

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale
«UTILIZZO SOSTENIBILE
DELL'IDROGENO PER LA TRANSIZIONE
ENERGETICA»

Tutor universitario: Prof. Angelo Zarrella

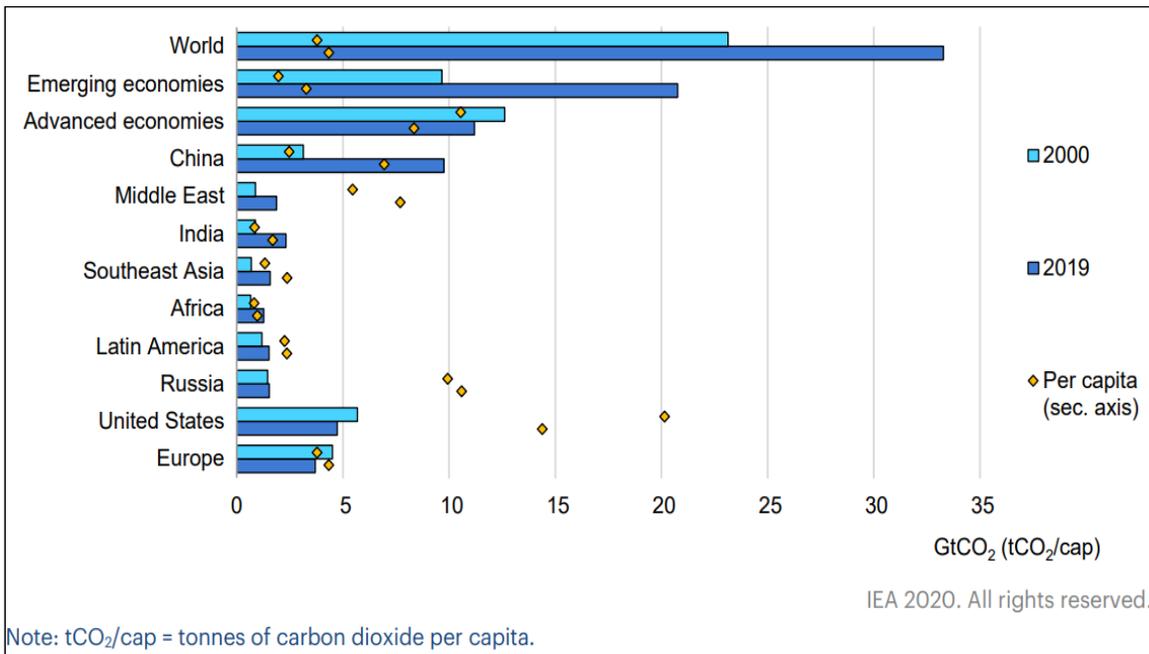
Laureando: *Denis Zambon*

Padova, 15/09/2023

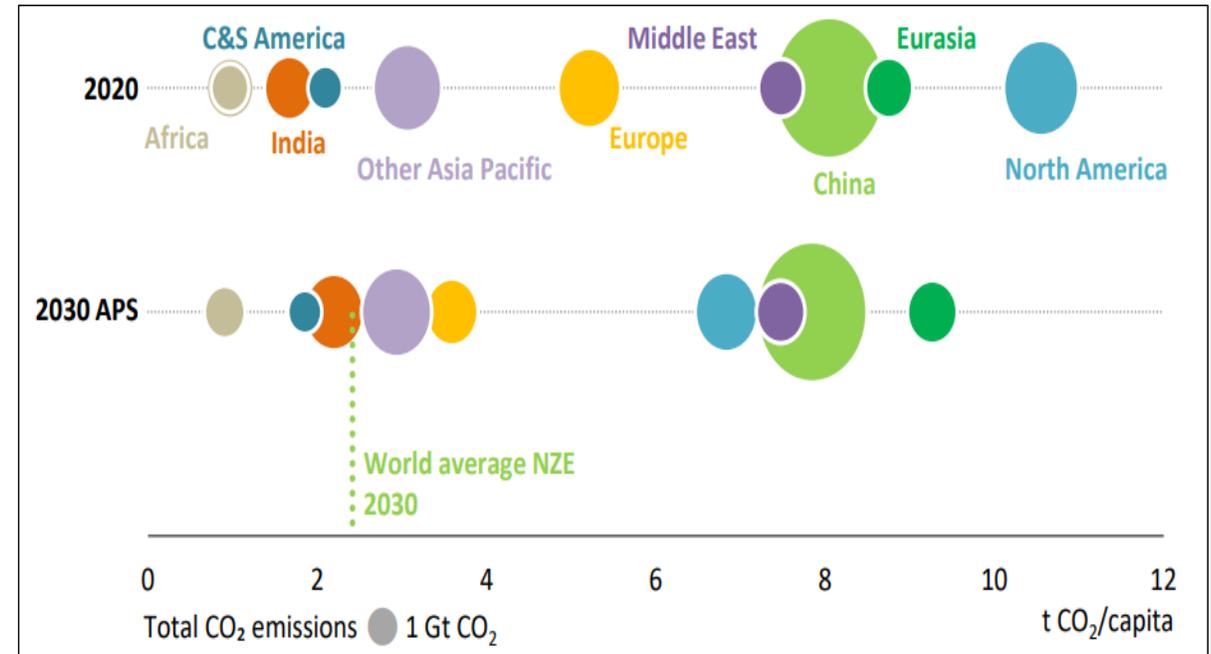
Nel rapporto dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):

- si stima che le emissioni di CO₂ abbiano causato il riscaldamento del pianeta di circa 1°C al di sopra del livello preindustriale e potrebbe raggiungere + 1.5°C entro i prossimi 30 anni;
- si afferma che per rimanere sotto la soglia di + 1.5°C le emissioni globali devono diminuire di circa il 45-50% entro il 2030 rispetto al 2010 per poi essere azzerate entro il 2050.

Emissioni di CO₂ effettive dal 2000 al 2019



Emissioni di CO₂ previste nel 2030 per NZE



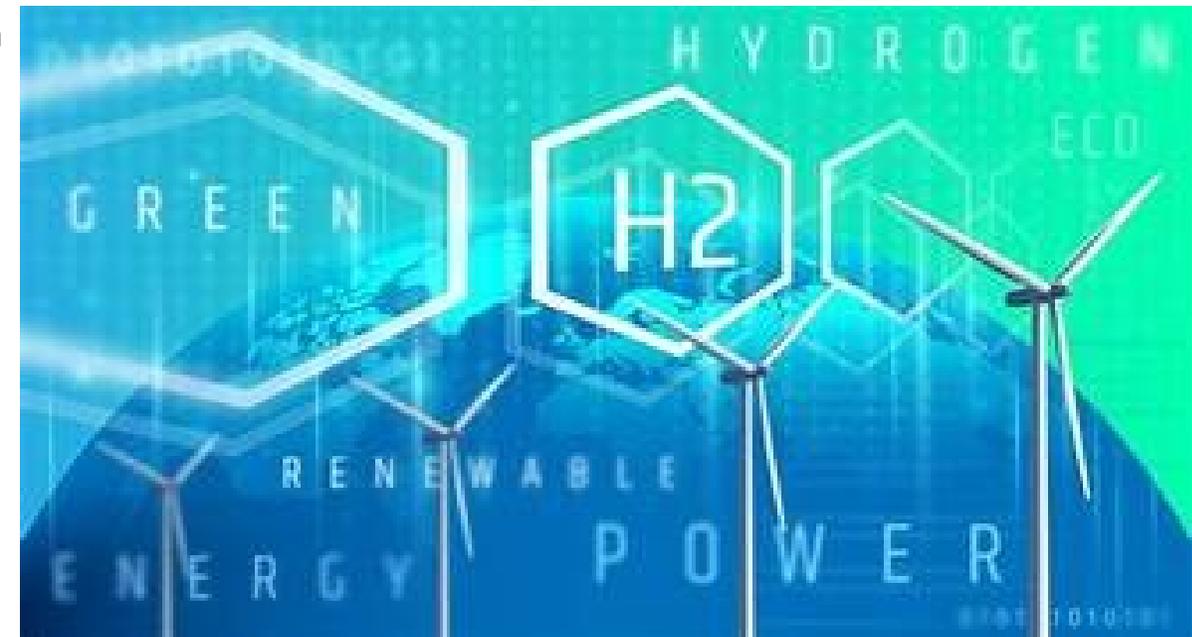
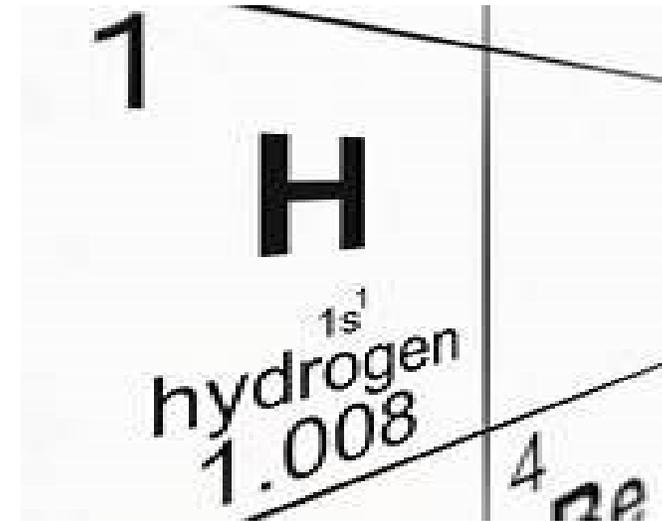
Per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 serviranno grossi investimenti per nuove tecnologie...

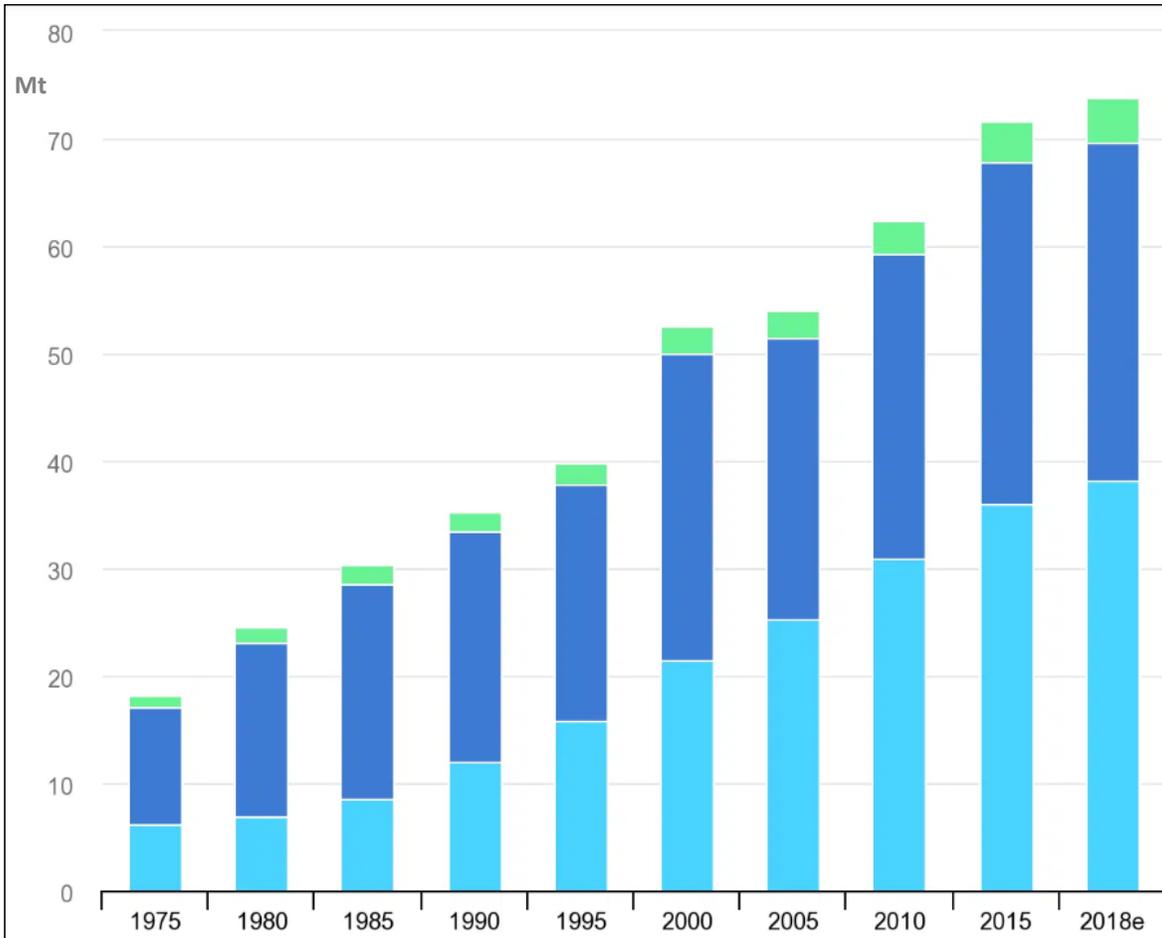
- Affrontare il problema delle emissioni di CO₂;
- Capire perché l'idrogeno può essere fondamentale per la transizione energetica;
- Conoscere la produzione, la distribuzione e l'accumulo dell'Idrogeno;
- Come l'idrogeno sta entrando nel mondo energetico attraverso applicazioni innovative;
- Vantaggi e svantaggi dell'Idrogeno;
- Conoscere il percorso dell'Unione Europea verso la decarbonizzazione;
- Riportare le testimonianze di aziende leader nel settore energetico.



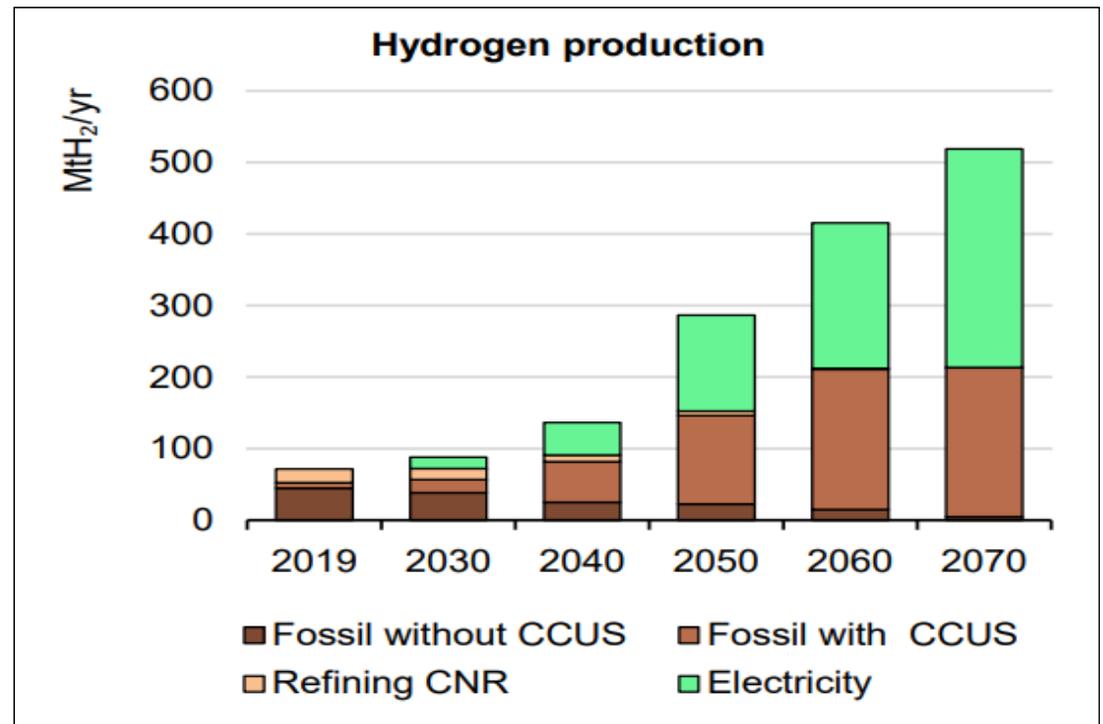
L'idrogeno:

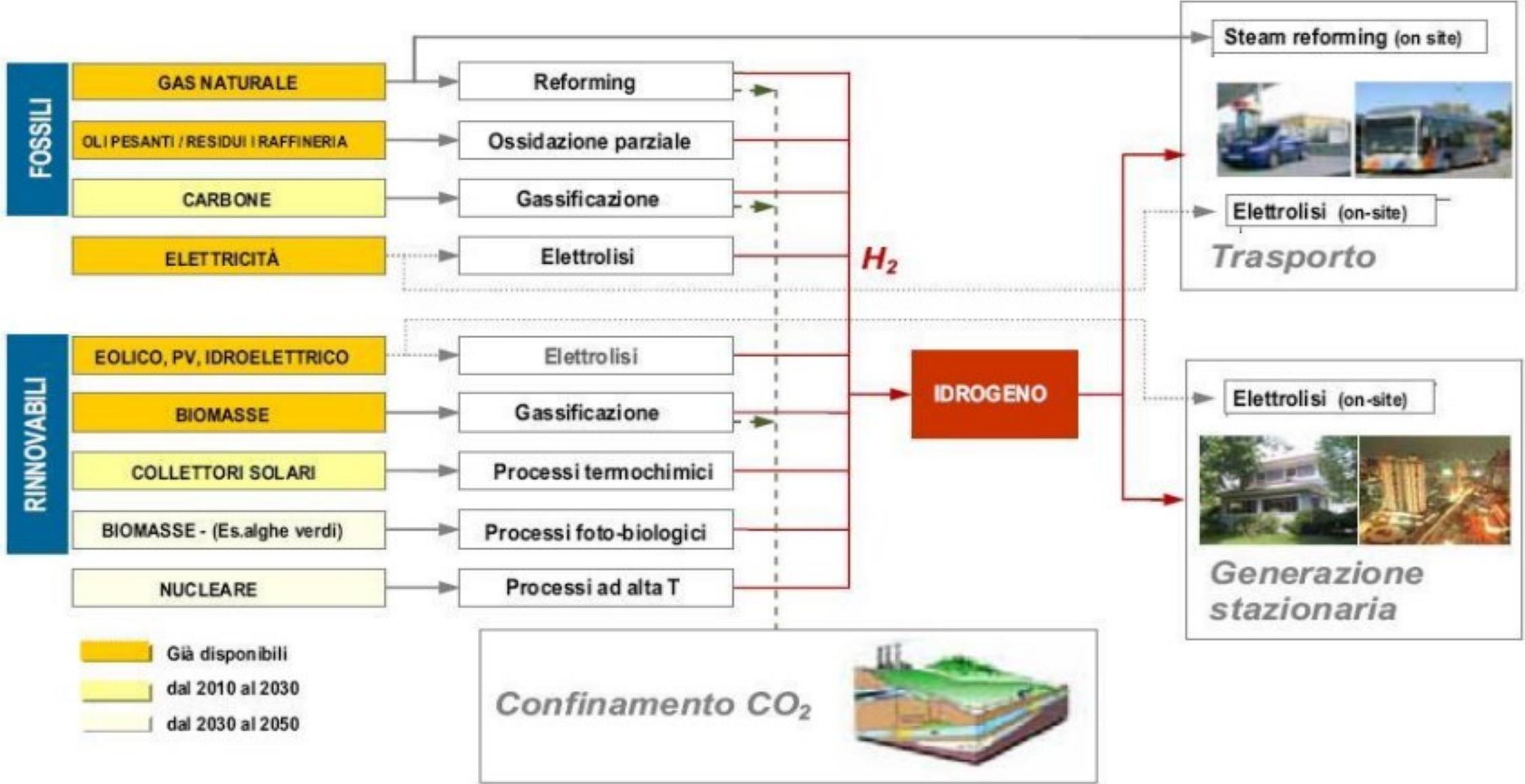
- L'elemento più piccolo, più leggero e più abbondante in natura (rappresenta 3/4 di tutta la materia esistente);
- Vettore energetico;
- Efficiente: 1 kg di idrogeno contiene circa 120 MJ, cioè un contenuto di energia specifica quasi 3 volte superiore a quello della benzina (47 MJ/kg);
- Reagendo con l'ossigeno non genera anidride carbonica (CO₂) ma acqua (H₂O);
- Ottenibile dall'acqua utilizzando elettricità (elettrolisi).





- Oggi si producono oltre 70 milioni di tonnellate di idrogeno all'anno ;
- Secondo le previsioni dell'IEA (International Energy Agency) la produzione dell'idrogeno annua è destinata a crescere progressivamente nei prossimi decenni



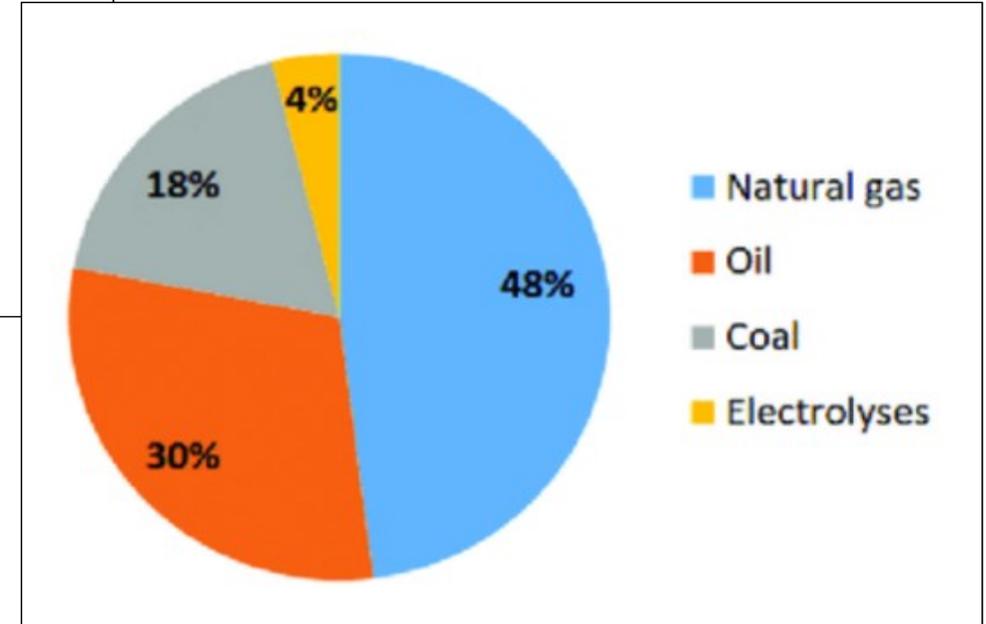


Le diverse tipologie di idrogeno

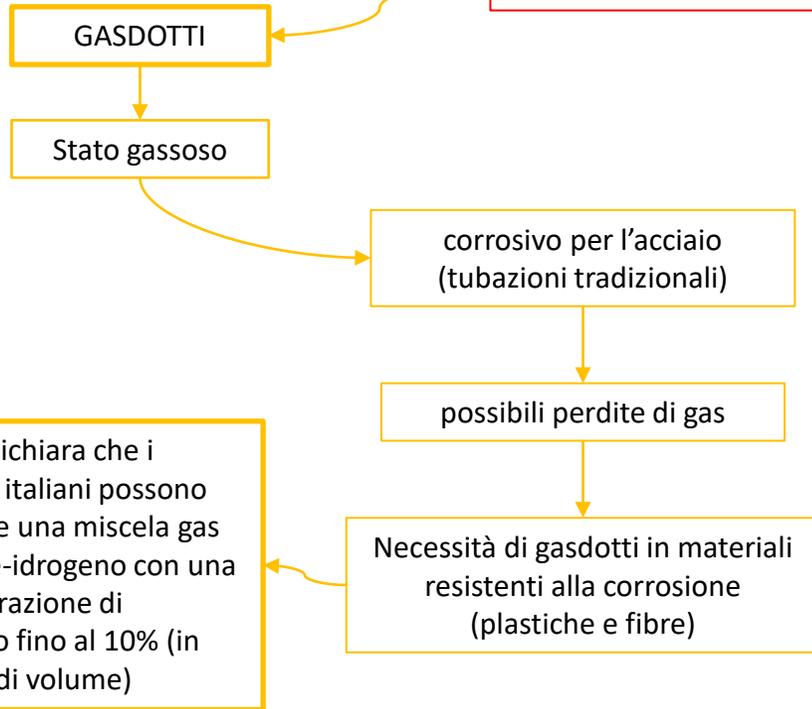


	GREY HYDROGEN	BLUE HYDROGEN	GREEN HYDROGEN
Process	Reforming or gasification	Reforming or gasification with carbon capture	Electrolysis
Energy source	Fossil fuels 	Fossil fuels 	Renewable electricity 
Estimated emissions from the production process ^a	Reforming: 9 - 11 ^b Gasification: 18 - 20	0.4-4.5 ^c	0

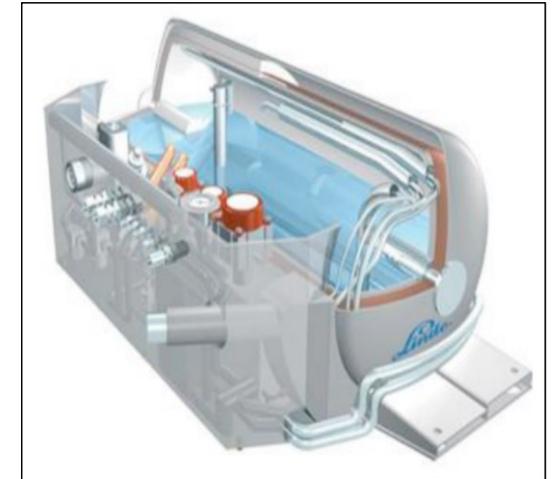
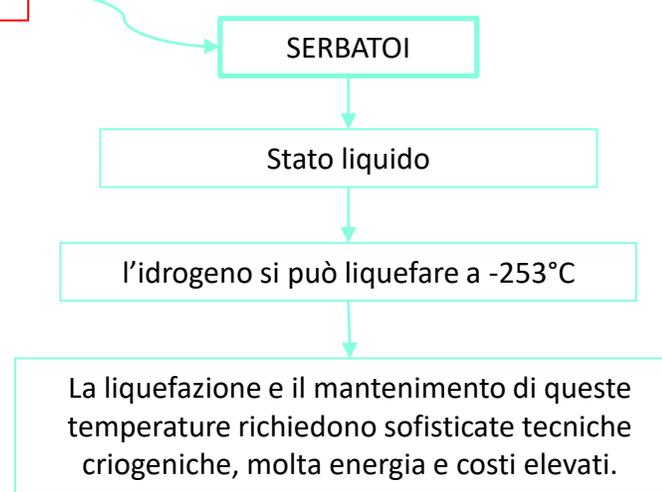
Attualmente il 96% dell'idrogeno proviene da fonti fossili



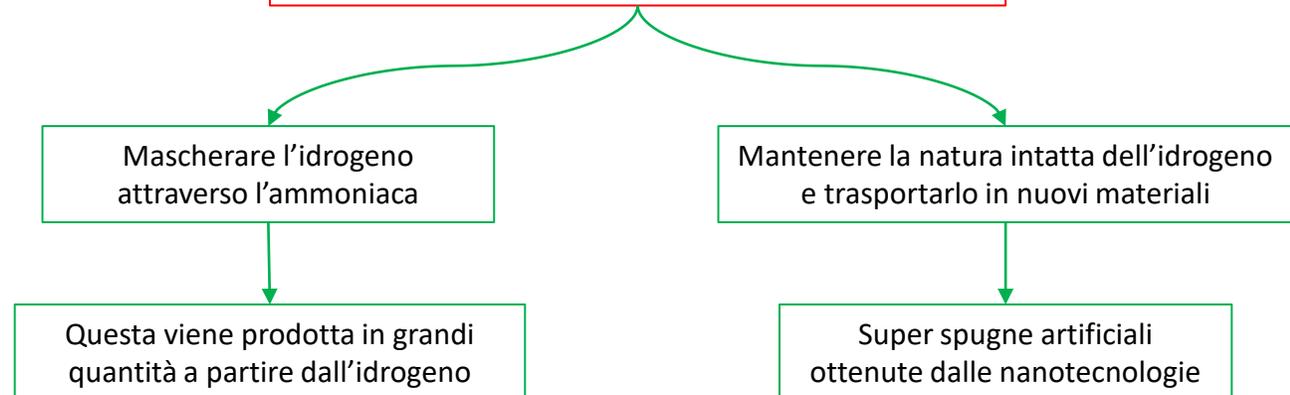
DISTRIBUZIONE TRADIZIONALE



SERBATOI



METODI INNOVATIVI PER IL TRASPORTO



• ACCUMULO DI IDROGENO COMPRESSO

- $p = 350 - 700 [bar]$ → serbatoi metallici o termoplastici con rinforzo in fibre di carbonio, fibre di vetro;

• ACCUMULO DI IDROGENO LIQUIDO

- Volume minore a parità di energia contenuta (rispetto gas);
- $t_{liquefazione} = -253^{\circ}C$

• ACCUMULO CHIMICO E METALLICO

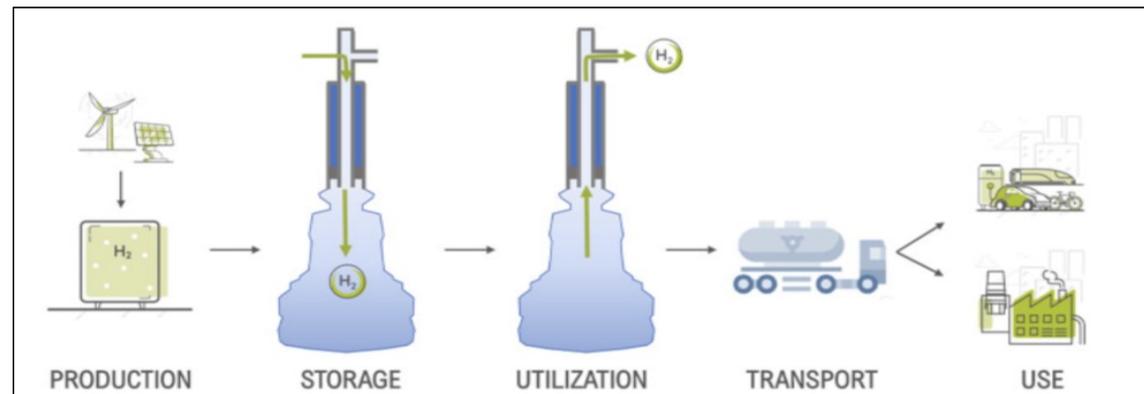
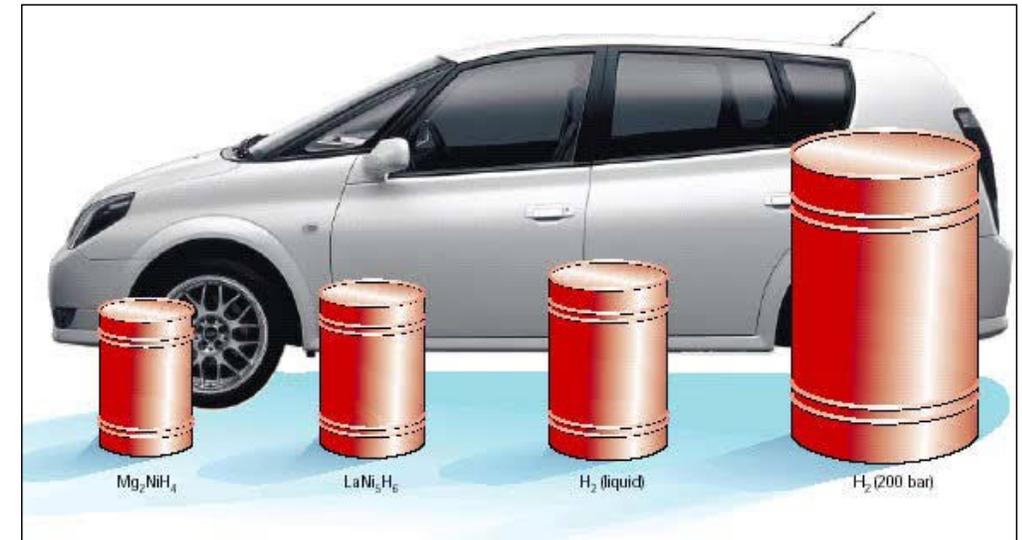
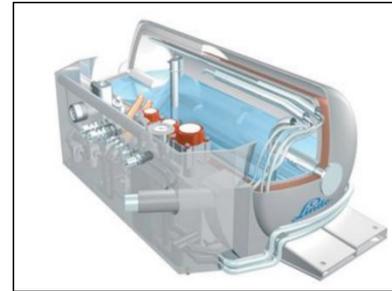
- Densità energetica > idrogeno compresso , densità energetica \approx idrogeno liquido;
- Volume di stoccaggio 3-4 volte < idrogeno compresso;

• ACCUMULO IN NANOSTRUTTURE

- Utilizzo di nanotubi e nanofibre di carbonio;
- Tecnologia ancora sperimentale

• ACCUMULO IN CAVITA' SALINE

- Utilizzo di rocce saline impermeabili;
- L'Europa può immagazzinare circa 85 [PWh] (petawattora);



CALDAIA AD IDROGENO (BAXI SPA)

- Zero emissioni di CO e CO₂:
- Installazione simile alle caldaie tradizionali e dotata di attacchi compatibili con le tubazioni tradizionali;
- L'idrogeno viene prodotto e stoccato localmente.

Obiettivo, entro il 2025, diffusione su larga scala di caldaie alimentate interamente ad idrogeno



‘LA SPEZIA GREEN HYDROGEN’

- Enel ha firmato un protocollo d'intesa con il comune di La Spezia per la riconversione dell'area dell'ex centrale termoelettrica che verrà destinata alla produzione di H₂ verde;
- Sarà costituita da:
 - 2 parchi fotovoltaici;
 - 1 elettrolizzatore da 2 MW

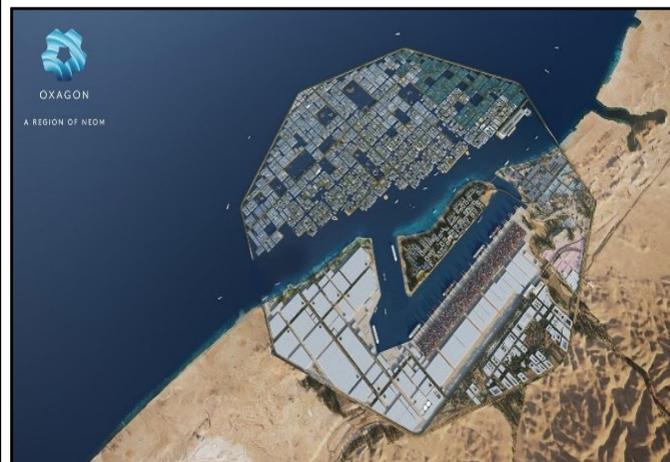
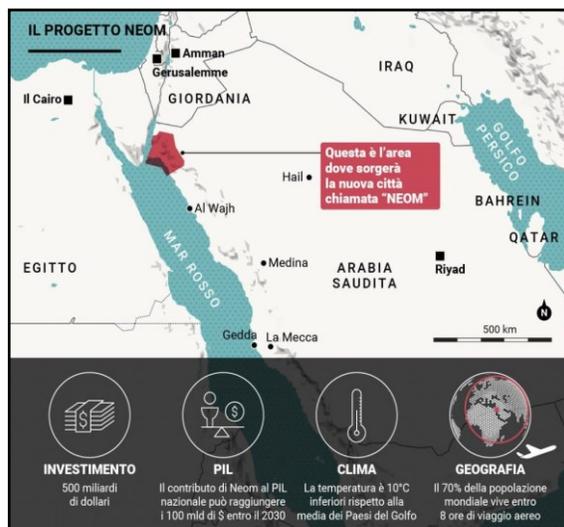
Obiettivo, entro il 2025, è la sua realizzazione e conseguente capacità di garantire una produzione di 134 tonnellate di idrogeno verde all'anno

HYDROGEN CITY

- Città sostenibili e alta efficienza energetica;
- Ruolo dell'idrogeno è centrale nel sistema energetico per soddisfare tutte le esigenze.

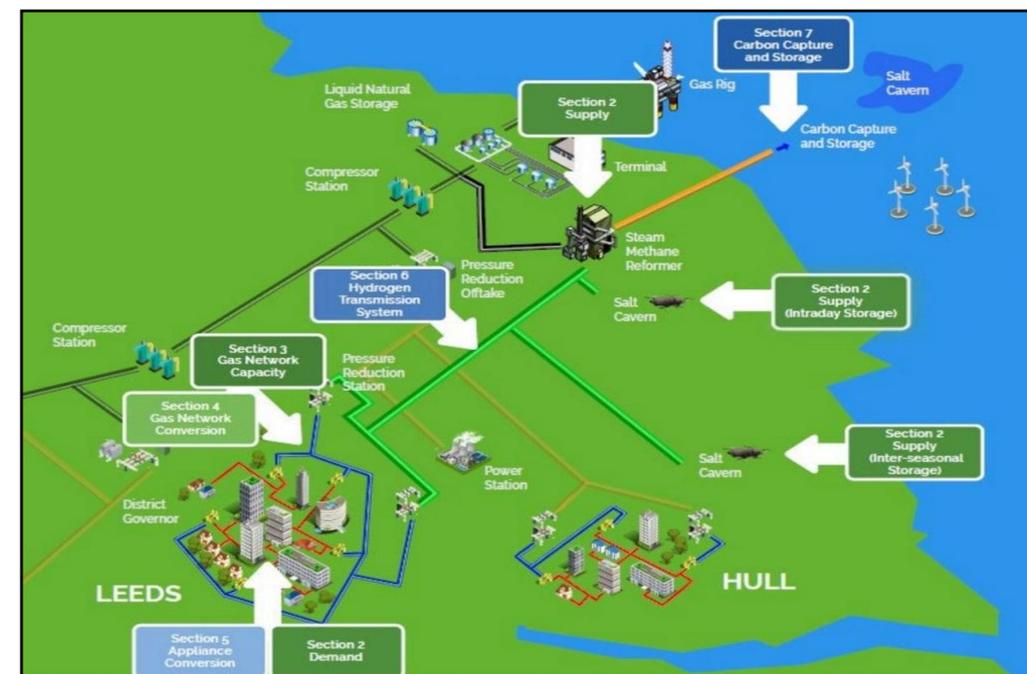
NEOM

- Città che sorgerà nella zona nord-occidentale dell'Arabia Saudita;
- Progetto iniziato nel 2021, l'apertura residenziale prevista per il 2025;



- Neom sarà la prima città a zero emissioni del pianeta;
- L'energia elettrica verrà fornita da impianti fotovoltaici ed eolici;
- L'idrogeno coprirà il ruolo di combustibile e base per la sintesi dell'ammoniaca;
- Progettato impianto da 4 GW per la produzione di idrogeno verde.

H21 LEEDS CITY GATE

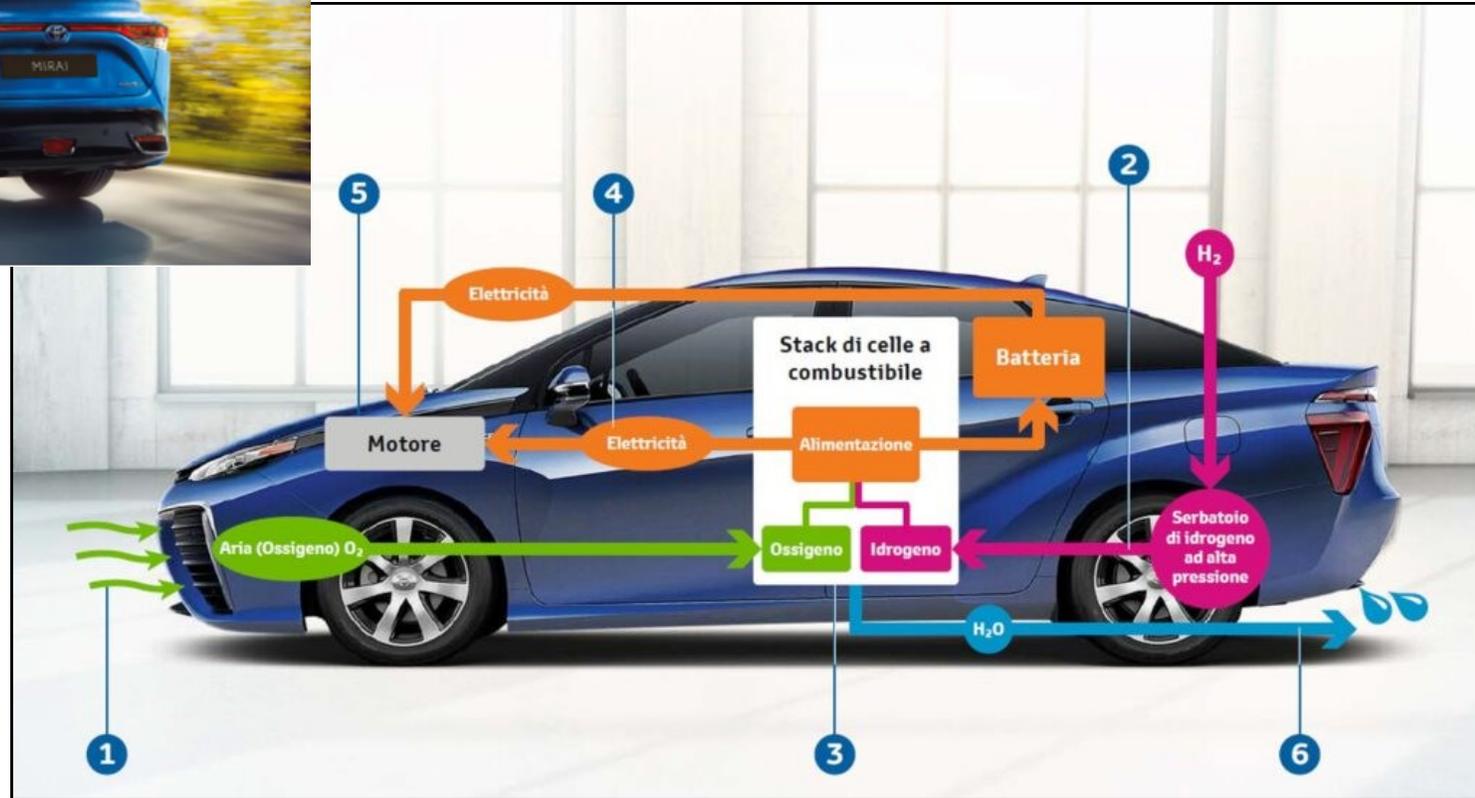


- Il progetto è stato lanciato nel 2016 a Leeds (Inghilterra);
- Conversione della rete del gas al 100% di idrogeno;



TOYOTA MIRAI

Veicolo ad idrogeno con cella a combustibile



Nuove auto
a emissioni
zero



Ciclo di vita
a emissioni
zero



Produzione
a emissioni
zero



Toyota Fuel Cell System (TFCS):

- Efficienza energetica > motori a combustione interna;
 - 0.79 kg di idrogeno per 100 km;
 - Autonomia di 650 km;
- Non emette CO₂ e altre sostanze pericolose durante il suo utilizzo.

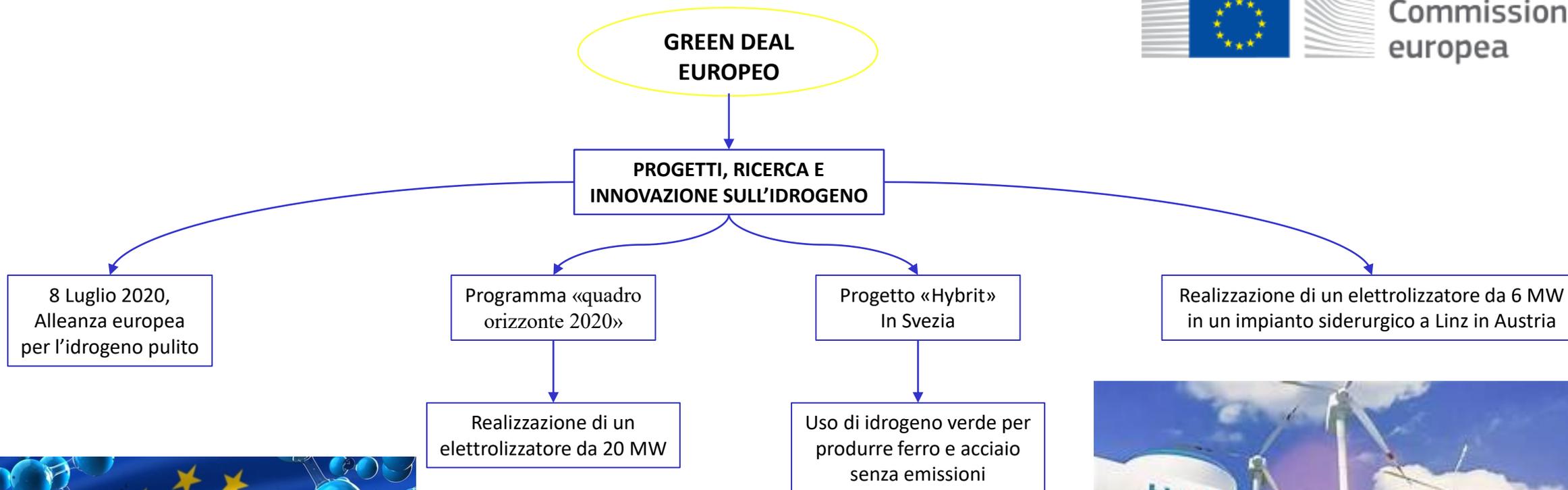


- ✓ Fonte di energia rinnovabile, efficiente e abbondante;
- ✓ Non emette CO₂;
- ✓ Atossico;
- ✓ Può essere prodotto il loco dove serve oppure essere distribuito capillarmente;
- ✓ Può essere prodotto da FER primarie come solare ed eolica;
- ✓ Può essere stoccato a lungo termine in modo sicuro e conveniente;
- ✓ Può decarbonizzare i settori industriali come siderurgia e raffinaria;
- ✓ Può essere impiegato nella mobilità sostenibile (celle a combustibile).



- ✗ Trattamento ed impiego costoso (processi di produzione-elettrolisi e steam reforming);
- ✗ Stoccaggio complesso;
- ✗ Altamente infiammabile, volatile e inodore;
- ✗ Ad oggi forte dipendenza dai combustibili fossili.

- **GREEN DEAL EUROPEO** = OBIETTIVO DI CONSEGUIRE LA NEUTRALITA' IN TERMINI DI EMISSIONI DI CO₂ IN EUROPA ENTRO IL 2050





Decarbonizzazione degli usi finali dell'energia tramite l'elettificazione → sviluppo delle fonti rinnovabili e sostenibili

... «circa il 20% degli usi finali di energia è coperto da elettificazione, entro il 2050 si arriverà fino al 50% di elettificazione»...



Decarbonizzazione efficiente con continuo studio ed investimento attivo sullo sviluppo di nuove tecnologie

... «Per arrivare ad una decarbonizzazione efficiente abbiamo fatto un lavoro sulle infrastrutture e anche sullo stoccaggio, che è fondamentale per far sì che la nostra infrastruttura si presti a trasportare fino al 100 % di idrogeno. La seconda area sulla quale lavoriamo sono i test sugli elettrolizzatori»...



a2a

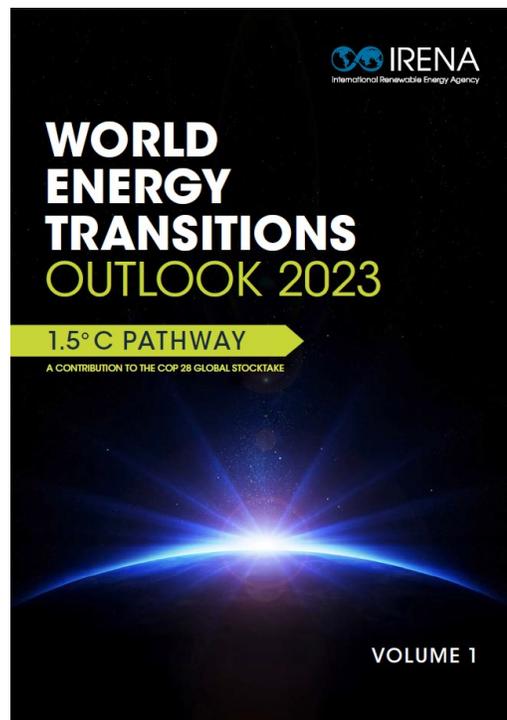
Energia

Decarbonizzazione degli usi finali dell'energia con focus sull'impiego di idrogeno.

...«Per un mondo decarbonizzato al 2050 ci immaginiamo che il 55 % al massimo degli usi finali di energia saranno elettrone e il resto sarà molecola. Ovviamente dovrà essere una molecola green, come per esempio l'idrogeno.»...

Tutta la comunità energetica si sta focalizzando su come ridurre significativamente le emissioni inquinanti di CO₂. I segni dell'Effetto Serra sono visibili e non si possono trascurare, motivo per cui tutti i governi del mondo stanno attuando dei nuovi piani energetici che mirano a modificare le fonti energetiche del fabbisogno energetico globale.

L'idrogeno non può risolvere da solo i problemi dell'inquinamento, ma combinato ad altre fonti energetiche green può aiutare a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.



Indicators	Recent years	2030 ¹⁾	2050 ¹⁾	Progress (off / on track)	
HYDROGEN	Clean hydrogen production	H ₂ 0.7 Mt/yr ²³⁾	H ₂ 125 Mt/yr ²⁴⁾	H ₂ 523 Mt/yr ²⁵⁾	
	Electrolyser capacity	0.5 GW ²⁶⁾	233 GW	5 722 GW	
	Investment needs for clean hydrogen and derivatives infrastructure ²⁷⁾	1.1 USD billion/yr ²⁸⁾	100 USD billion/yr	170 USD billion/yr	

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

... L'energia è materia liberata, la materia è energia in attesa di accadere ...

(Bill Bryson)

