

I



CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

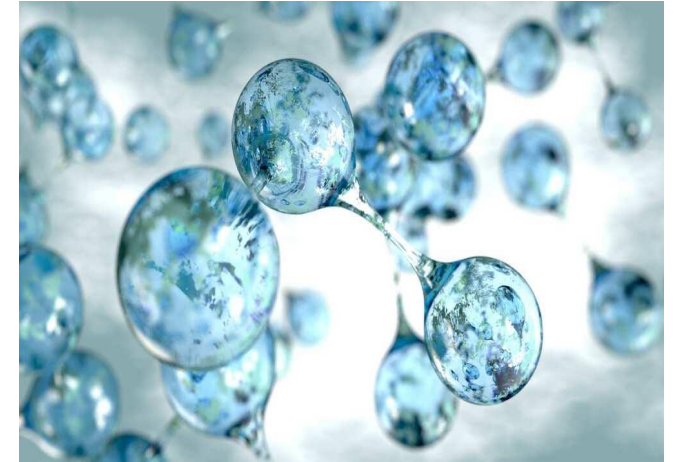
Webinar

mercoledì 19 ottobre 2022, ore 15.00 – 18.00

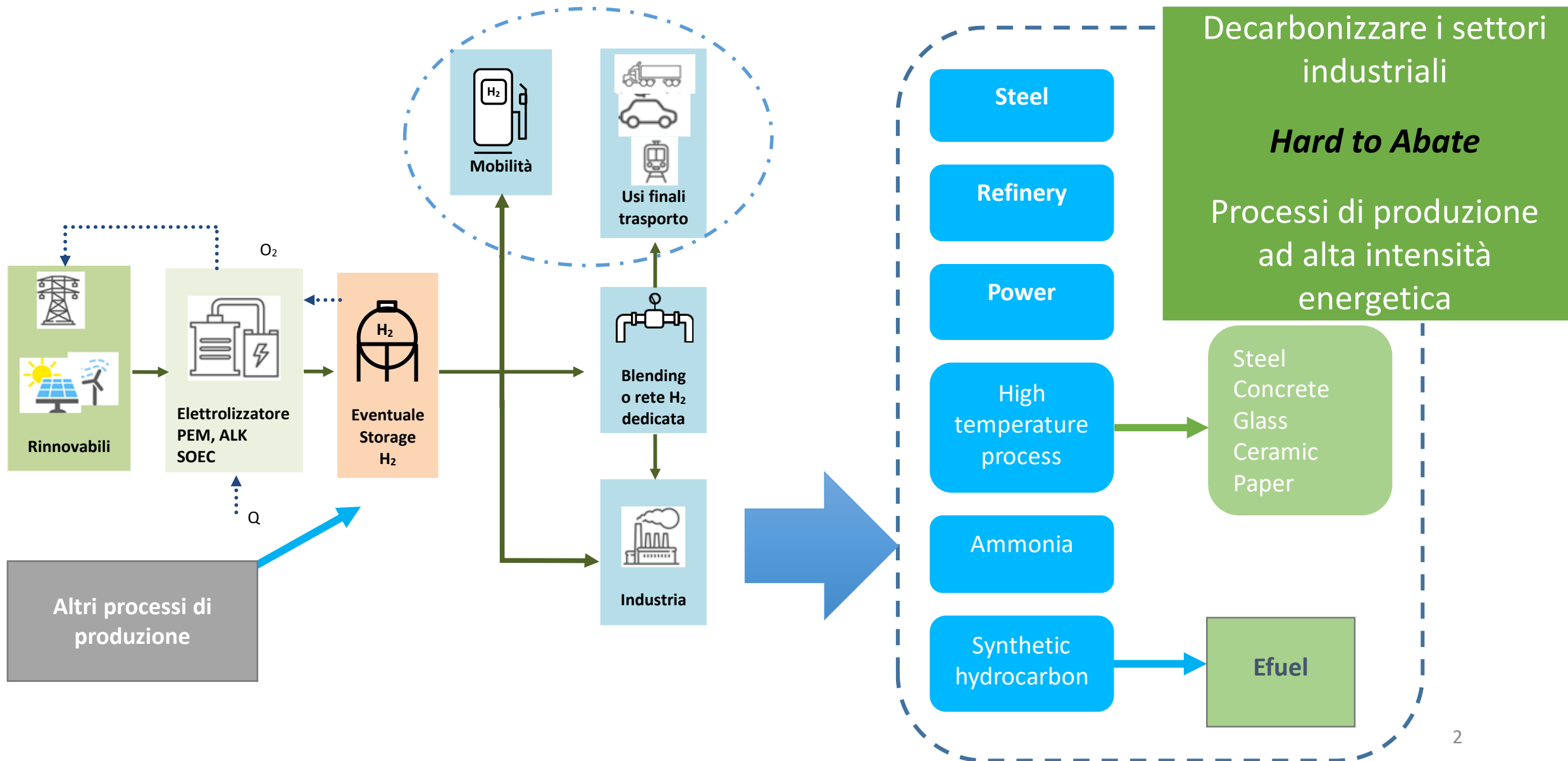
Ingegneria e sostenibilità

**Introduzione alla produzione e
metodi di impiego di idrogeno
rinnovabile**

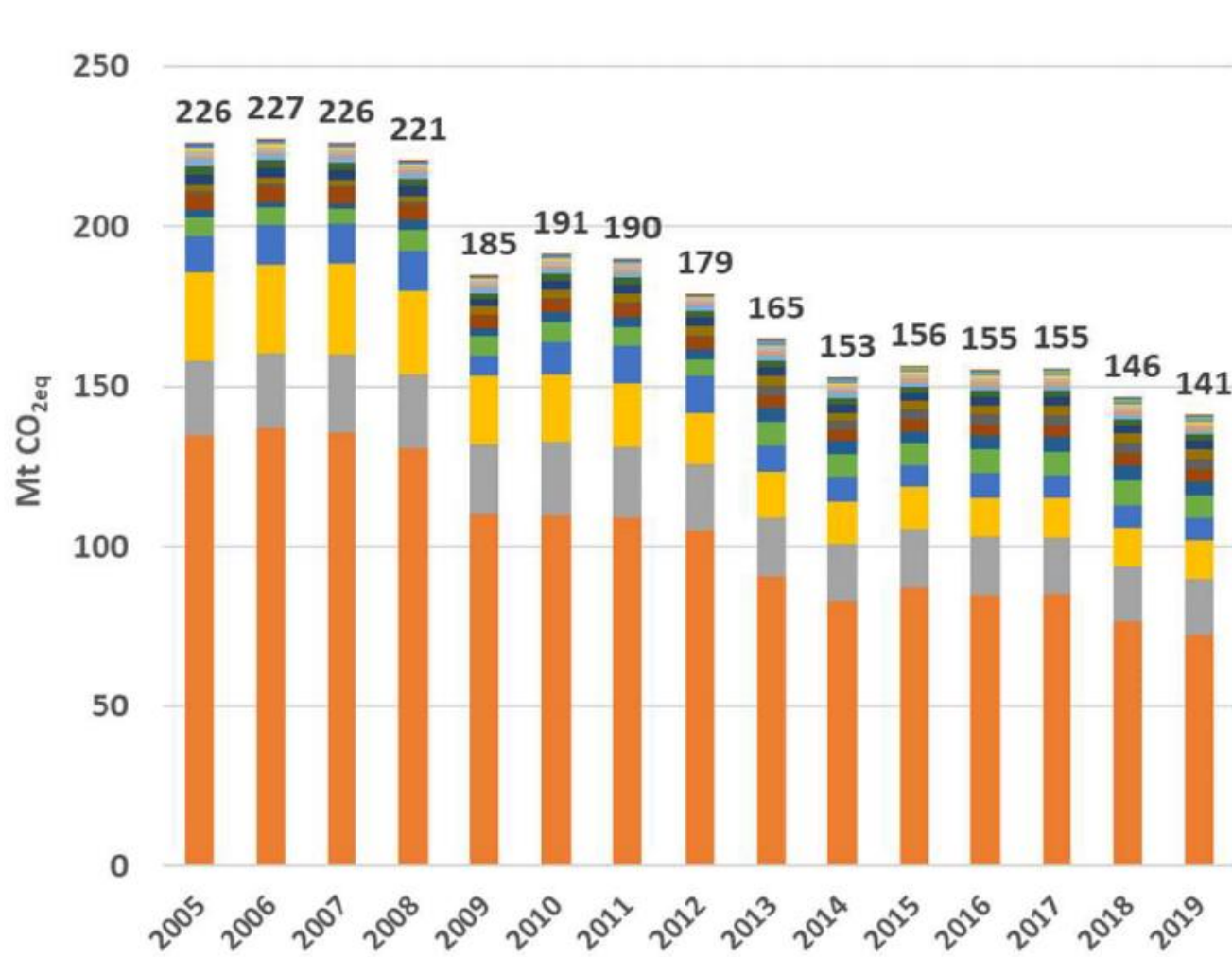
Parte II°



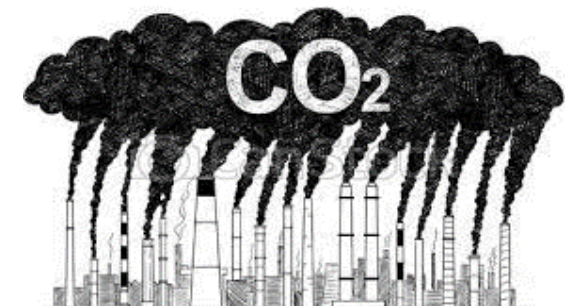
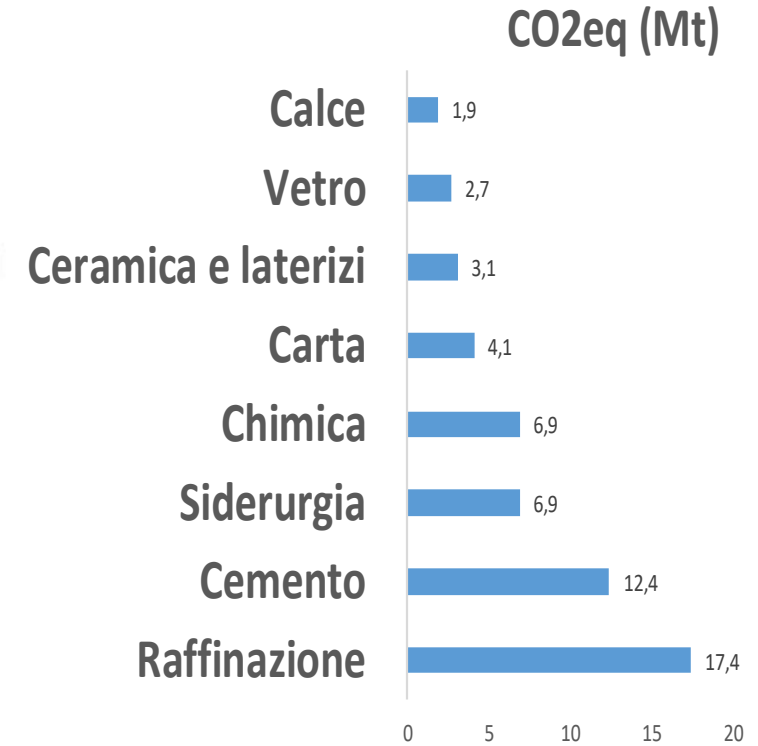
Filiere industriali abilitanti allo sviluppo dell'economia dell'H₂



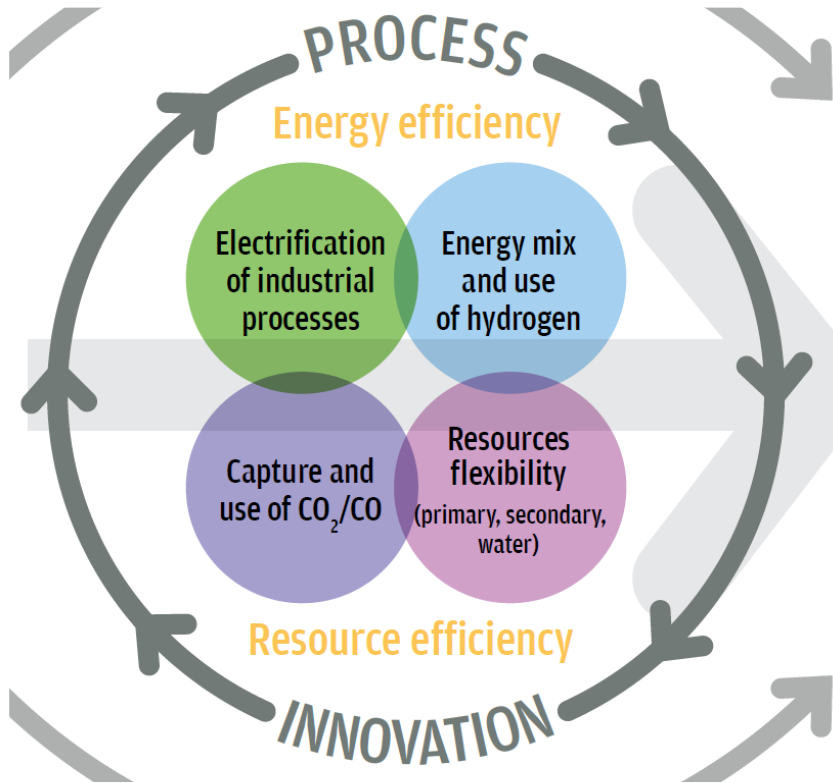
Settore ETS: Le emissioni di CO₂ nell'industria nazionale



- Rifiuti
- Tessile
- Metalli non ferrosi
- Altri impianti
- Compres. metanodotti
- Meccanica
- Estrazione
- Alimentare
- Calce
- Vetro
- Teleriscaldamento
- Ceramica e laterizi
- Carta
- Siderurgia (elettrico)
- Chimica
- Siderurgia (CI)
- Cemento
- Raffinazione
- Termoelettrici



Come si può decarbonizzare l'industria ad alta intensità energetica



L'elettificazione spinta dei consumi



Lo switch da combustibili fossili ai combustibili rinnovabili **quali idrogeno**, bioenergie e fuel sintetici (prodotti dalla cattura e utilizzo della CO₂ generata dalle bioenergie)



Nuove opzioni per l'economia circolare



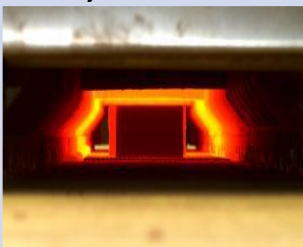
Il ricorso a cattura e stoccaggio della CO₂

Posizionamento nazionale delle filiere industriali

Competenze distintive nelle tecnologie applicate alla filiera industriale dell'idrogeno¹

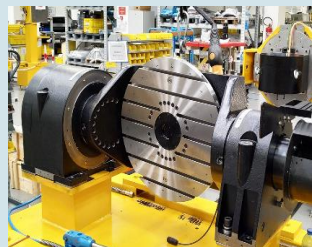
Cluster TERMICO

- L'Italia è leader manifatturiero nella produzione di tecnologie termiche quota **24,4 %** a livello



Cluster MECCANICO

- L'Italia ha una quota pari al **19%** a livello UE



Cluster ELETTRICO

- L'Italia contribuisce all'**11%** della produzione UE con alcune eccellenze (esempio nella produzione degli inverter)



Cluster SISTEMI DI CONTROLLO

- L'Italia produce circa il **7%** della produzione UE



Cluster FEEDSTOCK

- L'Italia produce circa il **11,8 %** del totale della produzione UE con eccellenze nel settore petrolchimico% della produzione



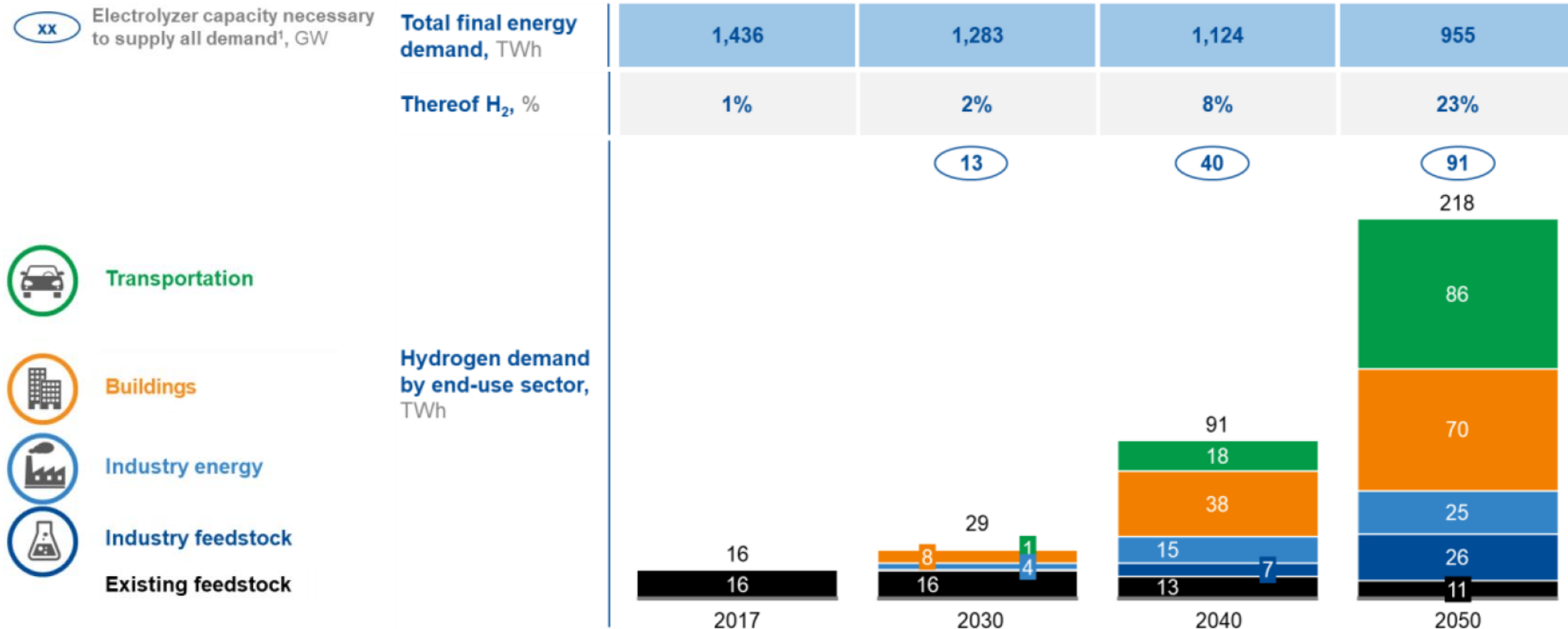
Settori Hard To Abate generano ~88 Mld € VAL pari al 5% del VAL nazionale¹

¹ H2 ITALY 2050 Una filiera nazionale dell'idrogeno per la crescita e la decarbonizzazione dell'Italia. The European House – Ambrosetti in collaborazione con Snam 2020

² Diretto, indiretto, indotto e riferito a cemento, chimica, siderurgia, carta, fonderie, vetro e ceramica da Decarbonizzazione settori hard to abate. Boston Consulting Group 2021

Scenari della domanda di H2 per settore di utilizzo

Possibile evoluzione della domanda di H2 in Italia secondo uno studio di SNAM

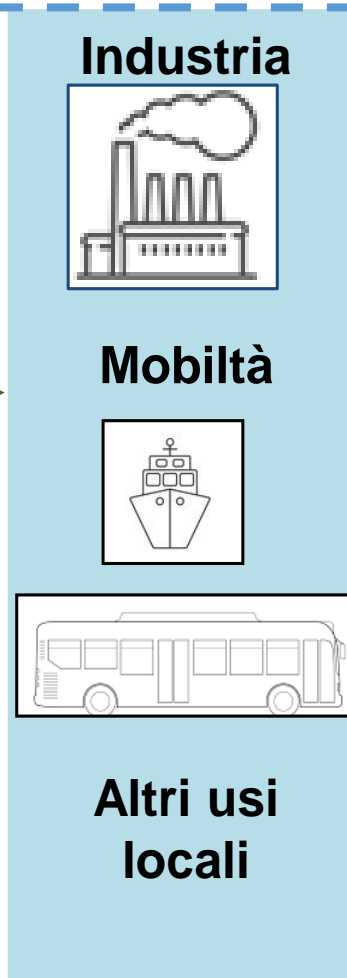
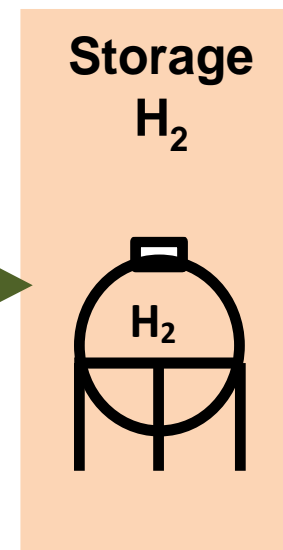


Modello centralizzato

Cluster industriali

siti industriali,
porti....

*Sviluppo delle
"hydrogen valleys»*



FILIERE INDUSTRIALI MODELLI DI SVILUPPO

Modello decentralizzato

Produzione centralizzata con trasporto di idrogeno



Elettrolizzatori centralizzati



Economie di scala elettrolizzatori
Beneficiari di maggiori load factors delle fonti rinnovabili

Sector Coupling

**Buffer energetico resilienza del Sistema elettrico
agendo da energy storage**



Produzione in loco con trasporto di energia elettrica



Elettrolizzatori decentralizzati



I cluster portuali



First application of hydrogen technologies in port handling equipment in Europe



ATTUALE UTILIZZO DI H₂ nell'industria

16 TWh consumo attuale finale di idrogeno in Italia (**1% dei consumi finali di energia**)

480,000 t/anno

8,500 t/anno risultano commercializzati in bombole oppure convogliati in pipeline

Nella raffinazione del petrolio



Produzione dell'ammoniaca



Produzione del metanolo



Il ruolo dell'H₂ nell'Industria

UTILIZZO ATTUALE: usi industriali nella raffinazione, nella petrolchimica e nella chimica 16 TWh, 480 kt/anno (1% dei consumi finali di energia a livello nazionale)

UTILIZZO POTENZIALE NEI SETTORI HARD TO ABATE

- **Materia prima nei processi industriali:**

Gli utilizzi attuali sono prevalentemente legati alla raffinazione e alla chimica (ammoniaca, metanolo, H₂O₂)

p.es. ulteriori utilizzi potenziali possono essere la DRI (direct iron reduction) in sostituzione del gas naturale

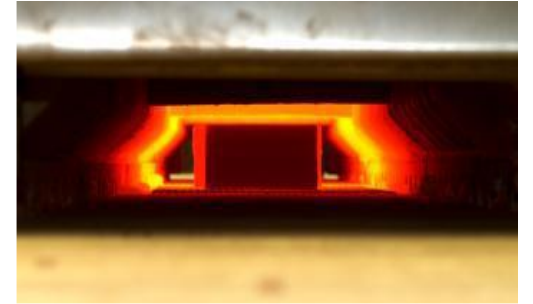
- **Calore di processo**

In tutte le applicazioni che richiedono un riscaldamento ad elevate temperature altrimenti difficilmente elettrificabili

p.es. tecnologie per la produzione di calore ad alta temperatura caldaie/forni alimentati a gas naturale

- **Mobilità**

Applicazione sulla mobilità mezzi pesanti, trasporto pubblico locale, treni e settore marittimo



La combustione dell'idrogeno

Combustibile termico per usi industriali ad alte temperature nei processi di fusione, essiccazione, generazione di reazioni chimiche, **e per il riscaldamento degli edifici.**

Le caratteristiche dell'idrogeno in questi usi richiedono tuttavia un adeguamento tecnologico degli impianti e degli apparecchi più o meno importante in termini di costi di conversione e ricerca applicata.

	densità	Potere calorifico	Limiti di infiammabilità in aria (% vol.)
Idrogeno	0,0899 Kg/Nm ³	3 kWh/Nm ³	4.%- 75.%
Metano	0.65 Kg/Nm ³	10 kWh/Nm ³	5%- 15 %

Il potere calorifico si definisce come la quantità di calore (kWh) sviluppata dalla combustione di una quantità unitaria di combustibile

La combustione dell'idrogeno

Combustibile termico per usi industriali ad alte temperature nei processi di fusione, essiccazione, generazione di reazioni chimiche, **e per il riscaldamento degli edifici.**

L'idrogeno **provoca la corrosione** e una conseguente maggiore fragilità quando entra in contatto con particolari metalli (esempio acciaio), richiedendo l'installazione di nuovi rivestimenti e di altre misure di protezione.

Le **fiamme generate** dalla combustione di idrogeno in aria **non sono visibili ad occhio nudo** in quanto emettono nello spettro dell'ultravioletto.

La velocità di fiamma è significativamente più elevata, un range di infiammabilità più ampio



Hy4Heat: programma UK per indagare l'utilizzo come combustibile

Adeguamento tecnologico degli impianti e apparecchi come costi di conversione e ricerca applicata

Principali barriere tecniche

- **variazioni nelle caratteristiche di scambio termico** degli apparecchi
- aumento delle emissioni di **NO_x**
- **compatibilità dei materiali**



Altre barriere

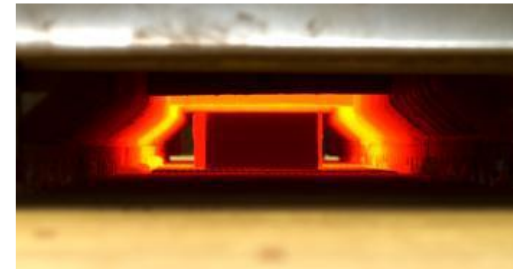
- **Costo alto dell'energia:** (meccanismo di supporto che renda l'idrogeno competitivo con il gas naturale)
- **Alti capex e opex fissi e variabili** (meccanismo di supporto)

Sviluppo e test degli equipment → commerciabilità delle tecnologie 100% idrogeno

Principali barriere tecnologiche

Settori industriali Hard To Abate

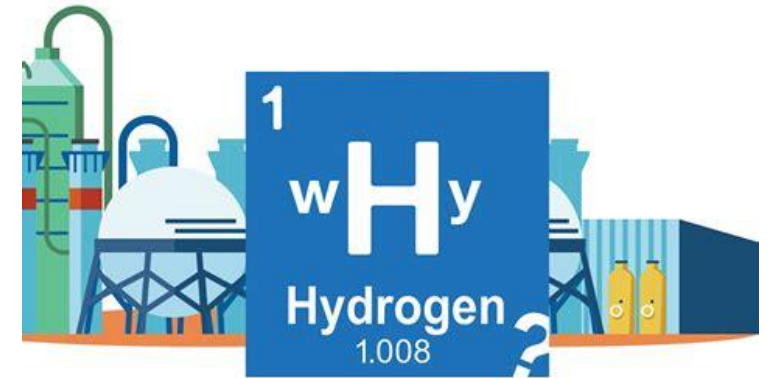
- Criticità relative al processo di combustione con tenori crescenti di H₂
- Aspetti ambientali legati alla produzione incrementata di NOx
- Riduzione della vita dei componenti: variazioni nelle caratteristiche di scambio termico degli apparecchi, fragilimento da idrogeno (**embrittlement**), impatto sul refrattario
- **Impatto sulla qualità prodotto finale** qualora il processo preveda un opportuno dosaggio della trasmissione del calore con misurato equilibrio di trasmissione e irraggiamento o qualora il processo abbia una funzione essiccative (Es. Ceramica, vetro, alimentare)



Principali barriere tecnologiche

Settori industriali Hard To Abate e residenziale

- Adeguamento dei dispositivi di **sicurezza** (Es. combustioni al 100 % di idrogeno strumenti di rilevamento della fiamma)
- Adozione di una **nuova componentistica**
- **Sicurezza** della **fornitura di idrogeno** per processi continui nell'arco dell'anno.
- **Limiti di spazio** da destinare ad un eventuale installazione di un elettrolizzatore e/o di un parco fotovoltaico da asservire alla produzione di idrogeno
- **Assenza di una rete distribuzione**, in particolare nell'applicazione per il residenziale

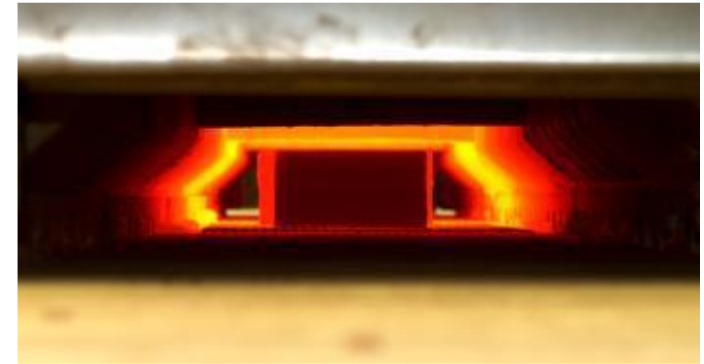


La produzione della ceramica e del vetro

Le prime verifiche svolte - seppur a livello embrionale - portano a pensare che l'idrogeno sia utilizzabile come combustibile per essicare e nei forni in forma miscelata con metano e puro.

Approfondimenti tecnici di adeguamento del processo:

- nuovi materiali da adottare per la combustione;
- la temperatura di fiamma dell'idrogeno è superiore a quella del gas naturale tipicamente impiegato;
- incidenza sul processo dei maggiori volumi di acqua generati dalla combustione ad idrogeno (a parità di potenza termica erogata) per i processi dove l'energia termica ha funzione essiccative.
- **Effetti sul prodotto** : i processi termici del ciclo ceramico e del vetro prevedono - a tecnologia attuale - sempre **un utilizzo diretto dei fumi di combustione sul prodotto da trattare.**



Decarbonizzare il settore della siderurgia

L'Agencia Internazionale dell'Energia ([IEA](#)) ha calcolato che la siderurgia è responsabile di circa il 5% delle emissioni dell'UE e del 7% a livello globale, nonostante si siano dimezzate dal 1960.

Poiché il percorso di produzione convenzionale dell'altoforno – fornace ad ossigeno di base – è ad alta intensità di CO₂ (di solito con un'impronta di carbonio di 1,6-2,0 tonnellate di CO₂ per tonnellata di acciaio grezzo prodotto), e la maggior parte delle acciaierie dell'UE stanno operando vicino all'efficienza ottimale, l'industria si sta ora concentrando sempre più sulla produzione di acciaio a base di idrogeno.



La produzione dell'acciaio

Decarbonizzazione della attività siderurgica mediante l'idrogeno

Acciaio è una lega di ferro contenente carbonio in percentuale non superiore al 2,11%. Oltre tale limite le proprietà del materiale cambiano e la lega assume la denominazione di ghisa.

Il ferro è estratto dai suoi minerali, principalmente l'ematite (Fe_2O_3) e la magnetite (Fe_3O_4), per riduzione con carbonio in una fornace (altoforno) di riduzione a temperature di circa 2000 °C



Il ciclo integrale, in siderurgia, è il processo di produzione dell'acciaio attraverso **l'altoforno**. Sono previsti vari passaggi suddivisi in due fasi distinte: dal minerale alla ghisa (attraverso i passaggi di pretrattamento, arricchimento e agglomerazione) e, quindi, da questa all'acciaio finale.

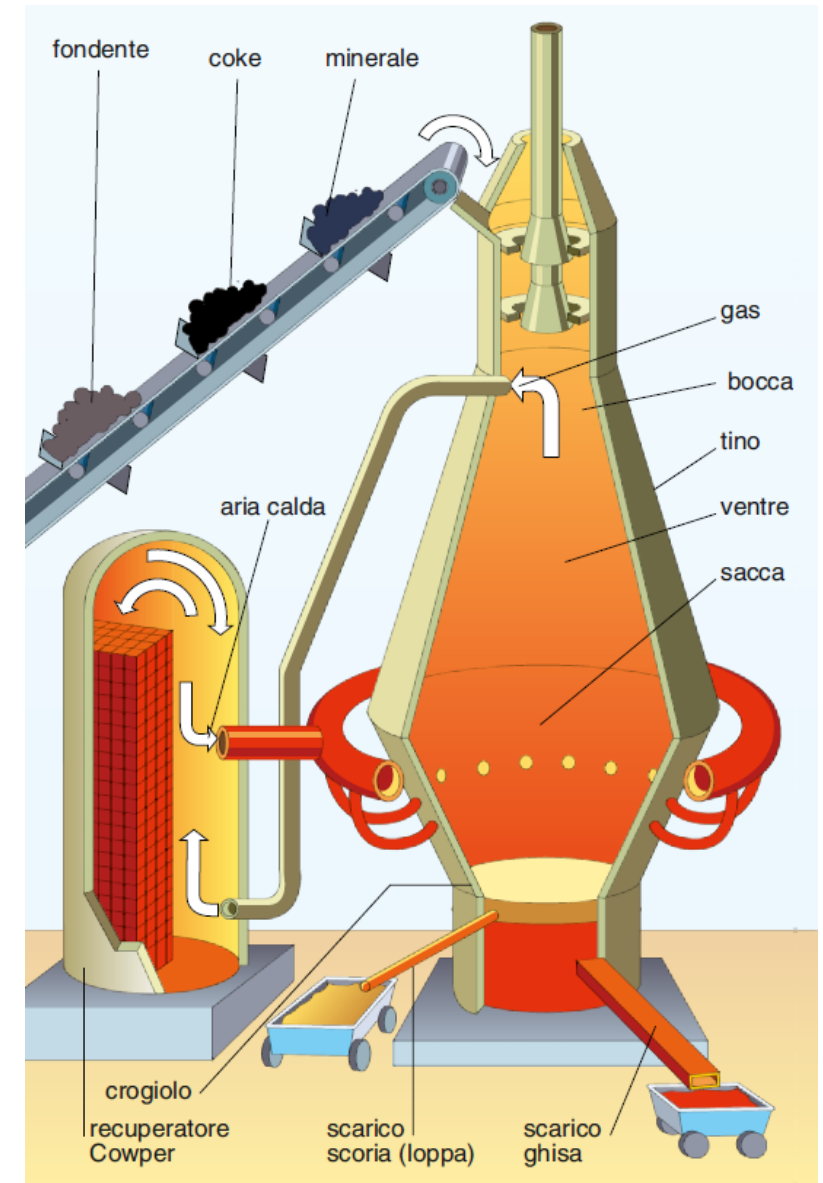
La produzione dell'acciaio: l'altoforno

Nella fornace, il carbone coke reagisce con l'ossigeno dell'aria producendo monossido di carbonio.

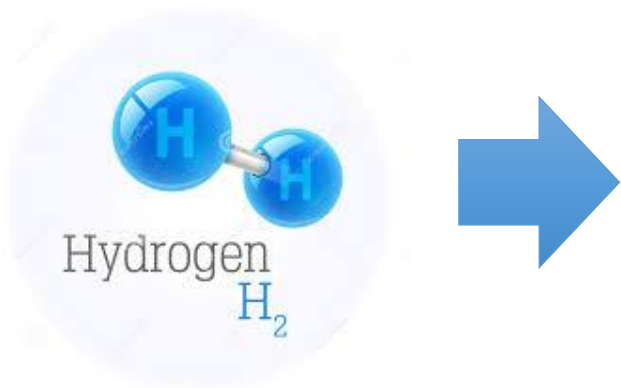
Il monossido di carbonio riduce il minerale di ferro, per fondere il ferro.

La ghisa è una lega ferro-carbonio a tenore di carbonio relativamente alto (> 2,06% fino al 6%); è il prodotto finito risultante dai processi chimici e termici che avvengono all'interno dell'altoforno

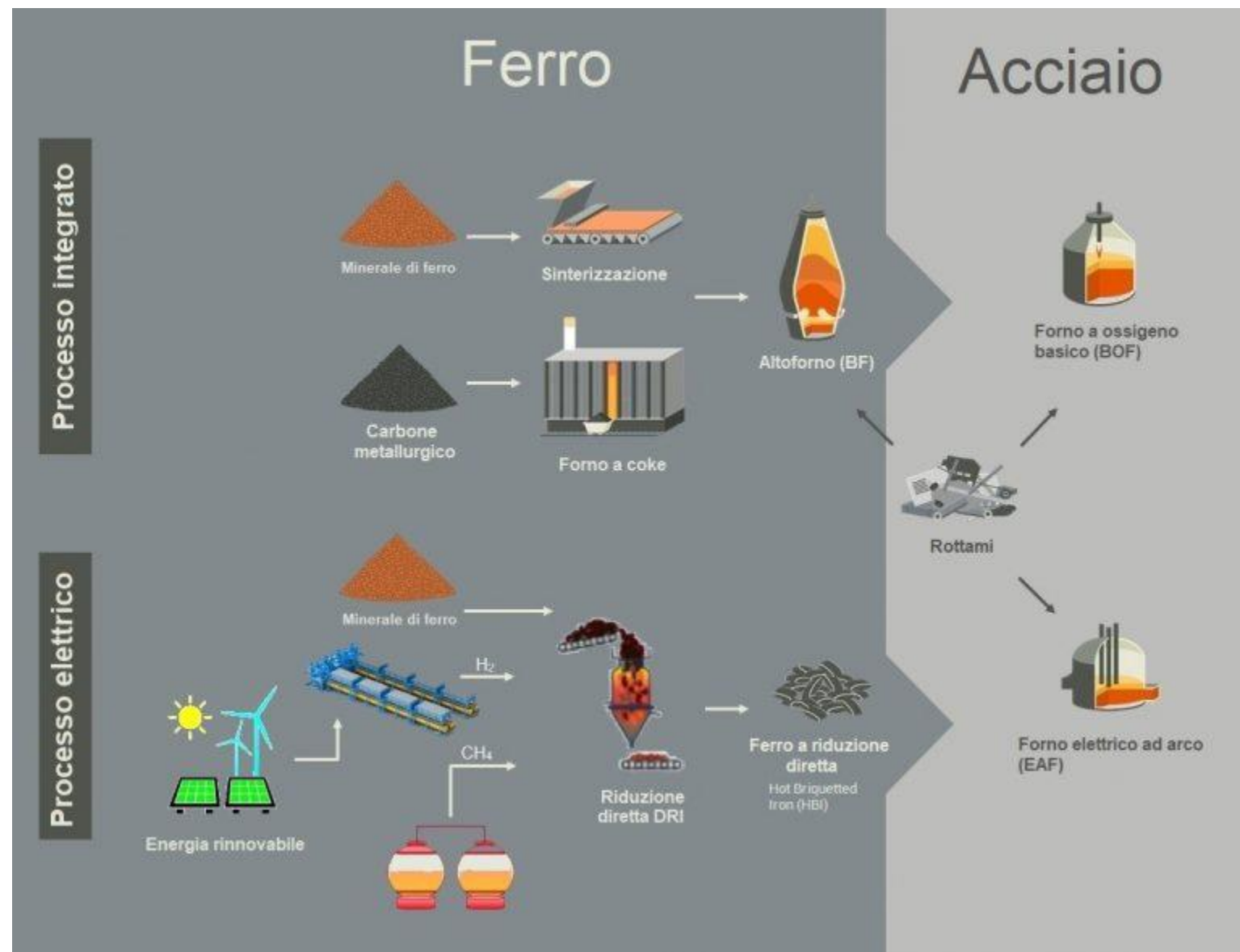
La ghisa liquida prodotta può essere inviata in acciaieria o essere colata in lingottiere; lasciata raffreddare per essere inviata alla fonderia per ulteriori lavorazioni



La produzione dell'acciaio: schema del processo



- Agente riducente del minerale di ferro in sostituzione del carbone
- Combustibile in sostituzione del gas naturale nei forni e nei processi di riscaldamento



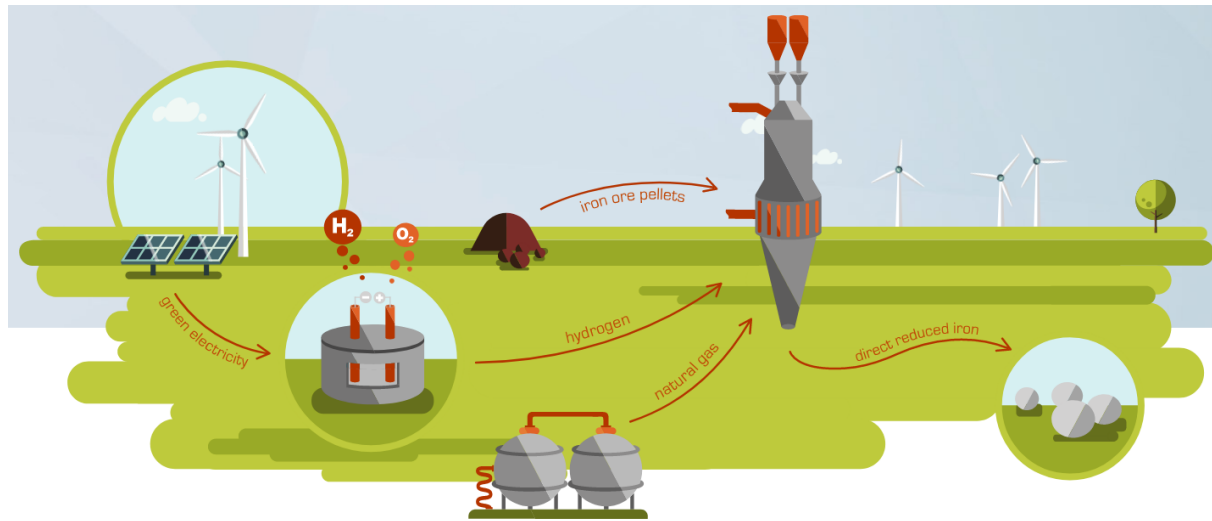
Idrogeno e la decarbonizzazione del settore siderurgico

SALCOS
Steelmaking. Reinvented.

tenova SALZGITTER
FLACHSTAHL
Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

PROGETTO: Salzgitter Low-CO2Steelmaking project

μDRAL impianto dimostrativo per la produzione di 2500 kg/d di Direct Reduced Iron (DRI), progettato per operare in flessibilità da 0 a 100 % con miscele di gas naturale ed idrogeno



TENOVA e DANIELI: Impianti di implementazione del processo Direct Reduction Iron ENERGIRON ZR nel quale si utilizza l'idrogeno come agente riducente, l'obiettivo è di realizzare un processo a "0" emissioni di CO₂

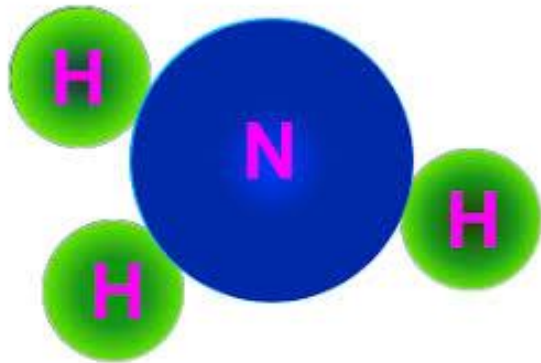
ENERGIRON HYL
DRI TECHNOLOGY BY TENOVA AND DANIELI



L'ammoniaca

L'*ammoniaca* è un composto dell'azoto di formula chimica NH_3 . Si presenta come un gas incolore, tossico, dall'odore pungente caratteristico.

Il metodo per ottenere l'ammoniaca fu messo a punto negli anni della Prima guerra mondiale da Haber e Bosch ed ebbe impulso per motivi bellici. L'ammoniaca, infatti, è una materia prima fondamentale per produrre acido nitrico e, da questo, gli esplosivi.



Utilizzi:

Detersivi

Produzione di fertilizzanti come urea

Produzione di esplosivi

Produzione del nylon

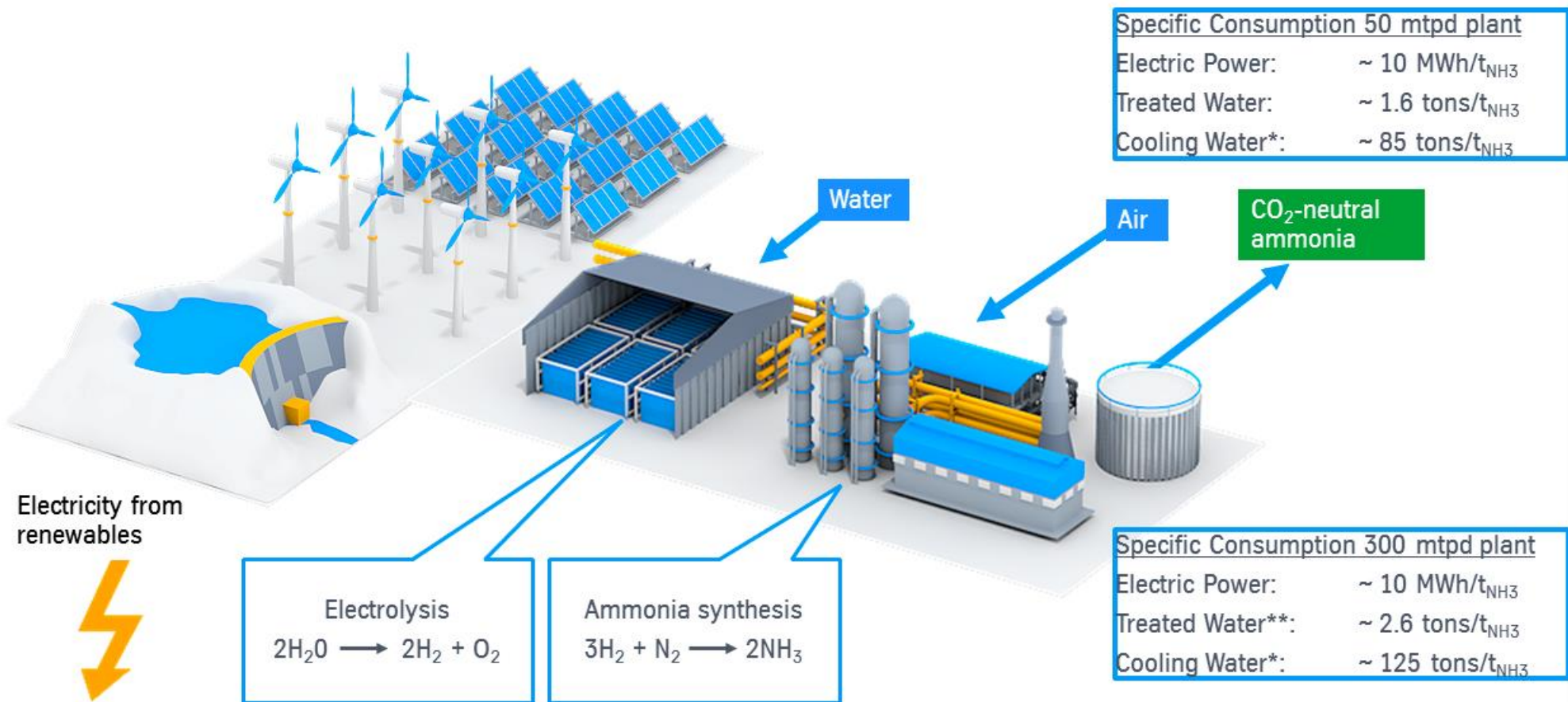
Combustibile trasporto marittimo

Stoccaggio H₂



La produzione della green ammonia

Introducing renewable ammonia by thyssenkrupp



*CW loop flowrate
** incl. steam generation



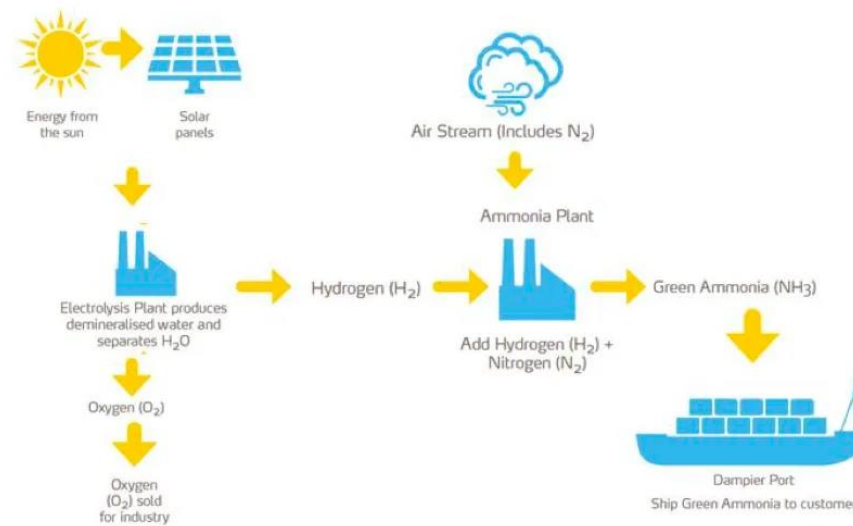
Produzione dell'ammoniaca esempio di impianto

- Impianto in Australia



- Fase zero del progetto prevede un parco solare da 10 MW ed un elettrolizzatore da installare e operativo entro la fine del 2022. Questo si traduce in 625 tonnellate di idrogeno verde e 3.500 tonnellate di ammoniaca verde all'anno
- Finanziato con iniziali 2 milioni di dollari
- Fase tre prevede 500 MW di generazione di energia rinnovabile installata entro il 2030.

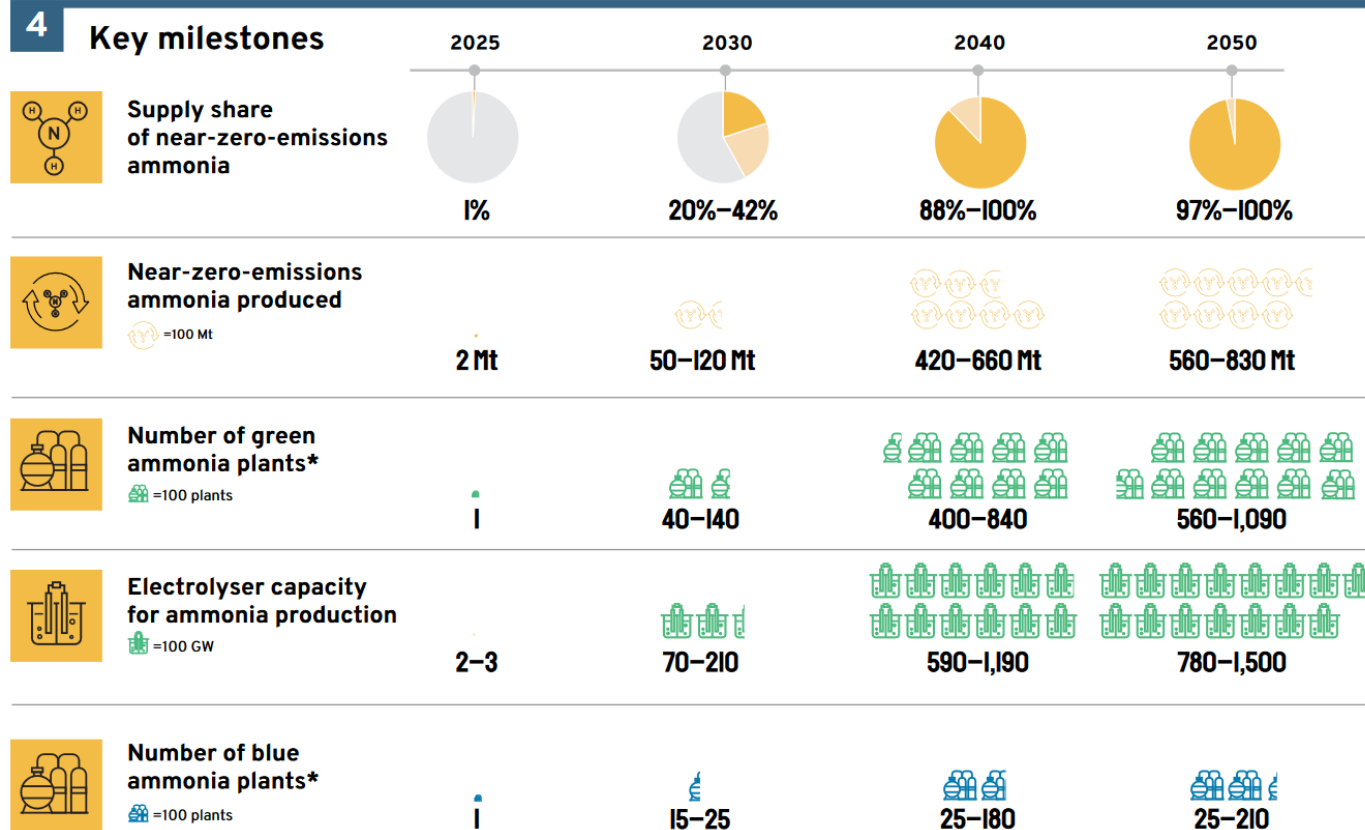
Yara Pilbara's Renewable Ammonia Project



La produzione della «green ammonia»: esempio di sviluppo

Rapporto della Mission Possible Partnership composta da 25 attori della catena del valore dell'ammoniaca

Il rapporto definisce una serie di leve, meccanismi e priorità per il prossimo decennio per garantire che il settore dell'ammoniaca raggiunga un obiettivo di riduzione delle emissioni del 50% entro la metà degli anni '30, prima di decarbonizzare quasi completamente entro il 2050

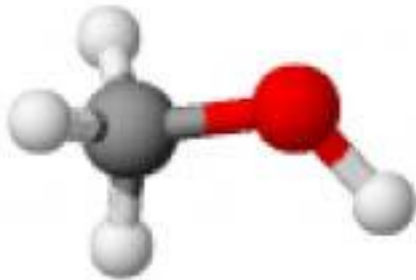
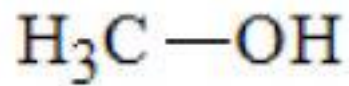


*Assumed daily production capacity of 2,000 t NH₃ and 95% capacity utilisation

Il metanolo dalla CO₂ e dall'H₂

Nei primi decenni del XX secolo, per merito di ricercatori tedeschi, francesi e italiani (Natta e Casale), si riuscì a ottenere metanolo dal cosiddetto gas di sintesi.

Il metanolo è molto versatile grazie ad alcune particolari caratteristiche: è liquido a temperatura ambiente, solubile in acqua e biodegradabile



Materie plastiche, resine, adesivi, polioli.

Combustibile anche trasformato in Dimetiletere



Il mercato mondiale del metanolo è in enorme espansione, con una produzione mondiale stimata dal Methanol Institute in circa 110 milioni di tonnellate all'anno, una domanda in continua crescita (qualcosa come 200.000 tonnellate al giorno), giri di affari per 55 miliardi di dollari americani all'anno e 90.000 posti di lavoro.

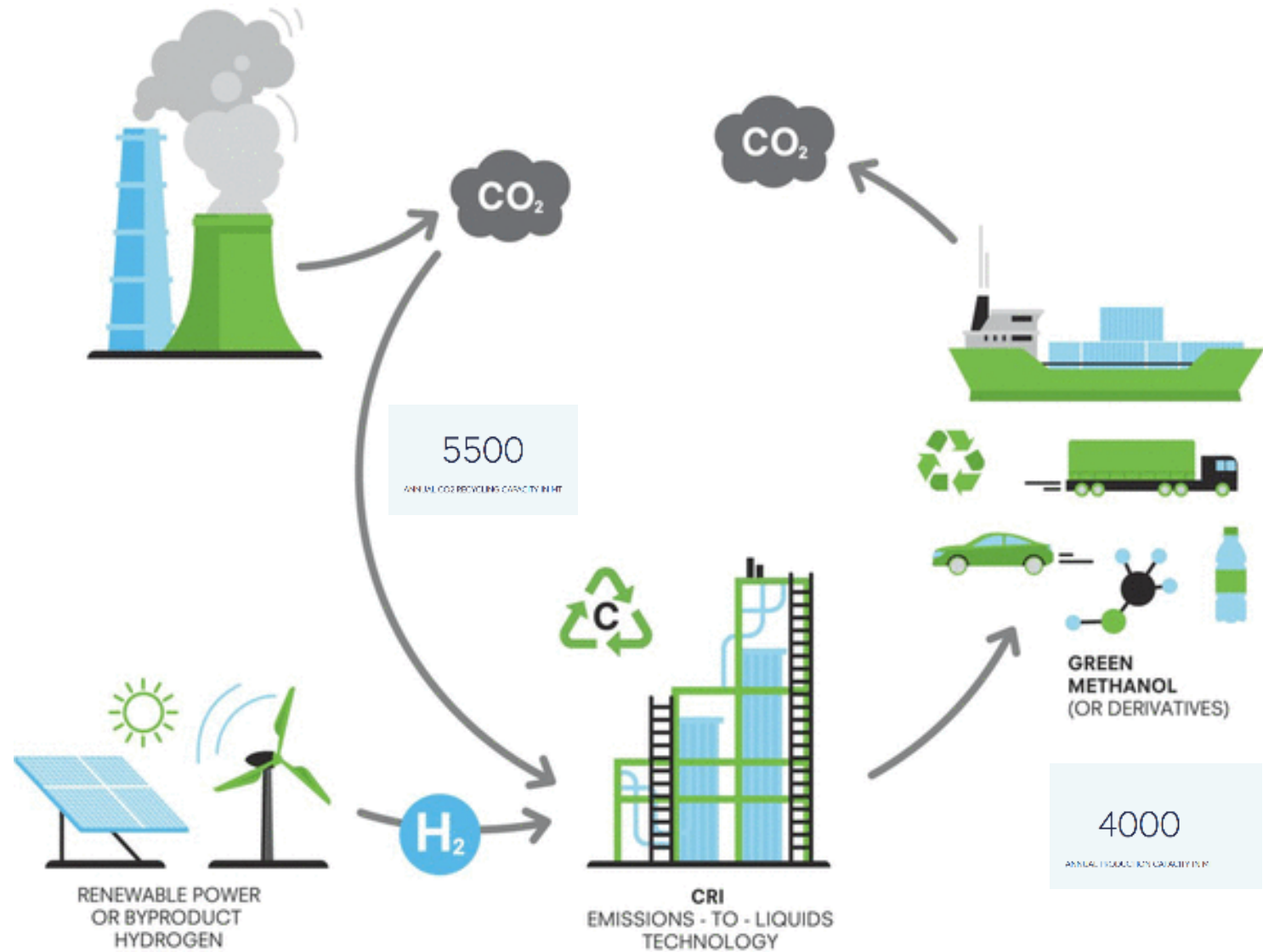
impianto George Olah Il metanolo da CO₂ e H₂



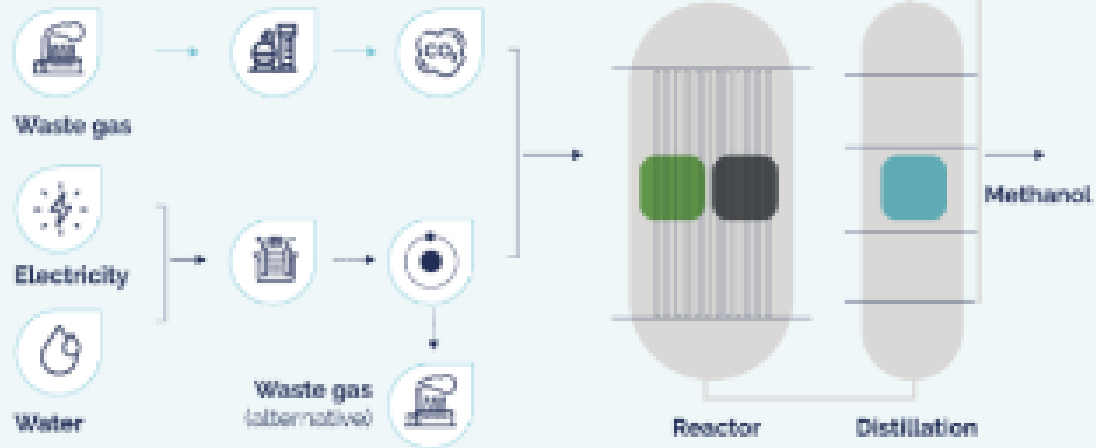
In pratica per ogni tonnellata di metanolo prodotto con il processo 'Power to Methanol' si evita circa una tonnellata di CO₂ immessa in atmosfera.



Impianto in Islanda



Esempio impianto George Olah → metanolo green



The world's only e methanol plant (since 2011)

engineered by Johnson Matthey/Jacobs

near Iceland's Blue Lagoon (Svartsengi)

INPUT

5.5 kt/y waste CO₂ from the nearby Svartsengi geothermal power station

renewable energy from the Icelandic grid

1200 Nm³/h renewable hydrogen (produced in a 6 MW el alkaline electrolyzer)

OUTPUT

4 kt/y of renewable methanol (commercialized as Vulcanol[®] by CRI) made at 250°C and 100 bar

Progetti in corso per la produzione di metanolo

Country	Company	Start-up year	Capacity (kt/y)	Feedstock
Denmark	ReIntegrate	2022	8	n.a.
Belgium	Power-to-Methanol Antwerp BV Consortium (ENGIE, Fluxys, Indaver, INOVYN, Oiltanking, Port of Antwerp and the PMV)	2023	8	n.a.
Australia	ABEL Energy and ThyssenKrupp	2023	60	Biogenic CO ₂
Sweden	Liquid Wind	2023	4.5	Industrial CO ₂
Norway	Consortium of Companies / CRI	2024	100	n.a.
Belgium	North-C-Methanol / North-CCU-Hub (ArcelorMittal; Alco Biofuel; ENGIE; Fluxys; Oiltanking; Development Agency East-Flanders (POM); North Sea Port; Mitsubishi Power; Proman; and PMV)	2024	44	Industrial CO ₂
Chile	Haru Oni Project (Enel, AME, Siemens Energy, Porsche)	2024 (2026)	40 (400)	CO ₂ from DAC
Norway	Swiss Liquid Future / ThyssenKrupp	n.a.	80	CO ₂ from ferrosilicon plant
Canada	Renewable Hydrogen Canada (RH ₂ C)	n.a.	120	n.a.
The Netherlands	Consortium (Nouryon, Gasunie, BioMCN, McPhy, DeNora, Hinicio)	n.a.	15	n.a.
Germany	Dow	n.a.	200	n.a.
Denmark	Consortium	2023-2030	n.a.	CO ₂ from MSW and biomass
Germany	Consortium	n.a.	n.a.	CO ₂ from cement plant

Enel Green Power: Haru Oni Project

Enel Green Power, Siemens, Chilean power company AME,
Exxon Mobile



Tomorrow's fuel
available soon from the Magallanes region

- Situato a Cabo Negro, a nord di punta arenas, nella regione di Magallanes CILE
- Turbina eolica da 3,4 MW di proprietà di enel green power
- Elettrolizzatore da 1,25 MW
- La fase pilota prevede una produzione iniziale di
 - 350 tonnellate l'anno di metanolo
 - 130.000 litri l'anno di benzina sintetica.
- Possibile sviluppo su scala commerciale

Idrogeno: barriere

- ✓ Barriere tecnologiche
- ✓ Economiche alti Capex (TCO) e Opex
- ✓ Barriere normative e mancanza di standard armonizzati.
- ✓ Assenza di una regolamentazione del mercato
- ✓ Mancanza di una chiara politica di incentivi.
- ✓ Mancanza di una strategia nazionale
- ✓ NIMBY Accettabilità sociale.
- ✓ Necessità di aumentare il coordinamento tra gli attori del mercato (es. elettrico e gas)

AZIONI !!!!!



Idrogeno: ... Azioni COSTRUIRE LA DOMANDA

- ✓ Sviluppo della normativa tecnica
- ✓ Sviluppo della regolamentazione del mercato, (incentivi, GO-norma tecnica CEN EN 16325, ETS....)
- ✓ Consapevolezza nel settore industriale (stakeholder)
- ✓ Corretta diffusione e comunicazione
- ✓ Analizzare/comparare altre possibili soluzioni di decarbonizzazione
- ✓ Strategia di conversione a idrogeno stimando l'impatto in termini di rischi, costi e tempi





MARKET UPTAKE....finanziabilità ...

Idrogeno: ... Azioni R&ID e possibili FONDI

Esigenze di R&ID

Progetti PILOTA

	2021	2026	2030
Risorse EU 						
PNRR	Yellow	Yellow	Yellow			
Innovation Found	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	
Piano Operativo Nazionale	Yellow	Yellow	Yellow			
Fondi IT 						
Fondi IPCEI	Green	Green	Green			
Mission Innovation	Green	Green				
FRI Fondo crescita sostenibile	Green					
Fondo CleanTech		Green	Green	Green	Green	Green
Ricerca Sistema Elettrico		Green	Green	Green	Green	Green



..... First movers

Webinar
mercoledì 19 ottobre 2022, ore 15.00 – 18.00
Ingegneria e sostenibilità



**GRAZIE
PER LA CORTESE
ATTENZIONE**