

AIDIC

*Associazione Italiana
di Ingegneria Chimica*



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



UNIVERSITÀ DI PISA



LA DECARBONIZZAZIONE DELL'INDUSTRIA SIDERURGICA

GdL AIDIC - TRANSIZIONE ENERGETICA

**20 aprile 2023 Roma - Via Eudossiana 18, Roma - Sala del Chiostro
Università di Roma La Sapienza**

LE EMISSIONI DI CO2 NELLA PRODUZIONE MONDIALE DELL'ACCIAIO

24%

La quota attribuibile fra le emissioni
industriali

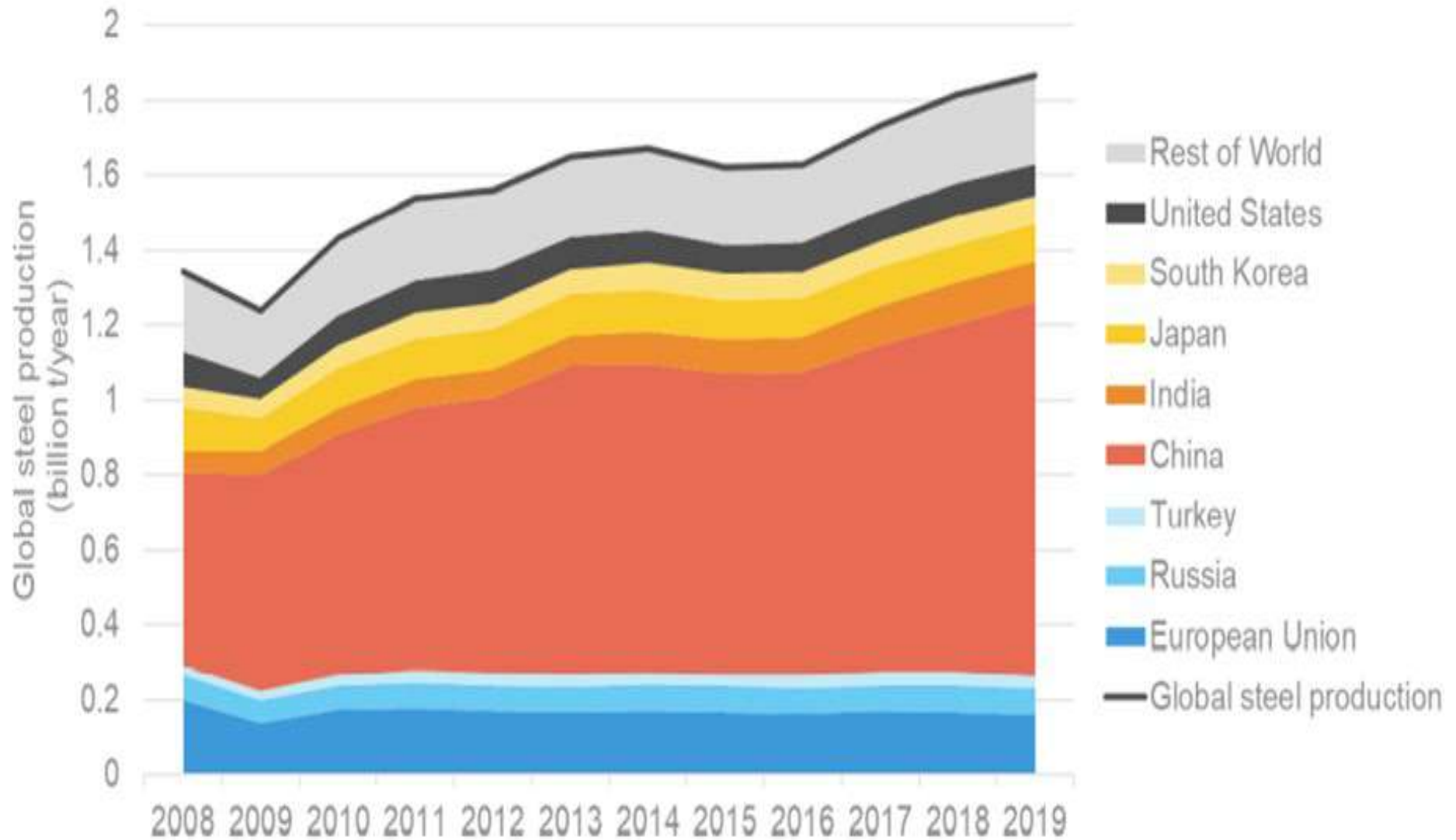
7-9%

la quota attribuibile fra le emissioni globali

2,8 miliardi di tonn/anno

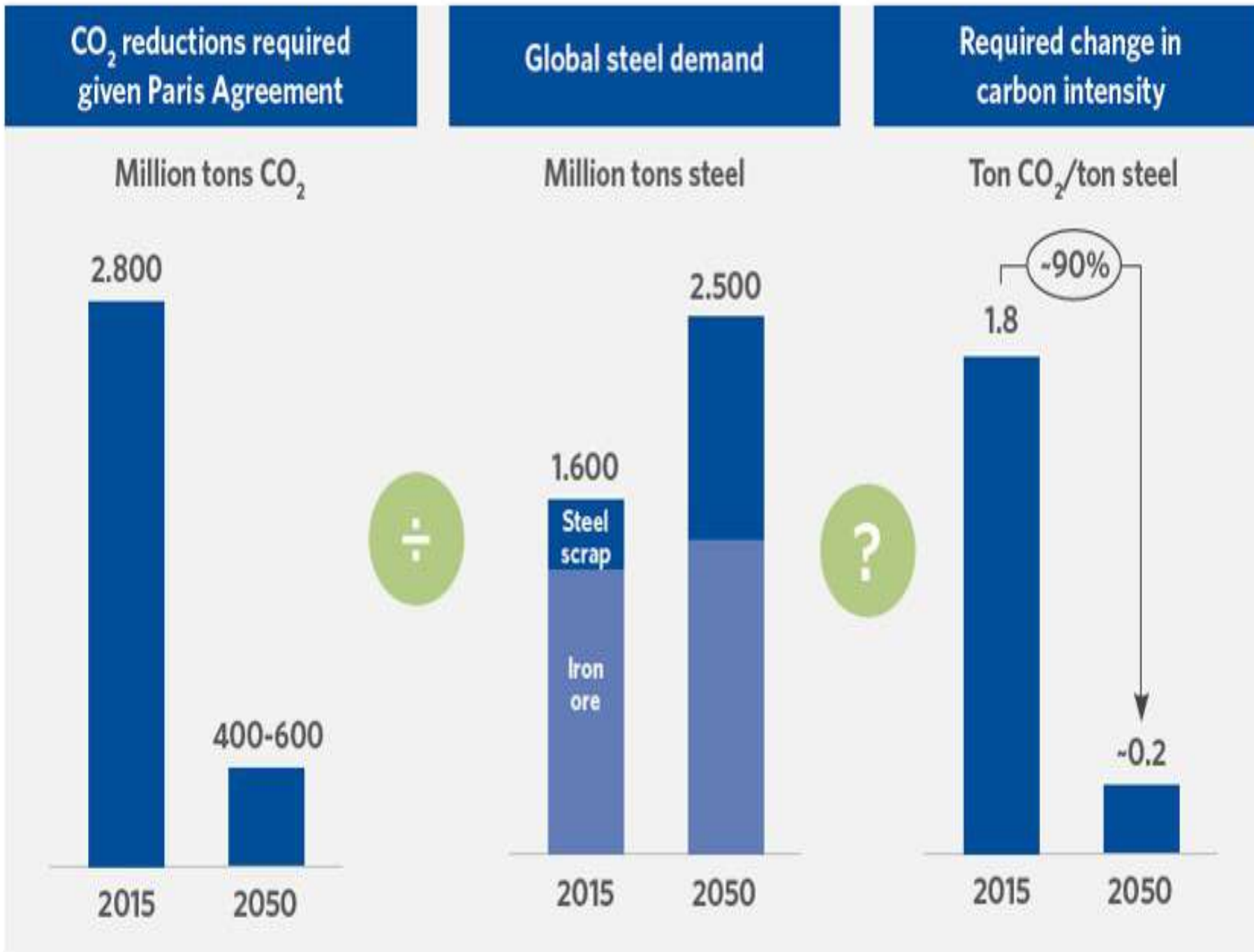
la quantità emessa

PRODUZIONE DI ACCIAIO A LIVELLO MONDIALE E PER PAESI



Source: JRC., (Worldsteel, 2020; World Steel Association, 2019; Worldsteel, 2018)

CAMBIAMENTI NELL'INTENSITA' DI CARBONIO AL 2050



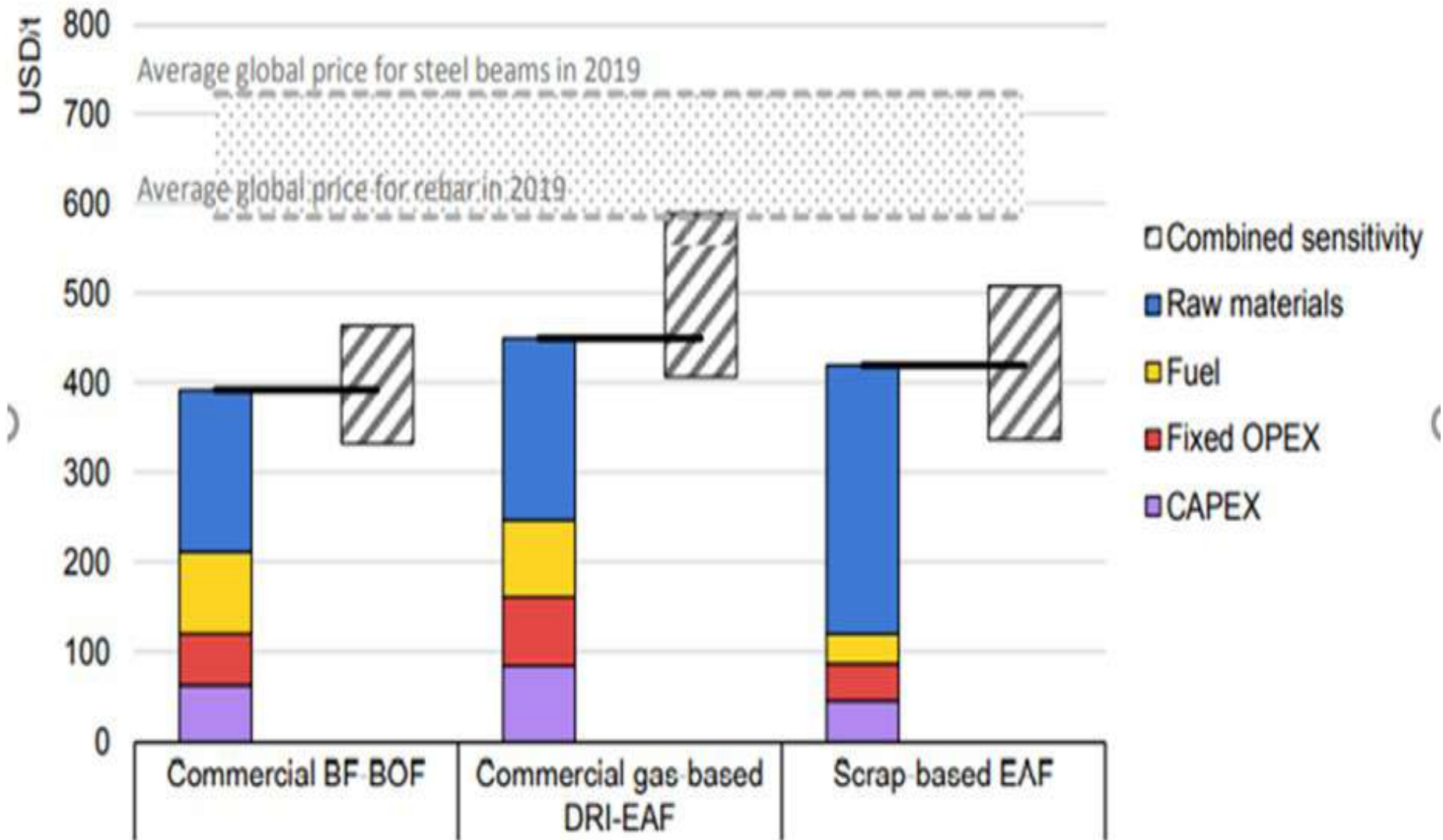
ANDAMENTO DELLA CARBON TAX NEGLI ULTIMI ANNI



PANORAMICA DEI PROCESSI BF+BOF E DRI+EAF NELLA PRODUZIONE DI ACCIAIO PRIMARIO

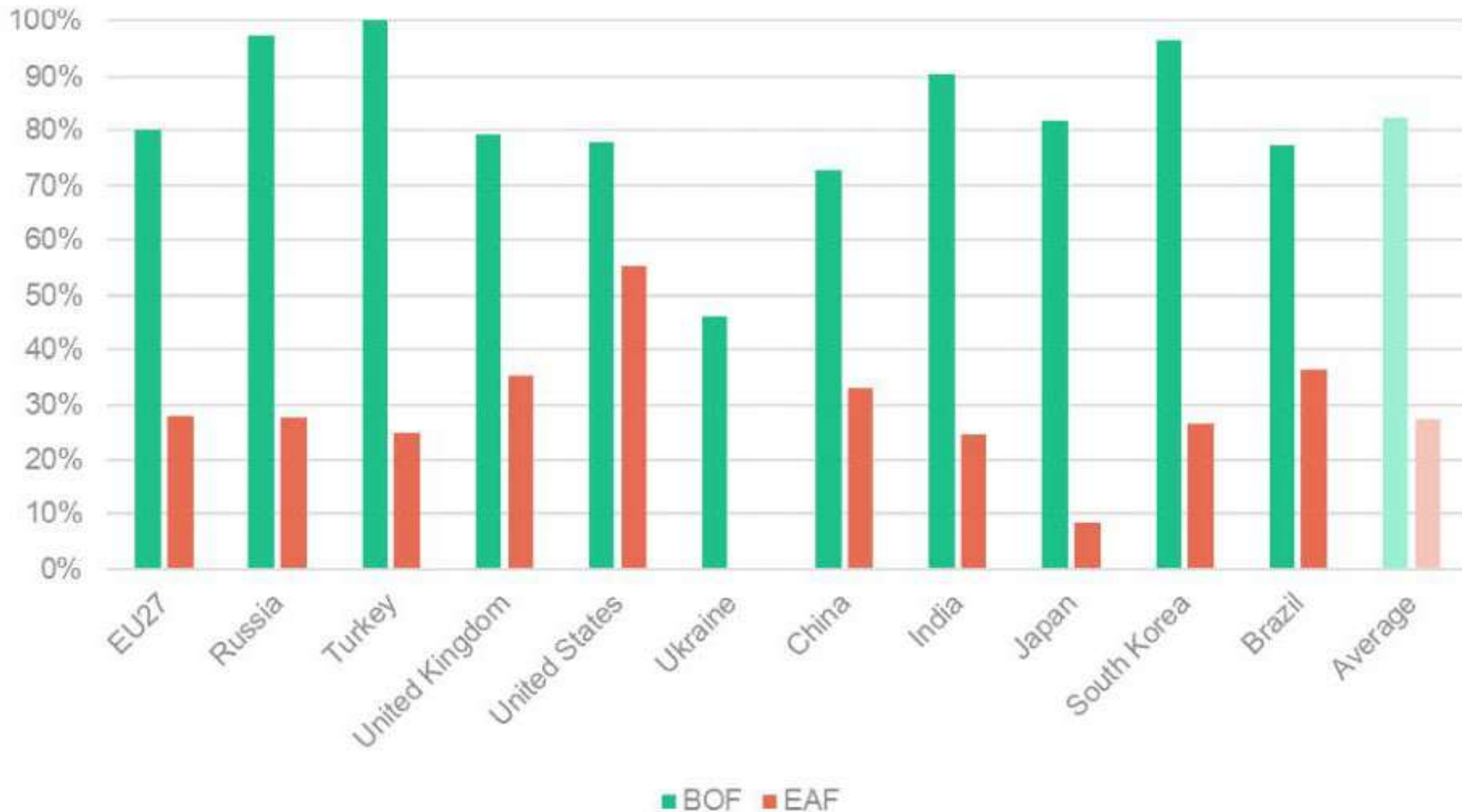


COSTI DI PRODUZIONE PER I PROCESSI CONVENZIONALI : BF-BOF, DRI-EAF E ROTTAMI-EAF



DISTRIBUZIONE DELLE PRODUZIONE DI ACCIAIO TRA I PROCESSI BOF E EAF

IN ITALIA IL PROCESSO EAF REALIZZA L'80% DELLA PRODUZIONE NAZIONALE



Source: JRC, (CRU, 2020; WSD Plantfacts, 2019).

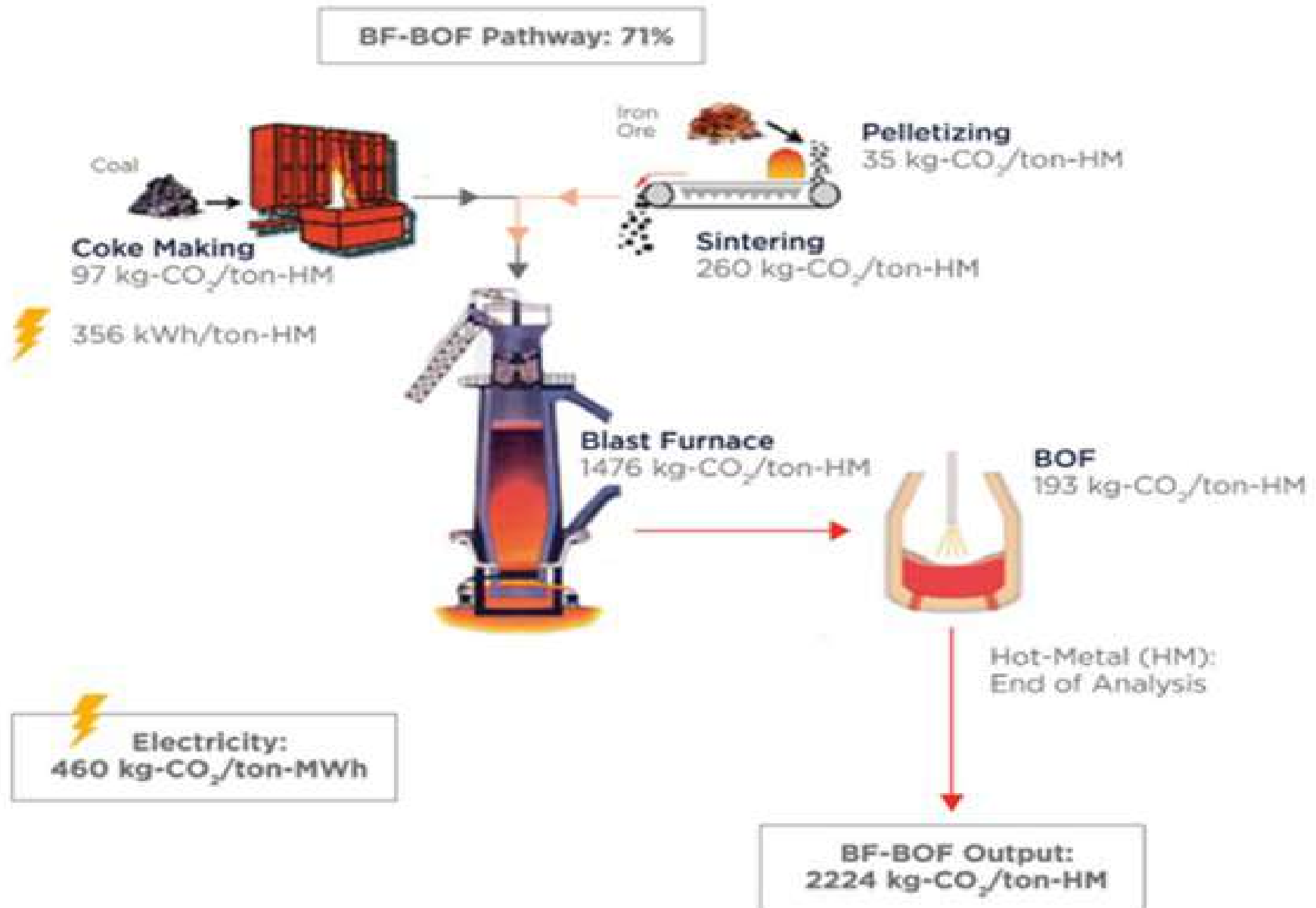
ANDAMENTO DEI PREZZI DI ALCUNI PRODOTTI NEGLI ULTIMI ANNI

RMB prices, flat steel HRC and HDG, Europe, 2015-2022 (€/ton)

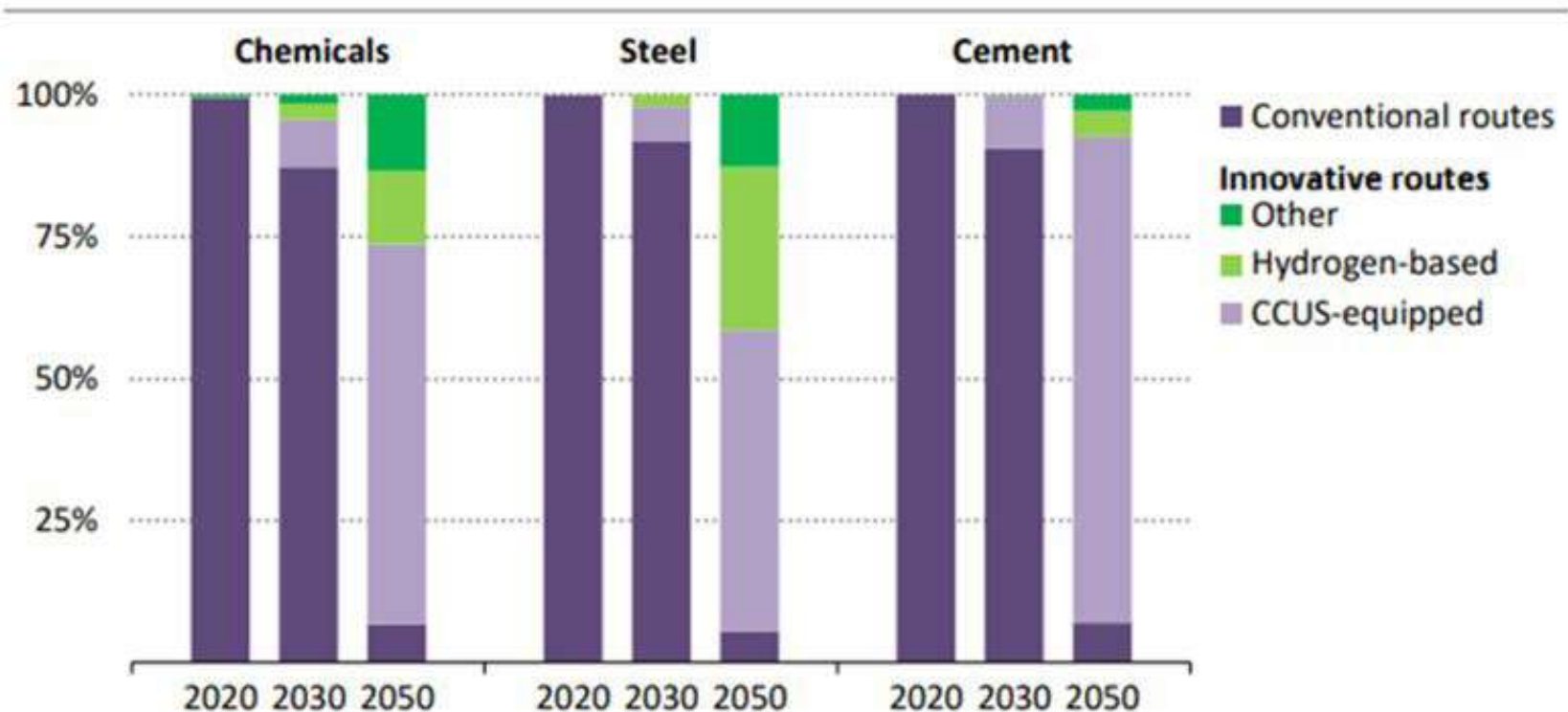


Note: North Europe Prices in Jan 2022 Source: Kallanish, Fastmarkets

EMISSIONI DI CO2 NEI VARI STADI DI PRODUZIONE DEL PROCESSO BF-BOF



IEA 2021 – TRASFORMAZIONE RICHIESTA NELLO SCENARIO NZE/2050

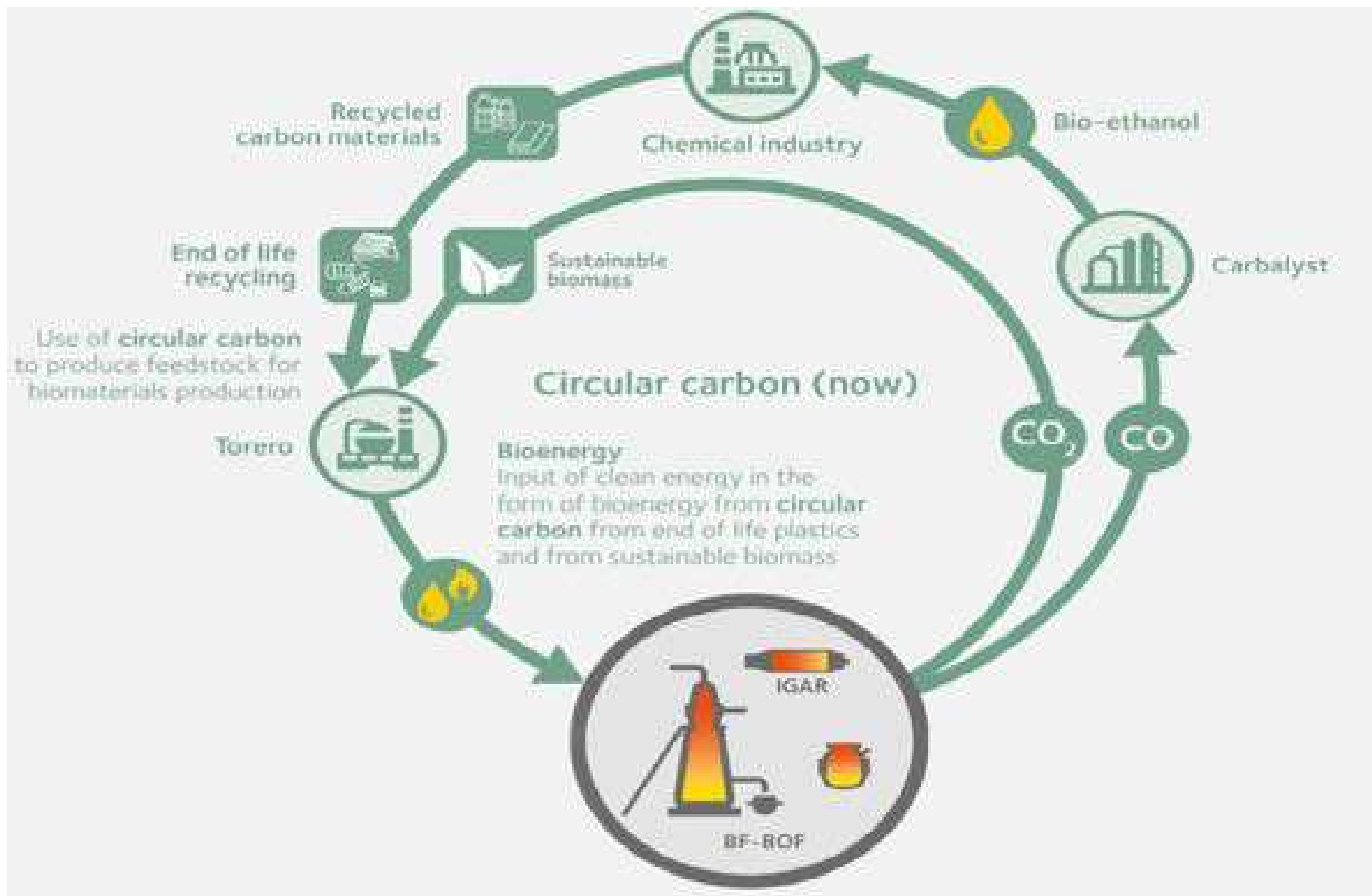


IEA. All rights reserved.

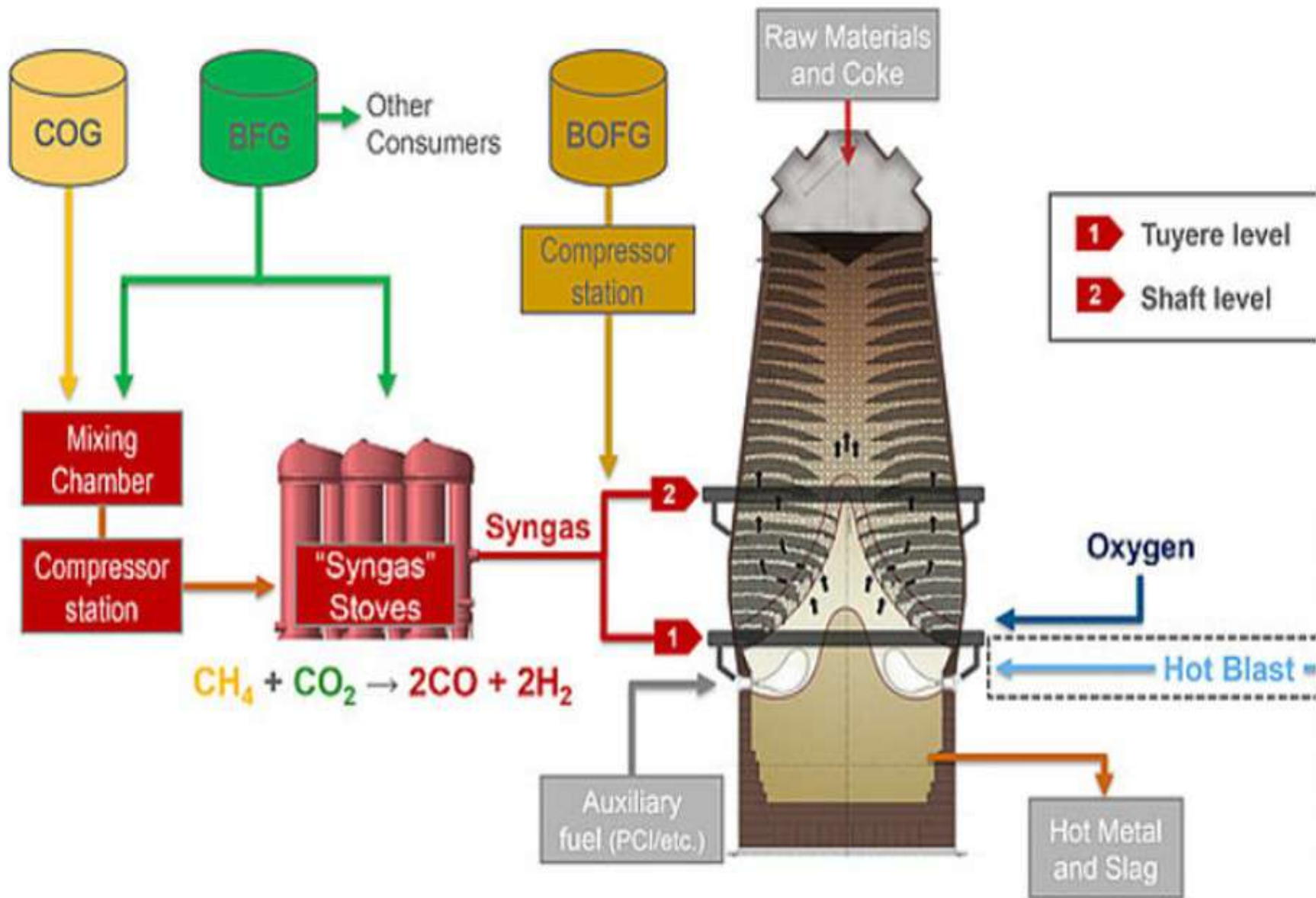
Near-zero emissions routes dominate cement, primary steel and chemicals production by 2050, with key roles for CCUS and hydrogen-based technologies

Notes: CCUS = carbon capture, utilisation and storage. Chemicals refers to the production of primary chemicals (ethylene, propylene, benzene, toluene, mixed xylenes, ammonia and methanol). Steel refers to primary steel production. Other includes innovative processes that utilise bioenergy and directly electrify production. Hydrogen-based refers to electrolytic hydrogen. Fossil fuel-based hydrogen with CCUS is included in the CCUS-equipped category.

CARBONIO CIRCOLARE NELLA PRODUZIONE DELL'ACCIAIO (Torero/ARCELOR-MITTAL)



INTEGRAZIONE DEL DRY-REFORMING NEL BF

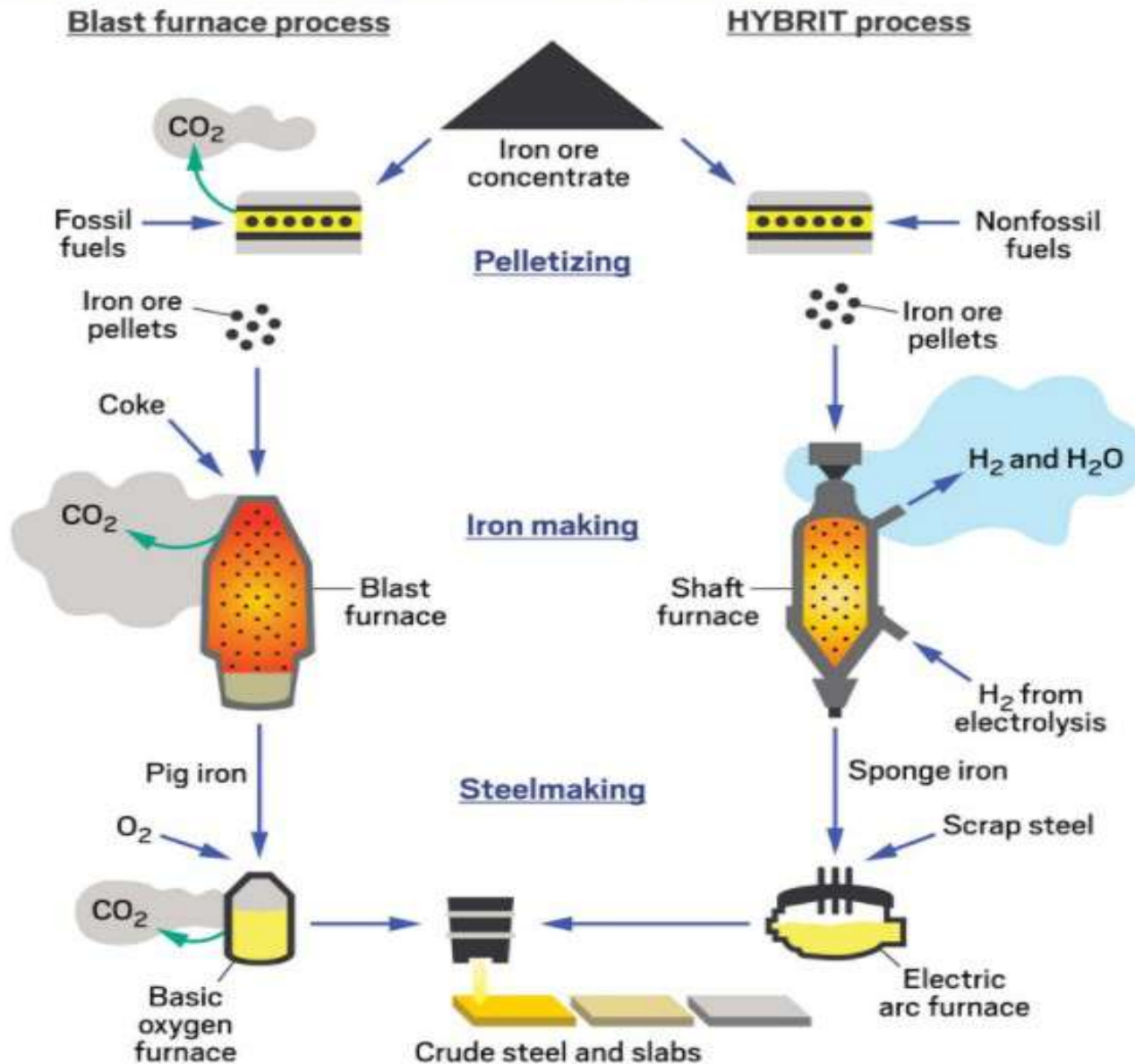


COG = coke oven gas; BFG = blast furnace gas; BOFG = converter gas

SCHEMA DEL PROGETTO HYBRIT (Svezia)

RECIPE FOR REDUCTION

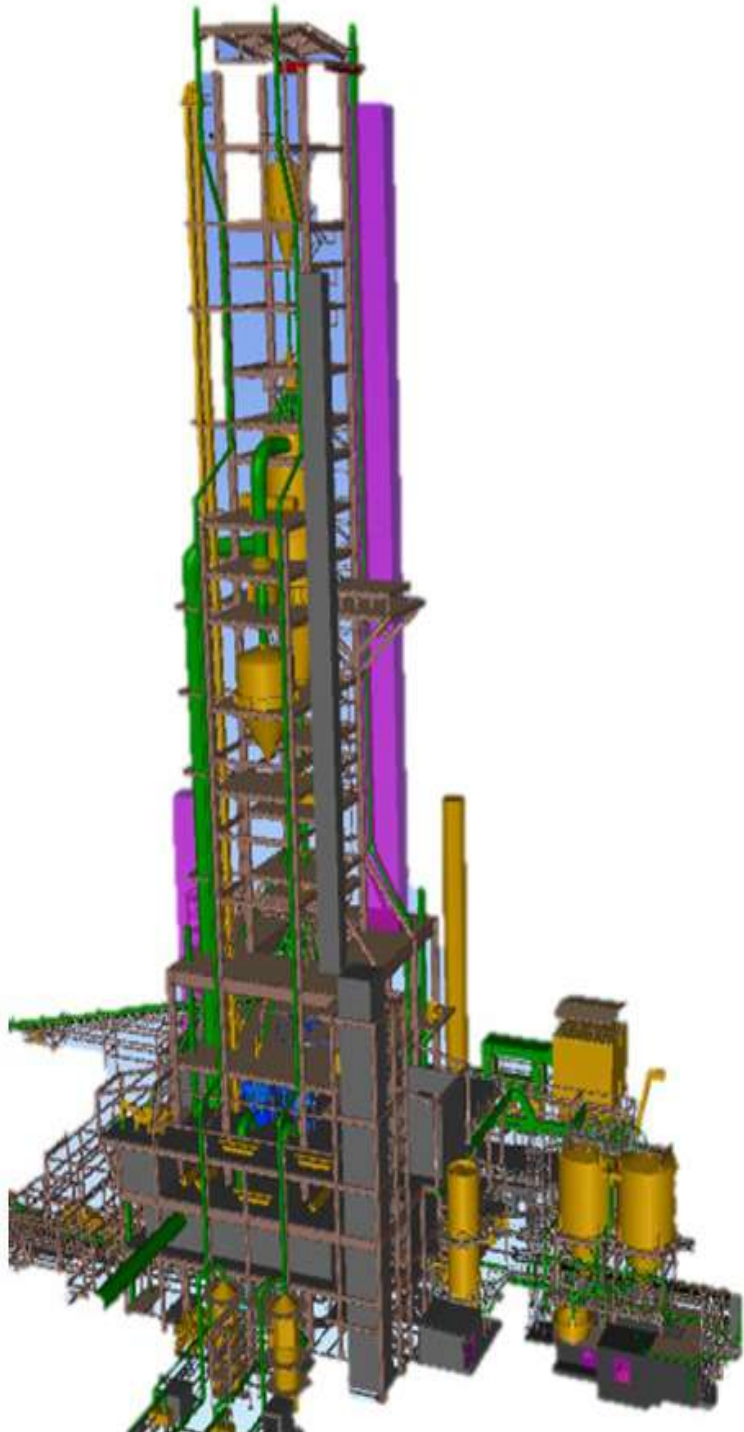
The Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology (HYBRIT) process aims to replace the coke and other fossil fuels used in traditional, blast furnace-based steelmaking and instead relies on hydrogen created with renewable electricity. The process should lower carbon dioxide emissions in all stages of steelmaking, including pelletizing iron ore, reducing iron oxides to iron, and producing crude steel.



Source: Adapted from HYBRIT.

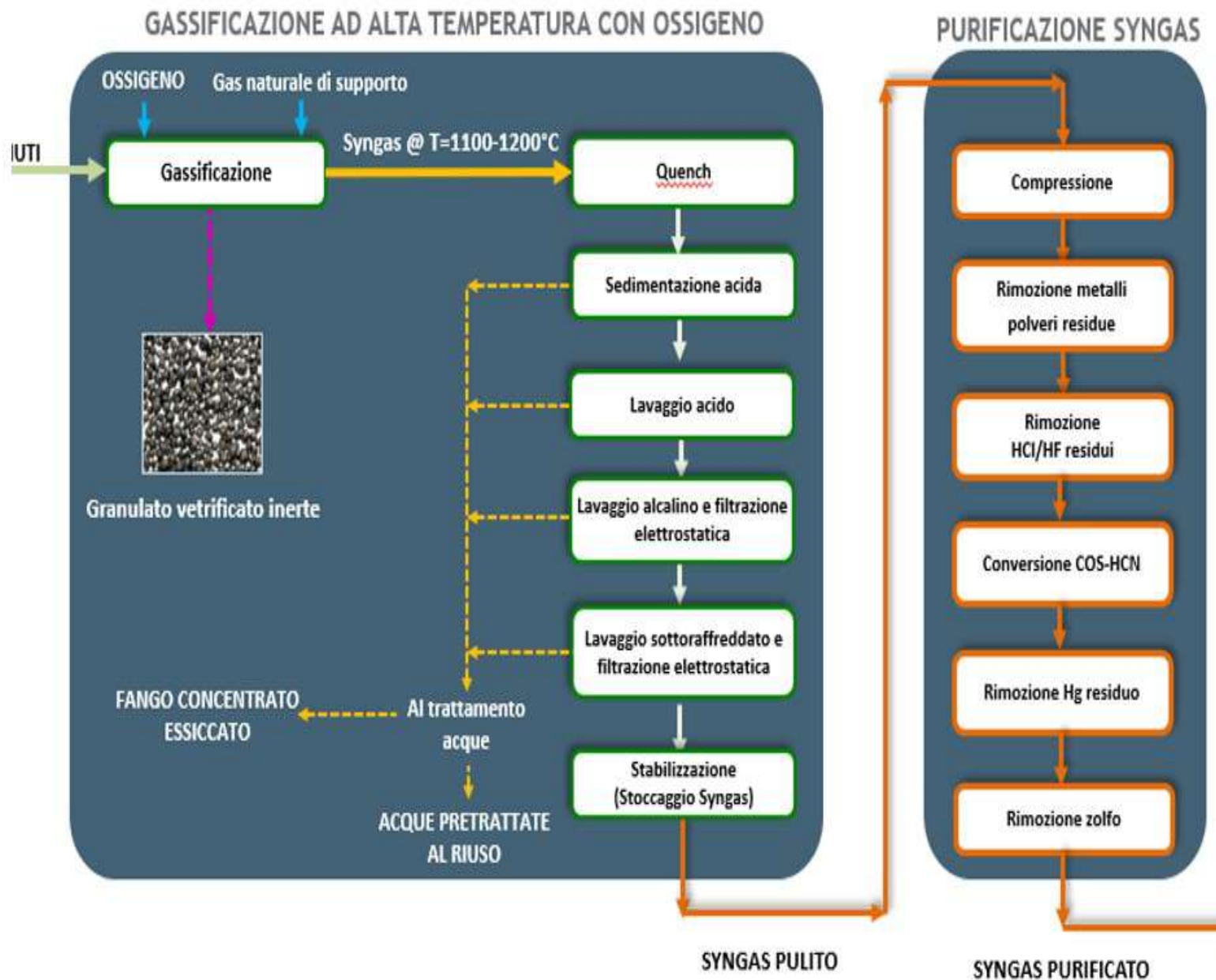


Tipico reattore
DRI (quello in
secondo
piano)



Rendering di un modulo DRI combinato con uno smelter elettrico SAF – Submerged Arc Furnace (courtesy Paul Wurth) che permetterebbe di utilizzare minerale *BF-grade*.
Se combinato con H₂, le emissioni di CO₂ si ridurrebbero a 150 kg/tonn.

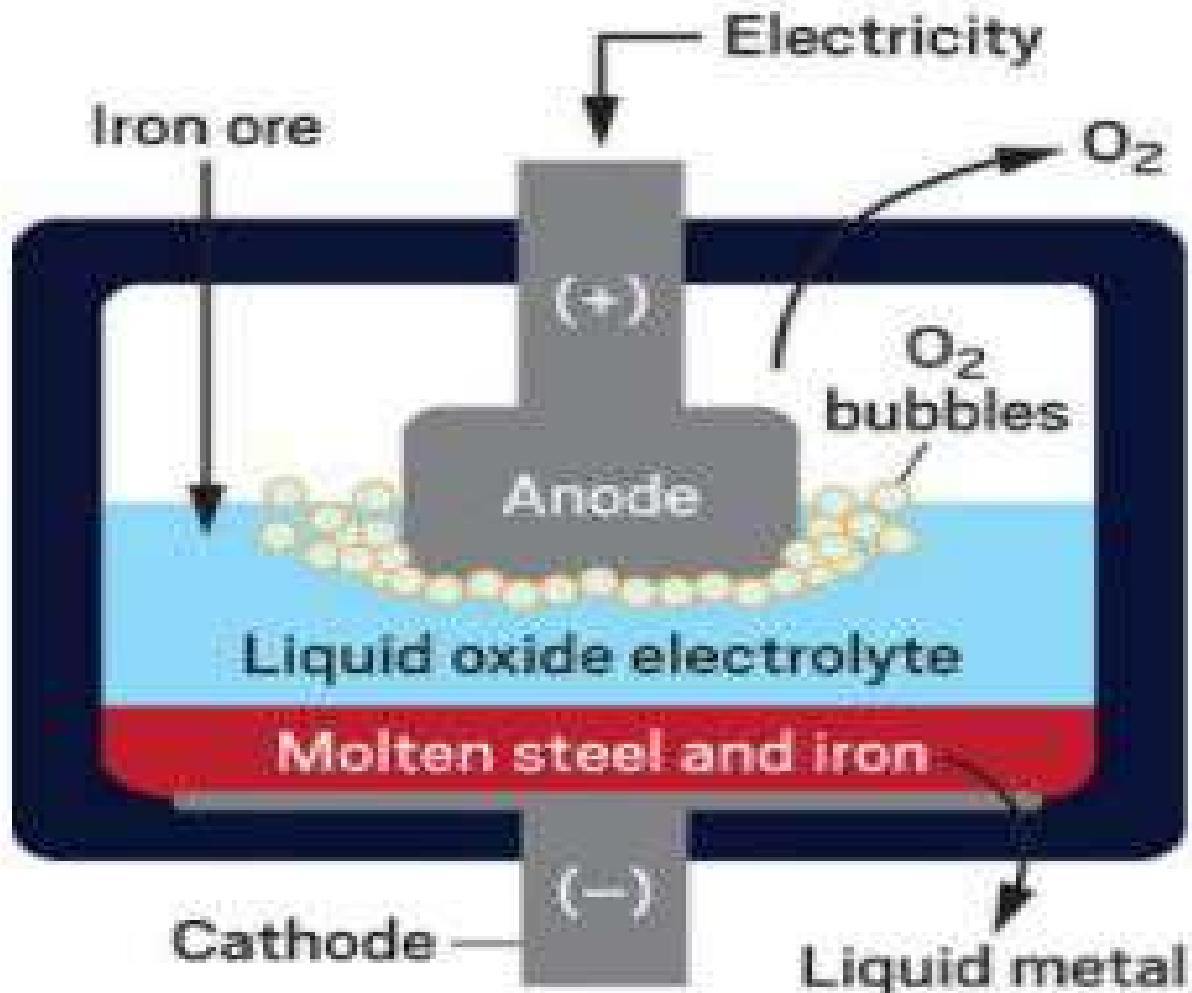
PRODUZIONE DI SYNGAS DA RIFIUTI NON RICICLABILI



PROCESSO DI ELETTROLISI A SALI FUSI PROPOSTO DALLA BOSTON METAL (MIT/USA)

BRIGHT SPARK

Molten oxide electrolysis uses electricity to reduce iron ore to molten metal while generating copious amounts of oxygen.



Credit: Adapted from Boston Metal

POSSIBILI STRATEGIE DI DE-CARBONIZZAZIONE (McKinsey)

Medium- to full-decarbonization strategies

	Strategy	Examples	Current outlook
Basic oxygen furnace (BOF)	Make efficiency improvements to optimize BF–BOF ¹ operations	Optimized BOF inputs (DRI, ² scrap), increased fuel injection in BF (eg, hydrogen, PCI)	Technology readily available at competitive cost
Biomass reductants	Use biomass as an alternative reductant or fuel	Tecnored process ³	Process possible in Latin America and Russia, due to biomass availability
Carbon capture and usage (CCU)	Capture fossil fuels and emissions, and create new products	Bioethanol production from CO ₂ emissions	Currently at a pivot stage
Carbon capture and storage (CCS)	Capture and store CO ₂ from steelmaking process and release or inject them as fuel in another process	CO ₂ captured from iron-making process injected into oil fields to enhance recovery	Currently at a pivot stage
Electric arc furnace (EAF)	Maximize secondary flows and recycling by melting more scrap in EAF	EAF usage to melt scrap	Technology readily available at competitive cost
DRI plus EAF using natural gas	Increase usage of DRI in EAF	Current DRI plus EAF plants using natural gas (NG)	Technology readily available
DRI plus EAF using H₂	Replace fossil fuels in DRI process with renewable energy or H ₂	MIDREX DRI process running on H ₂ ENERGIRON DRI process running on H ₂	Technology available at high cost

¹Blast furnace–basic oxygen furnace.

²Direct reduced iron.

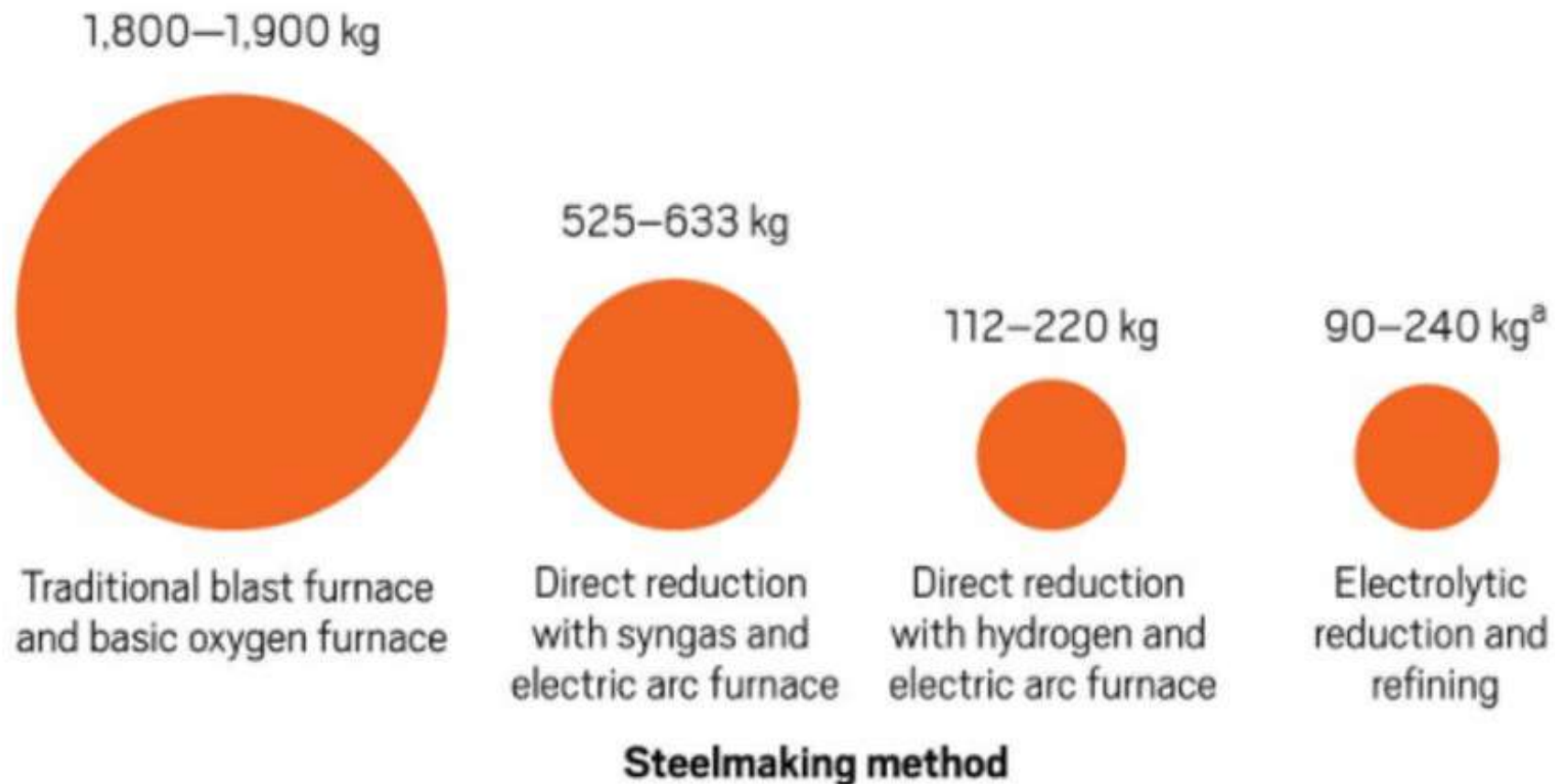
³Process developed by Tecnored Desenvolvimento Tecnológico S.A. of Brazil using carbon-bearing, self-fluxing, and self-reducing pellets for "coke-less" iron making.

EMISSIONI DI CO2 PER TON DI PRODOTTO CON VARIE TECNOLOGIE

CARBON EMISSIONS

Producing steel with blast furnaces and basic oxygen furnaces releases significantly more carbon dioxide than newer steelmaking methods.

CO₂ emissions per metric ton of steel produced



Credit: Sources *Steel Res. Int.* 2020, DOI: 10.1002/srin.202000110 (blast furnace and direct reduction methods); Siderwin (electrolytic).

^a The size of each circle represents the midpoint of the emission ranges shown.
Note: The size of each circle represents the midpoint of the emissions ranges shown.

UN POSSIBILE FUTURO IN ITALIA PER L'ACCIAIO PRIMARIO

“Una prima strategia mista collegata alla integrazione della attuale filiera BF+BOF con una produzione di urea, etanolo, metanolo da off-gas e alla cattura e stoccaggio della CO2 eccedente..... La produzione di chemicals parte con assetto legato alla disponibilità di H2 dagli off-gas e cresce man mano che la disponibilità di idrogeno verde aumenta, riducendo la quantità di CO2 da mandare allo stoccaggio”

“Una seconda strategia mista consiste nella parziale sostituzione dei BF+BOF con DRI+EAF, integrando gli off-gas da BF+BOF al gas naturale di carica al DRI. In questa seconda strategia diventa estremamente importante il tema della fornitura del minerale per il DRI. Alimentare al DRI una carica BF-grade comporta la sostituzione del EAF con la tecnologia SAF (OBF nella versione della Paul Wurth) che seppure ancora con esperienza limitata, renderebbe più sostenibile la catena di fornitura”

CONCLUSIONI

La sostituzione di una parte della produzione di acciaio con **la tecnologia DRI a gas naturale** ed arco elettrico certamente faciliterà il raggiungimento degli obiettivi al 2030/35, almeno dove il minerale a base ematite sia già presente. La sostituzione della tecnologia EAF con SAF potrebbe risolvere il problema di flessibilità della carica permettendo di utilizzare materiali BF grade.

La produzione di gas di sintesi oltre che da gas naturale a costi competitivi potrebbe essere raggiunta anche attraverso **la conversione di rifiuti urbani, plastiche** o rifiuti assimilabili.

Per quanto detto in questa presentazione, valutare quello che succederà nell'industria siderurgica a partire dal 2035 è tutt'altro che facile e non è detto **che l'utilizzo di idrogeno elettrolitico possa rappresentare l'unica soluzione**. **L'utilizzo diretto dell'energia elettrica** nella produzione dell'acciaio attraverso un **processo di elettrolisi ad ossidi fusi**, il lavoro del MIT attraverso un suo spin-off, Boston Metal, ne è un esempio interessante.

La produzione di energia elettrica a-emissioni-zero rimarrà il tema centrale di questa transizione. Considerando le limitazioni connesse a FV ed eolico, sembra doveroso chiedersi se questa domanda crescente **non porterà alla rinascita del nucleare**, in una ottica di accoppiare piccole centrali nucleari modulari, eventualmente **alimentate a torio e non a uranio**, con le acciaierie rendendole completamente indipendenti e de-carbonizzate.

GRAZIE DELL'ATTENZIONE

**IL POSITION PAPER COMPLETO SI
TROVA IN:**

**[https://www.aidic.it/
SiderurgiaSostenibile.pdf](https://www.aidic.it/SiderurgiaSostenibile.pdf)**