

Indicazioni di base per un uso sostenibile dell'idrogeno

Claudio Zagano - RSE

Piacenza, Hydrogen-Expo 2023

Perché ricorrere al Vettore Idrogeno ?



Tre motivi, **legati alla transizione energetica**, rendono attraente l'uso dell'idrogeno:

1. **Necessità di accumulo di grandi quantità di energia da FER:**
La produzione di idrogeno è una soluzione efficace ed economica per periodi superiori alla settimana e, soprattutto, per l'accumulo stagionale
2. **Necessità di un cambio radicale nel mix energetico a favore di vettori carbon free:**
L'idrogeno può sostituire i combustibili fossili, consente di produrre combustibili sintetici (e-fuel) ed energia elettrica
3. **Necessità di massimizzare l'elettrificazione dei consumi:**
L'idrogeno e i suoi derivati sono la principale alternativa all'elettrificazione quando questa non è possibile o è poco conveniente.

1. Accumulo di grandi quantità di energia da FER



Batterie di accumulo al litio

Tecnologia matura. Efficienti per accumuli da **alcuni minuti a 4 ore**. Modulari e applicabili su larga scala.

Sono in grado di fornire energia ad alta potenza solo per un breve periodo di tempo. Economicamente non competitive per accumulo di energia di lunga durata, ovvero per periodi superiori alle 24 ore. Presentano problemi di sicurezza e sostenibilità.

Tecnologie LDES

Le tecnologie di accumulo di lunga durata (LDES - Long Duration Energy Storage) consentono di immagazzinare energia in varie forme, tra cui meccanica, termica, elettrochimica o chimica per periodi che variano **tra le 4 ore a diversi giorni**. In particolare si stanno imponendo le batterie a flusso redox, batterie metallo-aria in metallo (ferro).

Attualmente non hanno ancora raggiunto la maturità necessaria per applicazioni su larga scala.

Produzione di idrogeno

Non ci sono limiti di tempo per la conservazione. Le tecnologie di accumulo sono mature ed hanno un **costo di investimento di un ordine di grandezza inferiore all'accumulo delle batterie** (a pari capacità energetica). È utilizzabile come vettore energetico per la produzione di energia elettrica o calore e può essere utilizzato come materia prima.

Circa il 30% dell'energia rinnovabile è consumata per la produzione di idrogeno. L'accumulo, il trasporto e la distribuzione sono generalmente più costosi rispetto al vettore elettrico.

2. Cambio radicale mix energetico con vettori carbon free



Energia geotermica

Disponibilità continua e controllabile. Basso costo.

Le fonti ad alta temperatura sono molto limitate a particolari siti con attività geotermica. L'energia termica deve essere trasformata in energia elettrica per essere distribuita.

Biocarburanti e biogas

Ottima compatibilità con le tecnologie d'uso esistenti. Costi di produzione relativamente bassi.

Disponibilità limitata (attualmente coprono circa il 4% dei consumi finali). Approvvigionamento non sempre programmabile o legato alla stagionalità. Costi di trasporto e distribuzione variabile per tipologia di biomassa.

Idrogeno ed e-fuel

L'idrogeno può sostituire i combustibili fossili con opportuni revamping delle tecnologie esistenti. Consente di produrre gli e-fuel utilizzando CO₂ emessa da altre attività industriali riducendo così l'impatto ambientale complessivo e se prodotti con CO₂ da biomasse diventano totalmente carbon-free. Possono essere utilizzati per le tecnologie esistenti, senza la necessità di modifiche sostanziali. Possibilità di produzione su larga scala.

Circa il 30% dell'energia rinnovabile è consumata per la produzione di idrogeno. Costo superiore a quello dei biocarburanti e del biogas.

3. Massimizzare l'elettrificazione dei consumi



Limiti tecnologici

Attualmente l'utilizzo di energia elettrica nei consumi finali è intorno al 20%.

Recenti studi RSE affermano che al 2030 si riuscirà ad elettrificare non oltre il 28% dei consumi finali, anche se, potenzialmente, con le tecnologie attualmente disponibili si potrebbe arrivare fino al 56% circa.

Nel lungo termine (2050) si prevede sia possibile raggiungere al massimo il 78% per l'impossibilità di elettrificare i settori "hard to abate".

Limiti economici

Alcune tecnologie attualmente sviluppate a livello di laboratorio, che si suppone possano essere mature al 2050, sembrano in grado di poter elettrificare alcuni processi industriali dei settori "hard to abate".

Tecnologie con costi molto alti. Per esempio la produzione dell'acciaio per via elettrolitica: elevati consumi energetici con problemi sui materiali degli elettrodi e prodotti inquinanti da smaltire.

Utilizzo dell'idrogeno

L'idrogeno, come reagente chimico, è l'unica soluzione per alcuni processi industriali. In particolare nelle raffinerie, nella petrolchimica e in alcuni settori "hard to abate" come la siderurgia. Sotto forma di e-fuel è l'unica alternativa ai combustibili fossili nell'aviazione e nella navigazione per lunghe distanze. Nei processi ad alte temperature può sostituire i combustibili fossili.

Circa il 30% dell'energia rinnovabile è consumata per la produzione di idrogeno.

L'idrogeno: opportunità, limitazioni e barriere



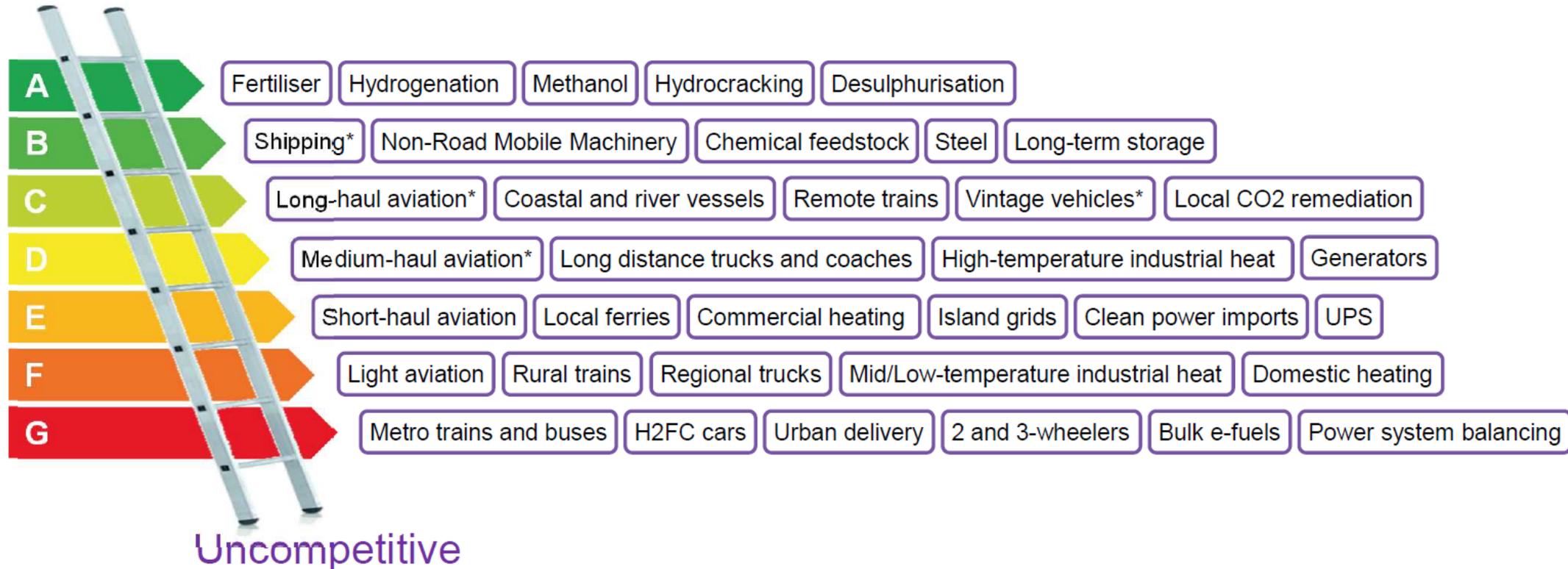
- ✓ È un **vettore ottenibile in modo semplice** dall'energia elettrica o dagli idrocarburi
- ✓ È **molto versatile** negli usi finali
- ✓ **Non genera emissioni di gas serra** nella fase di utilizzo

- ! La **domanda di idrogeno oggi è scarsa** (in Italia, circa 1% dei consumi finali di energia)
- ! **Non esistono** infrastrutture di trasporto **dedicate**
- ! **Produrre idrogeno da EE è poco efficiente**: $PCI_{H_2}(\text{output})/EE(\text{input}) \approx 0,7$
- ! **L'idrogeno green è costoso** (5÷10 volte il gas naturale, a pari energia)

Le «classi energetiche» dell'idrogeno

Clean Hydrogen Ladder

Unavoidable



* Most likely via ammonia or e-fuel rather than H2 gas or liquid

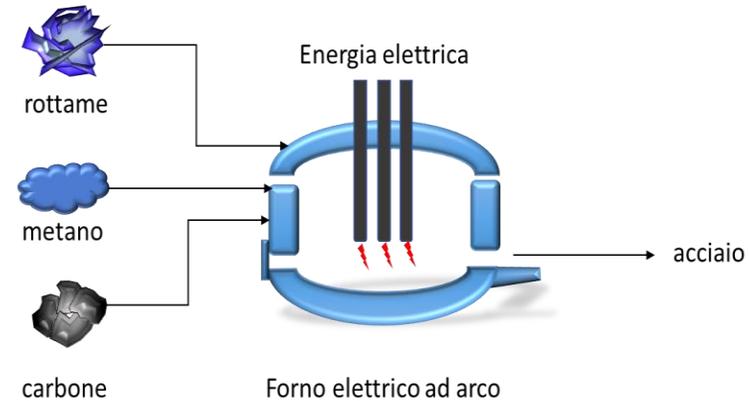
Source: Michael Liebreich/Liebreich Associates, *Clean Hydrogen Ladder*,
Version 4.1, 2021. Concept credit: Adrian Hiel, Energy Cities. CC-BY 3.0

L'industria siderurgica Italiana

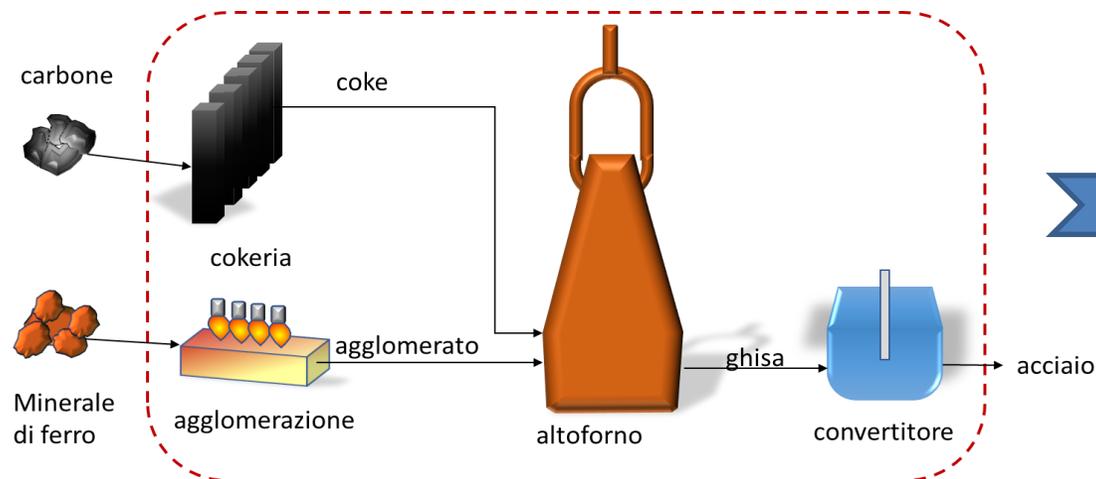
L'industria siderurgica ha prodotto nel 2020 circa **20 Mt** di acciaio grezzo generando circa **14 Mt CO₂ eq** di emissioni dirette equivalenti a circa il **30 %** delle emissioni del settore industriale italiano.

Circa l'85% della produzione di acciaio è basata sul «ciclo rottame», il restante 15% sul ciclo integrale

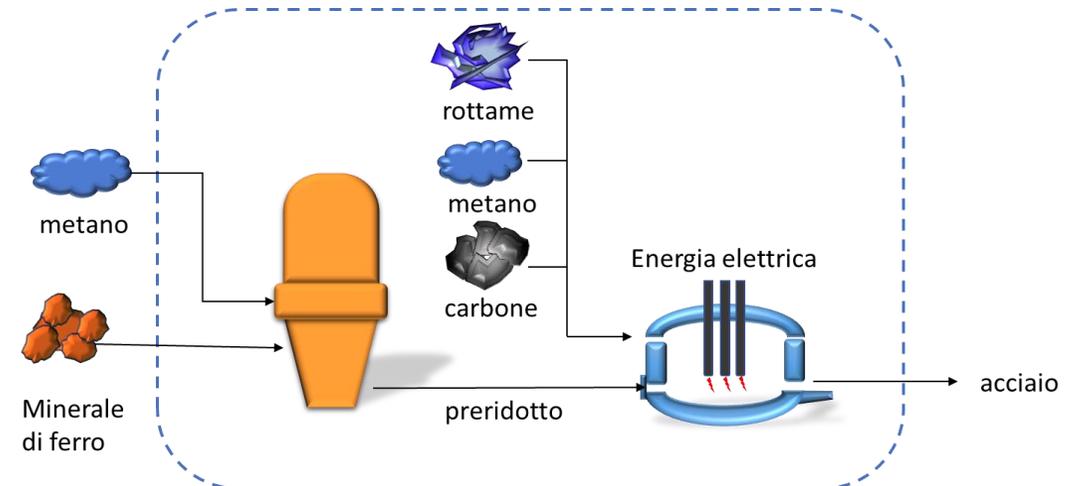
Ciclo elettrico attuale



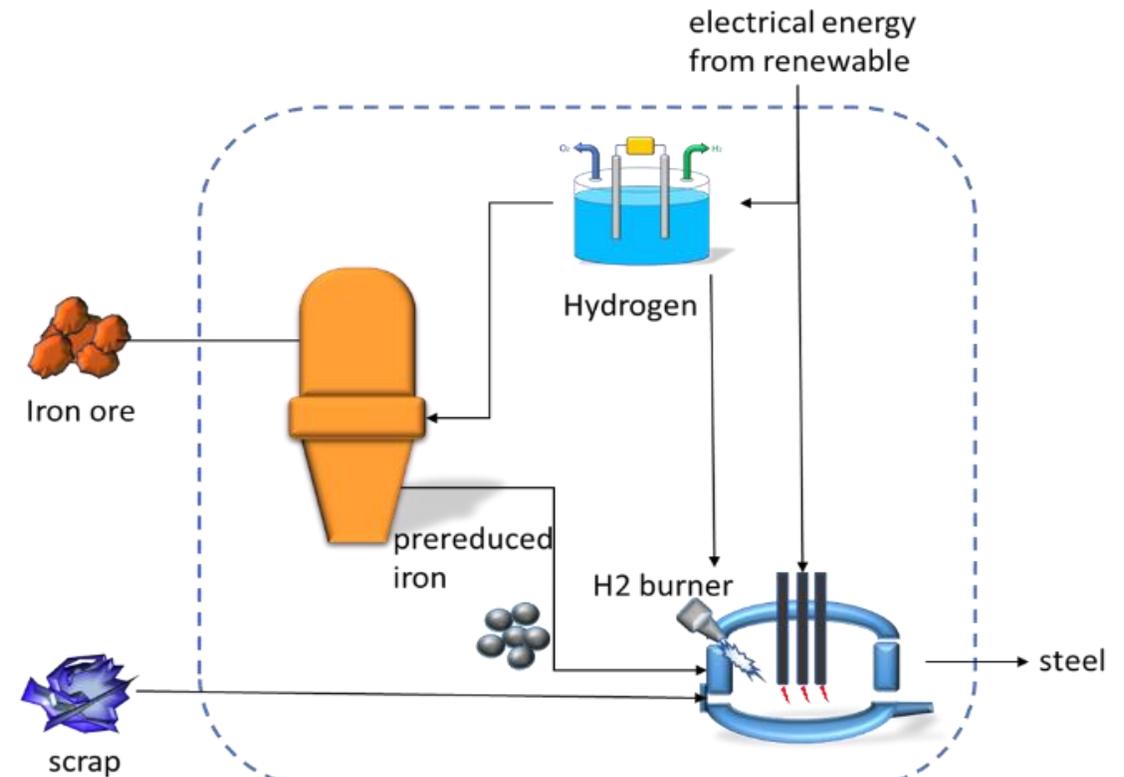
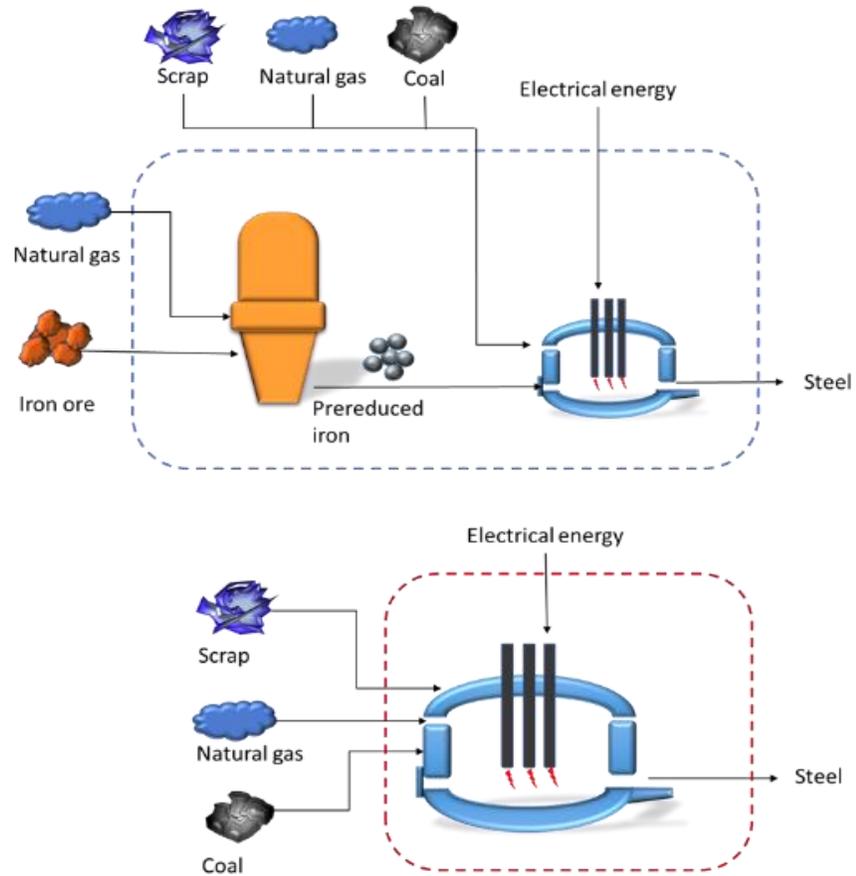
Ciclo integrale attuale



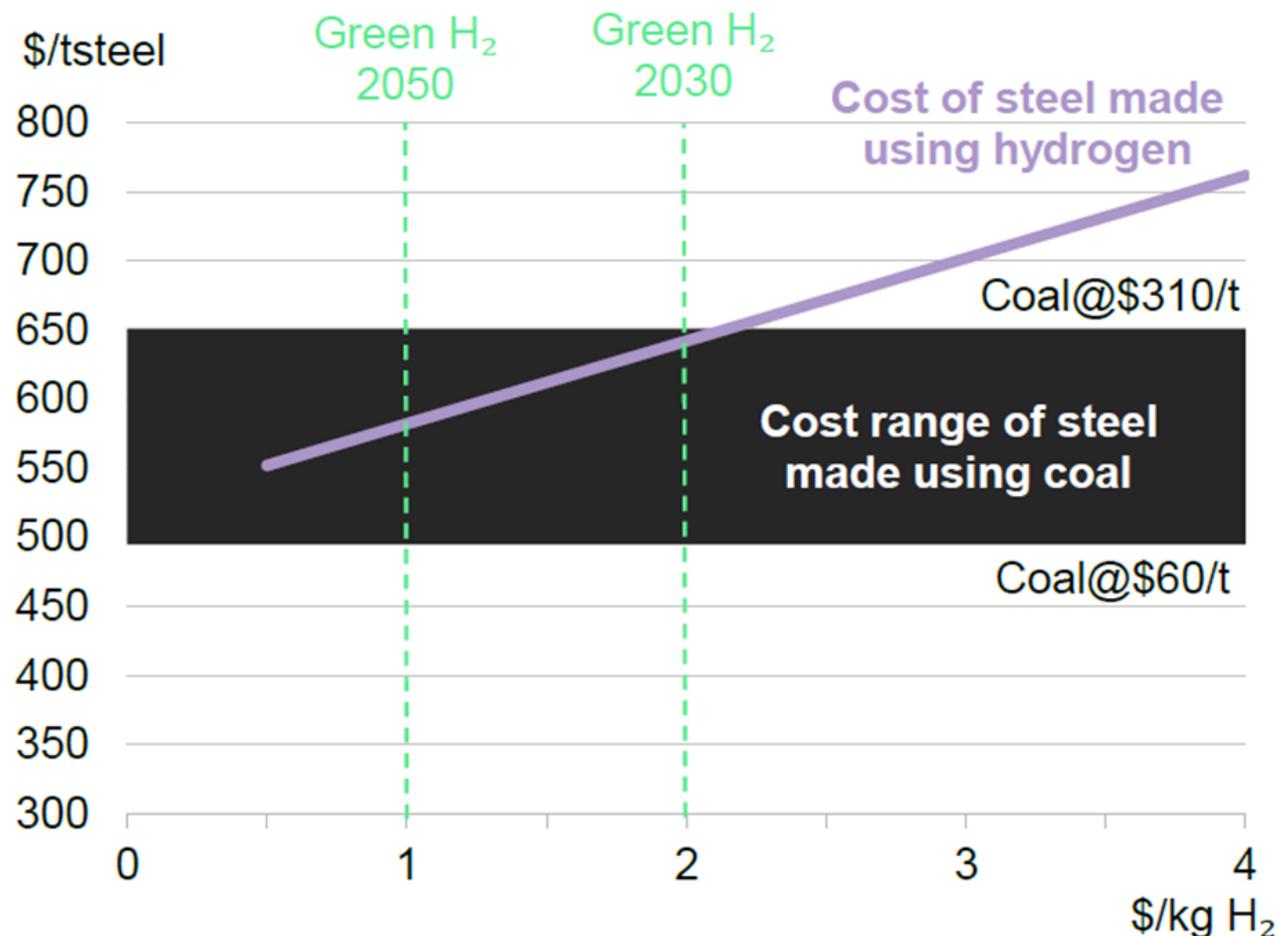
Ciclo integrale basato su riduzione diretta



Transizione green dell'industria siderurgica



ETS: un effetto leva per la decarbonizzazione della siderurgia



Confronto del costo dell'acciaio prodotto da carbone e da idrogeno. Nota: i costi sono stati calcolati senza includere i prezzi delle emissioni di carbonio (Fonte: BloombergNEF 2020)

Sull'impatto ambientale delle emissioni di CO₂ nei settori energivori:

Costo attuale medio di produzione acciaio: **≈ 500 €/t**

Maggiorazione del costo stimato per acciaio decarbonizzato $\approx 25\%$ pari a **≈ 125 €/t**

Si sentiranno gli effetti della prossima implementazione della fase 4 ETS (Emissions Trading Scheme).

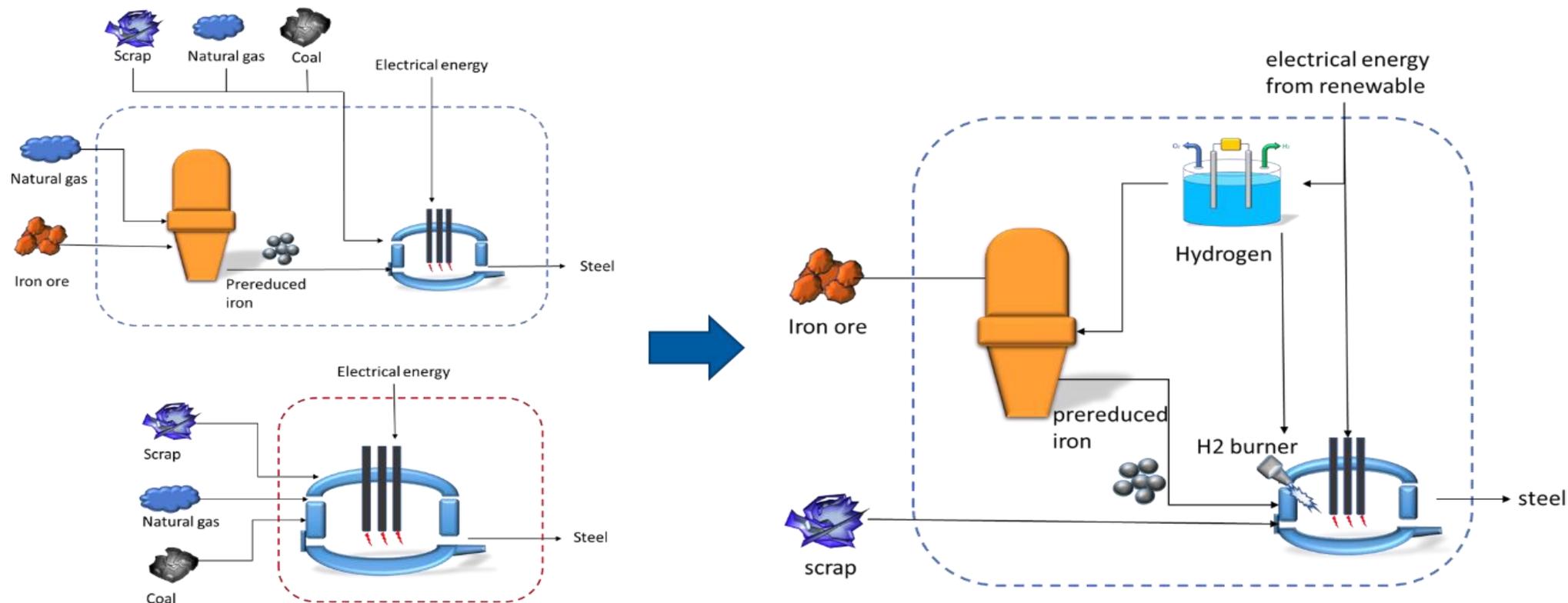
Nel 2022 quotazioni media ETS è stata pari a **80.8 €/t_{CO2}**

CO₂ emessa per produzione acciaio $\approx 1.85 \text{ t}_{\text{CO2}}/\text{t}_{\text{acciaio}}$

Valore CO₂ evitata $\approx 150 \text{ €/t}_{\text{acciaio}}$

Il risparmio dovuto alla CO₂ evitata compensa l'incremento dei costi di produzione!

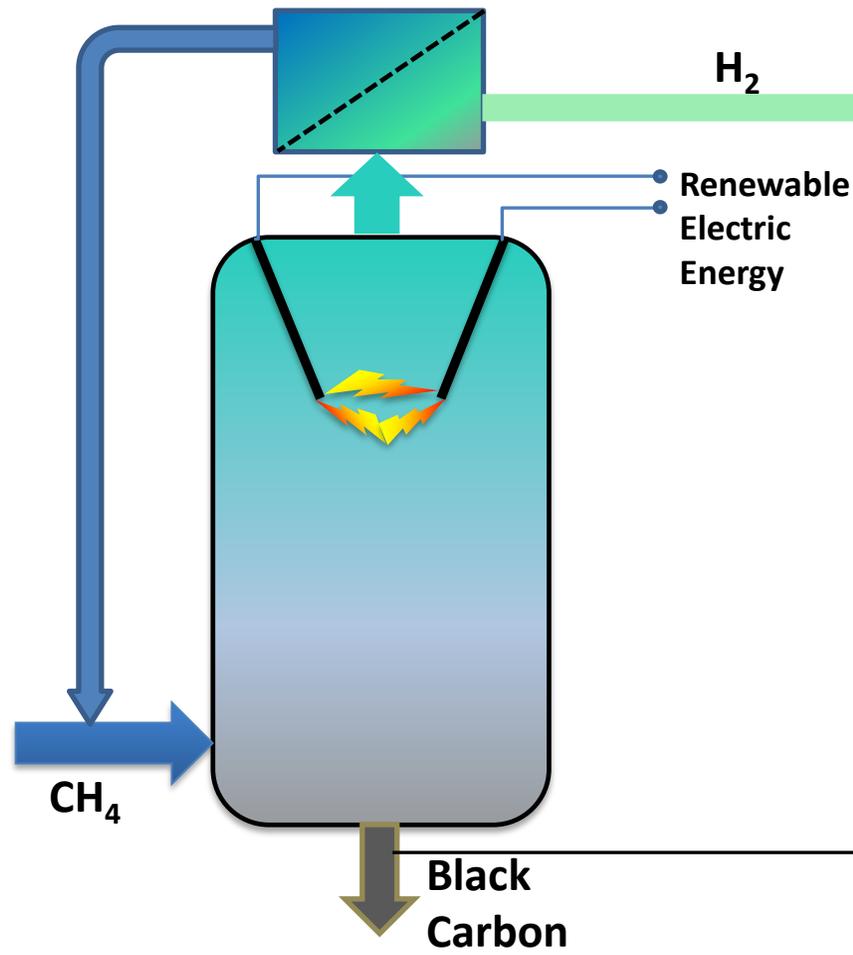
Transizione green dell'industria siderurgica



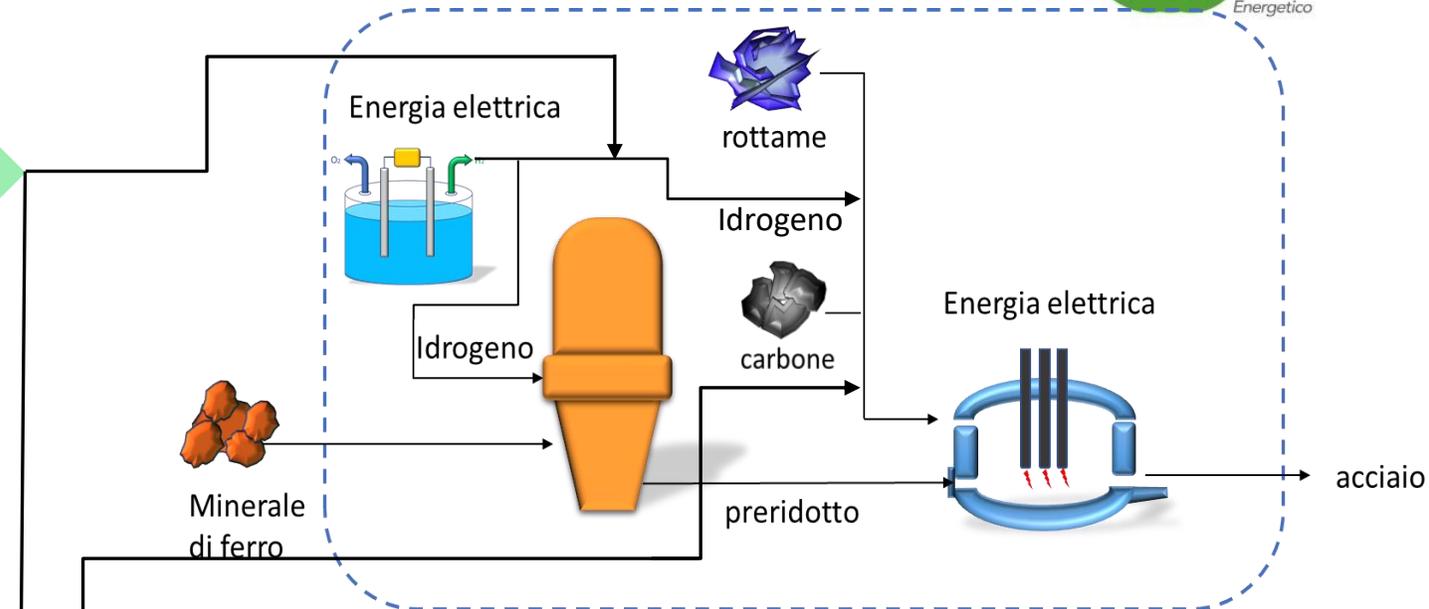
Sul piano energetico, la decarbonizzazione dell'acciaio italiano è molto impegnativa:
20 Mt di acciaio → 540.000 t/anno di H₂ → 27 TWh di energia da FER

Una soluzione sostenibile per la siderurgia basata sull'idrogeno

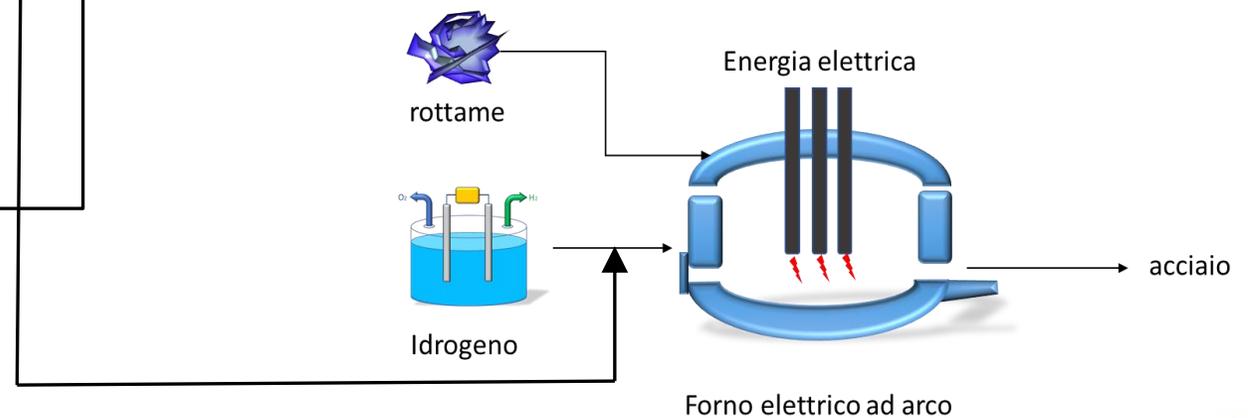
Pirolisi del metano



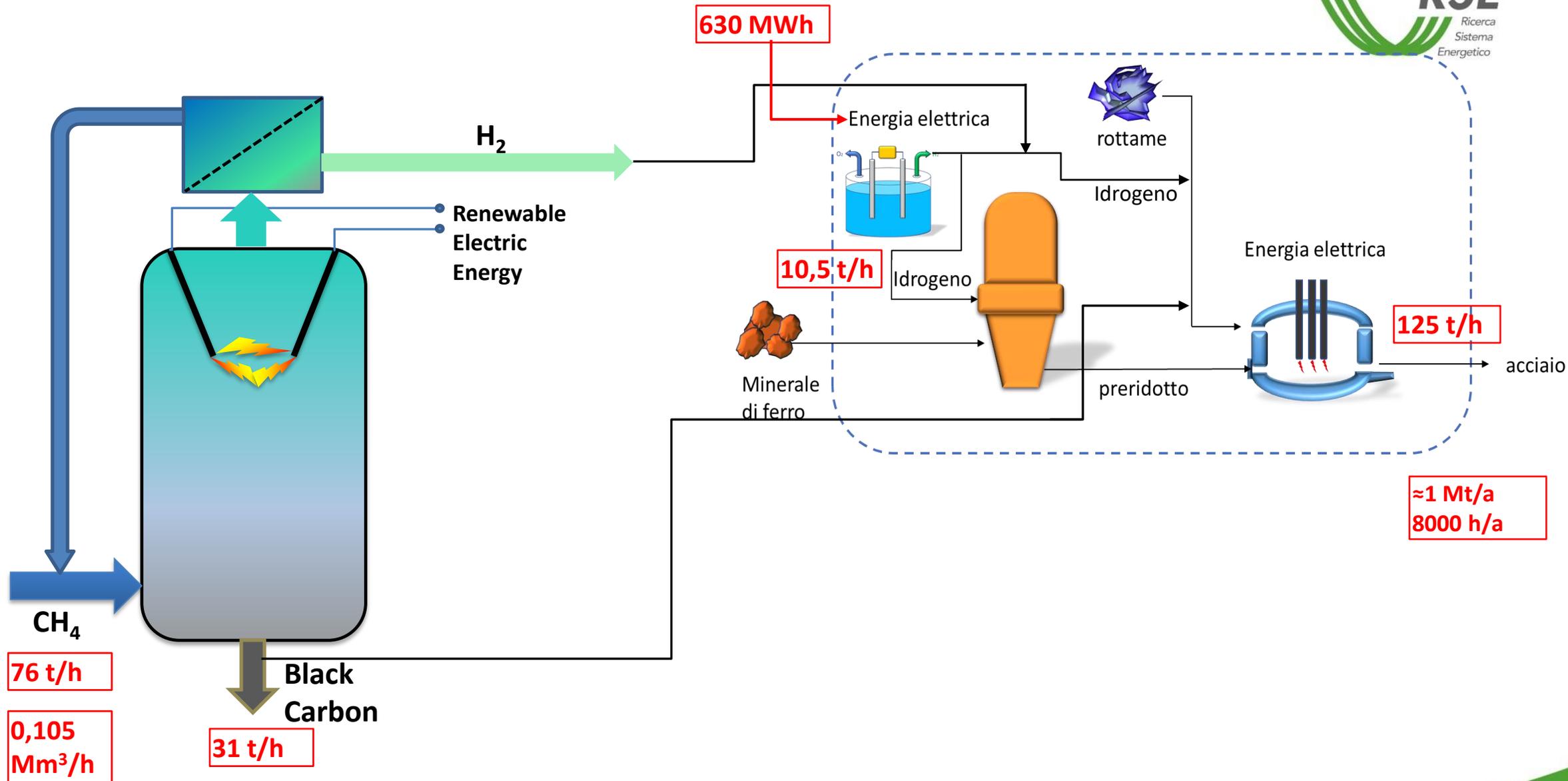
Ciclo integrale basato su riduzione diretta con idrogeno



Ciclo elettrico in una siderurgia basata su idrogeno



La pirolisi del metano in sinergia con l'elettrolisi dell'acqua





Grazie per l'attenzione !

claudio.zagano@rse-web.it

Riferimenti:

<https://www.rse-web.it/rapporti/indicazioni-base-per-la-costruzione-della-strategia-nazionale-di-sviluppo-dellidrogeno/>

<https://www.rse-web.it/rapporti/impatto-dellutilizzo-dellh2-sui-processi-industriali/>

Rapporti finanziati dal Fondo per la Ricerca del Sistema Elettrico