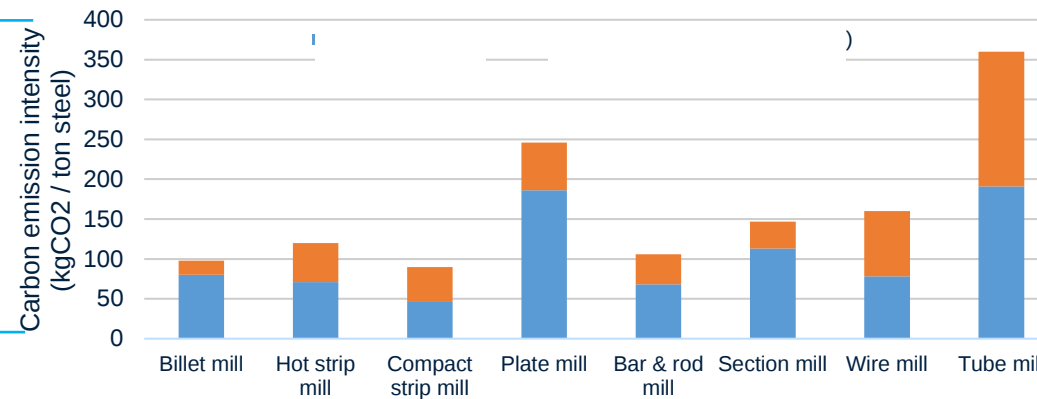
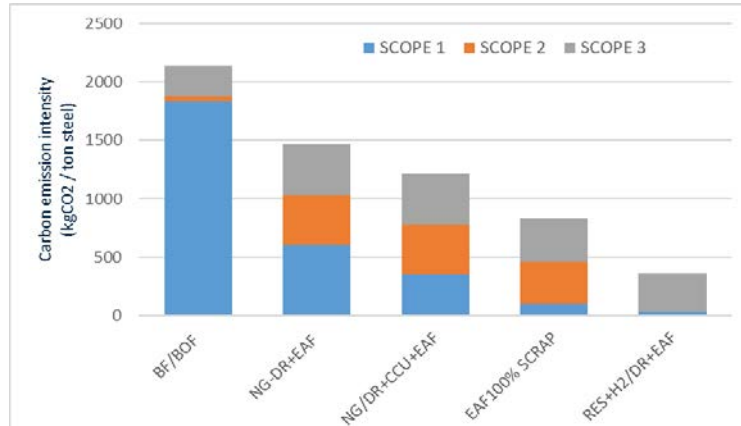


Un percorso di vera transizione

UPSTREAM



DOWNSTREAM



EUROFER, <https://www.eurofer.eu/publications/reference-documents/excel-tool-for-european-standard-en-19694-2>

VDH chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2022-11-30_A-Labeling-System-for-Green-Lead-Markets-Technical-background-paper.pdf

ENERGIRON® process data internal evaluations

Grid factor 0,504 tonCO2/MWh



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

H₂ ready furnaces



Forni di prossima generazione - eFurnaces

 **Resistivo (e-Burner)**

Integrazione di elementi resistivi nei bruciatori per migliorare la flessibilità nell'utilizzo di diverse fonti di energia

 **Induzione**

Induttore ad alta efficienza nella zona a bassa temperatura e bruciatori a gas per zona ad alta temperatura



Eletrificazione



Elettrolisi for Green H₂

Sostenere la transizione energetica garantendo l'investimento in CAPEX con bruciatori a basse emissioni e flessibili
H₂ ready

Stato arte: Smart Carbon Usage

UN ESEMPIO PER UN FORNO DI RISCALDO

Miglioramento EFFICIENZA

SCU



Sistema recuperativo
Preriscaldamento aria fino a 650°C
4-6% riduzione CO₂



Sistema Rigenerativo
Preriscaldamento aria fino a 1150°C
8-12% riduzione CO₂



Digitalizzazione
miglioramento della gestione
1-3% riduzione CO₂



Waste Gas Heat Recovery
Generazione vapore
7-20% riduzione CO₂

CO₂ emissions

79 kgco₂ / ton

76 kgco₂ / ton

73 kgco₂ / ton

71 kgco₂ / ton

70 kgco₂ / ton

68 kgco₂ / ton

0 kgco₂ / ton

Hot air
400°C
Reference
Case

Hot air
500°C

Hot air
650°C

Hot air
650°C +
Level 2

Regenerative
furnace

Regenerative
furnace +
Level 2

Oxy-burner



Walking Beam Furnace 300 tph

Slab discharging temperature: 1250 °C
Specific NG consumption: 1.3 GJ/ton



Elettrificazione con H₂: Carbon Direct Avoidance

UN ESEMPIO PER UN FORNO DI RISCALDO

Combustione Idrogeno Verde

CDA

richiede > 35% H₂ in volume



H₂-Ready Burners #1

27% NG + 73% H₂

Energia Elettrica per H₂ 67 MW

45% riduzione CO₂



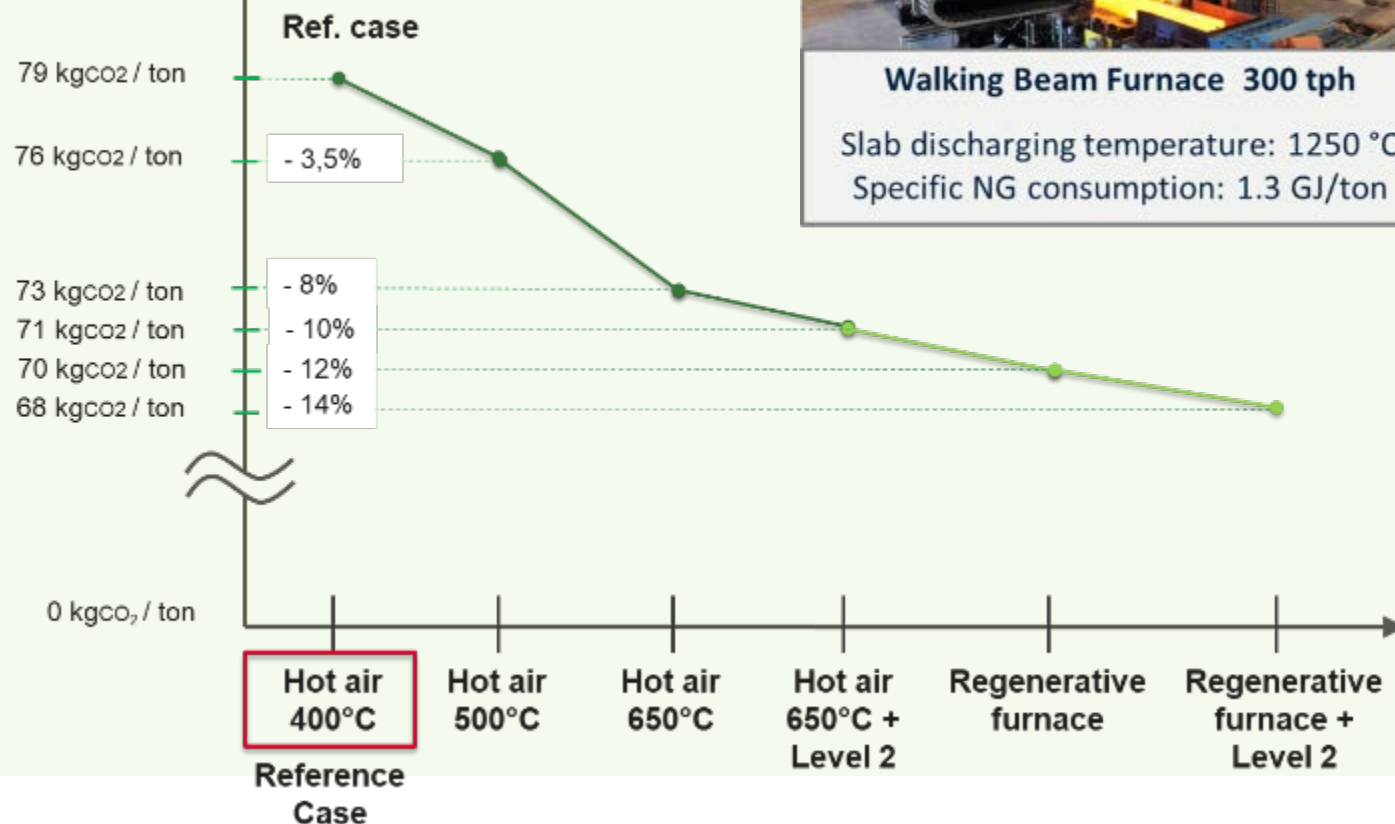
H₂-Ready Burners #2

5% NG + 95% H₂

Energia Elettrica per 126 MW

85% riduzione CO₂

CO₂ emissions



Walking Beam Furnace 300 tph

Slab discharging temperature: 1250 °C

Specific NG consumption: 1.3 GJ/ton





H₂ permette una riduzione diretta delle emissioni di CO₂ ma richiede un'elevata % in volume:

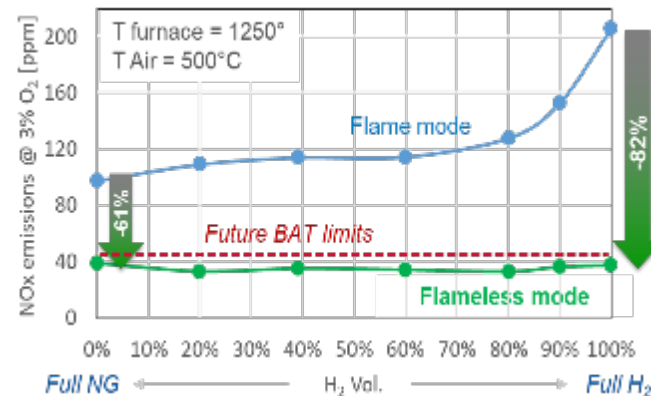
↑ H₂ > 60% ↓ CO₂ > 30%



La combustione Flameless consente basse emissioni di NO_x anche con alte % H₂

↑ NO_x flame burners

↓ NO_x flameless burners



L'uso dell'H₂ pone alcune questioni

Effetto dell'atmosfera prodotta dalla combustione

Impatto sul prodotto (formazione scaglia)

Impatto sui materiali (refrattari, piping, valvole)

Condizioni indesiderate (ad es. condensa)

Approvvigionamento di H₂ (generazione, stoccaggio e trasporto)

Sperimentazioni di lunga durata (demo industriale)

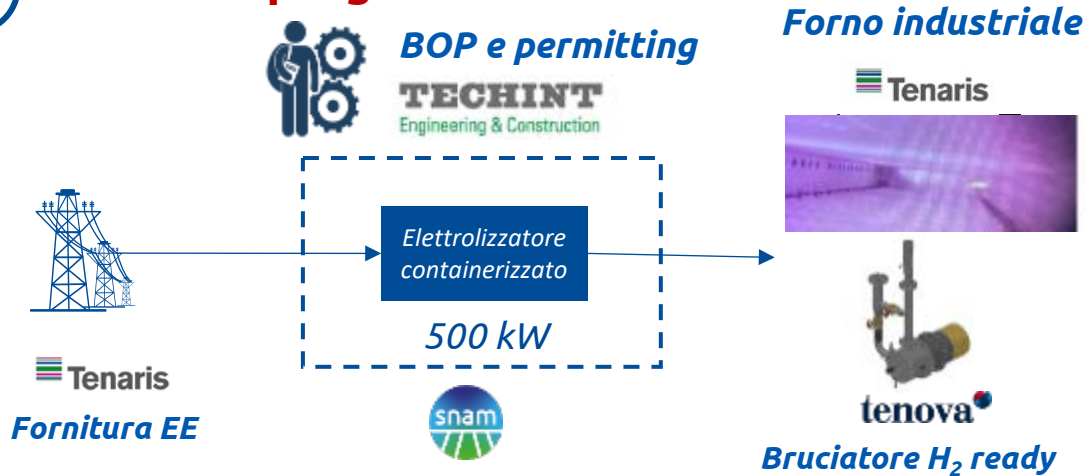
Dimostratori tecnologici



LA CATENA DEL VALORE PER L' H₂ RICHIEDE COLLABORAZIONE



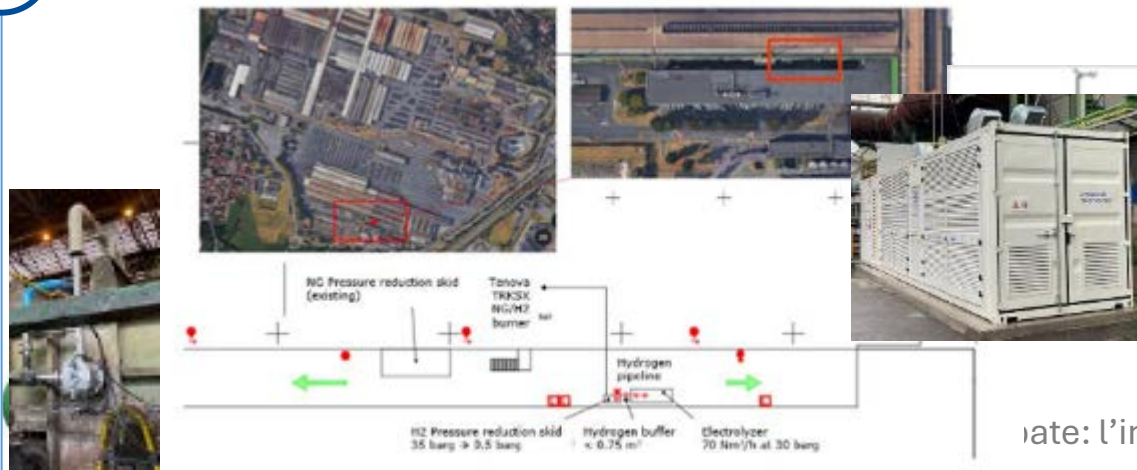
Schema progetto T3



Schema progetto HyTechHeat HEU



Installazione nel sito industriale



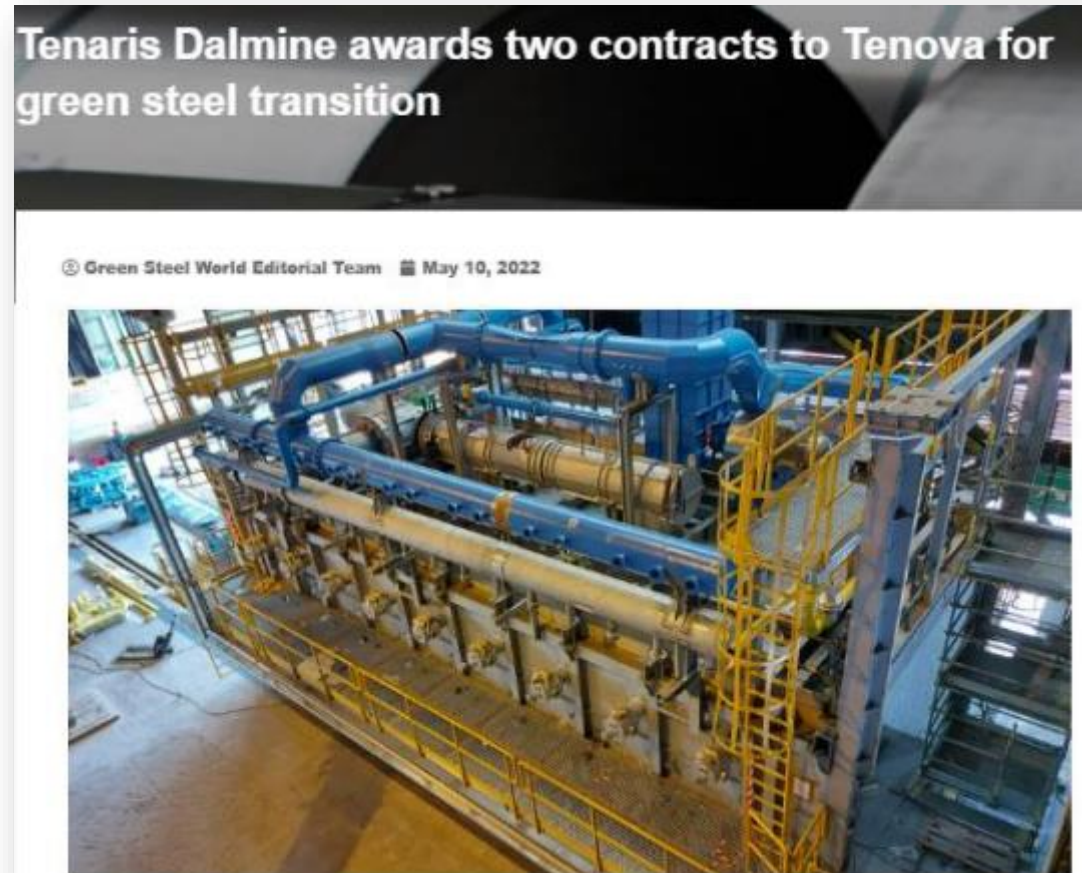
Installazione Tenova Castellanza



ate: l'industria

Forni trattamento H₂ ready

FORNI TENOVA IN GRADO DI LAVORARE DAL 100% NG FINO AL 100% H₂



<https://greensteelworld.com/tenaris-dalmine-awards-two-contracts-to-tenova-for-green-steel-transition>



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica



chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://greensteelworld.com/wp-content/uploads/sites/24/2024/07/4-Tortoreto_ArvediAST.pdf

Condizioni per il successo della decarbonizzazione nell'industria siderurgica



Accelerare l'accesso alle infrastrutture energetiche

- produzione energia pulita e conveniente
- distribuzione e stoccaggio H₂ e CO₂



Disporre di H₂ a basse emissioni di carbonio in grandi quantità a costi accessibili in un'area chiave



Promuovere la circolarità



Semplificare processi autorizzativi
Prevenire Carbon Leakage



Definire politiche a supporto degli investimenti (CAPX + OPEX)

Perseguire uniformità normativa



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

.. mentre i rischi e le opportunità chiave devono essere gestiti

- Integrazione operativa dell'impianto siderurgico con fonti diversificate di produzione, trasporto e fornitura di energia
- Approvvigionamento competitivo e certificate di H₂
- Mantenere più rottami metallici in Europa
Aumentare la simbiosi industriale
- Esecuzione di progetti in greenfield e brownfield
- Accordi con utilizzatori finali x green premium

- Sono disponibili **soluzioni all'avanguardia** per gestire l'obiettivo di decarbonizzazione del settore siderurgico
- Nei prossimi 5-10 anni si prevede un progressivo **sviluppo e stabilizzazione** dei mercati delle **materie prime e dell'energia**
- Nel frattempo, la **transizione** deve essere gestita cogliendo le opportunità a breve/medio termine di **ammodernamento** degli impianti mirando alla **neutralità carbonica**
- In questo scenario, l'industria siderurgica ha bisogno di **soluzioni flessibili** per potersi adattare alla transizione **preservando gli investimenti e riducendo l'impatto ambientale globale e locale**.

Adaptation to a new era? Or to the transition?

IT IS NOT THE STRONGEST
OF THE SPECIES THAT
SURVIVES, NOR THE
MOST INTELLIGENT THAT
SURVIVES. IT IS THE ONE
THAT IS THE MOST
ADAPTABLE TO CHANGE.

LEON C. MEGGINSON
PARAPHRASING CHARLES DARWIN



A 20-year-long transition
means many changes to
be dealt with.
Companies can thrive or
die in the meantime.



enrico.malfa@tenova.com

R&D Director

TENOVA S.p.A.



ANIMP Sezione Energia

Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate: l'industria siderurgica

TECHINT GROUP