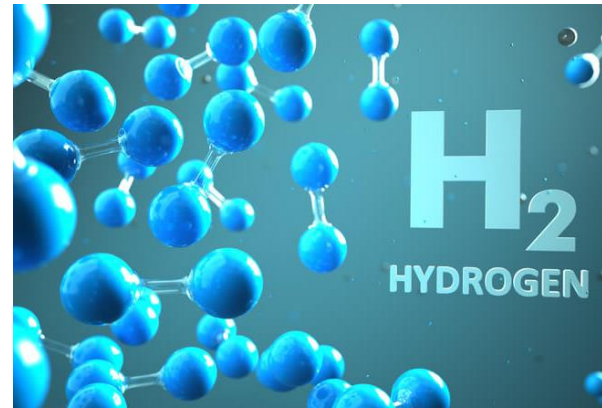


Idrogeno, il petrolio di domani?



L'energia sulla terra

Quasi tutte I tipi di energia che utilizziamo nella nostra vita quotidiana provengono (almeno in parte) dalla nostra stella, il Sole.

Le uniche energie che non può essere direttamente attribuite all'azione della radiazione solare sono l'energia Nucleare e quella Geo-Termica



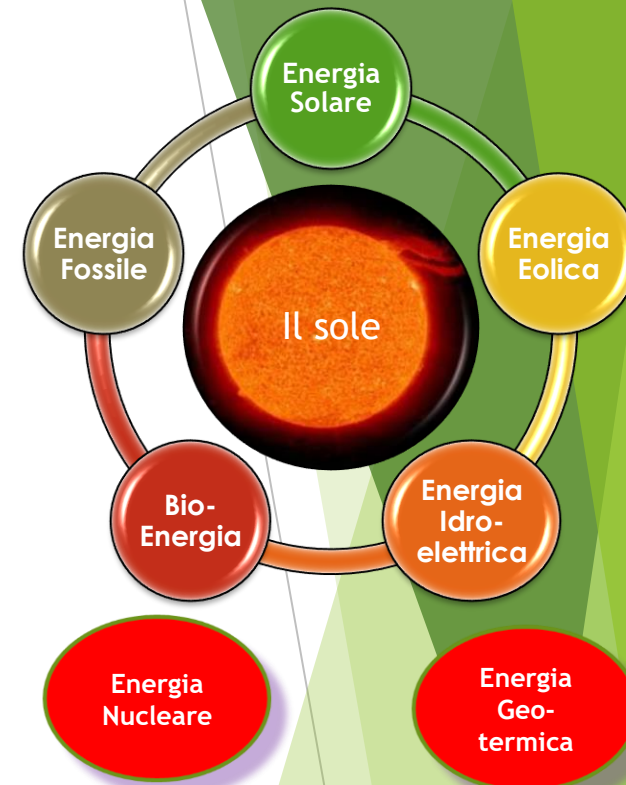
L'energia e I vettori energetici

Una volta generate l'energia deve essere trasportata.

I vettori energetici costituiscono la strategia con cui si sposta l'energia dal posto di generazione al posto di utilizzo.

Ad oggi i principali vettori energetici sono:

- **Rete Elettrica**
- **Carburanti solidi liquidi e gassosi**
- **Biomasse**
- **Acqua calda (brevi distanze)**



**Quale futuro per le
Energie da fonti
rinnovabili?**



L'elettricità non si può conservare (su larga scala)

- ▶ Per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione fissati dagli accordi di Parigi, occorre compiere una vera e propria transizione energetica. Questa richiederà il rapido sviluppo di fonti di energia rinnovabile e un altrettanto rapido abbandono dei combustibili fossili, a cominciare dal carbone. In particolare, un passaggio decisivo starebbe nella **progressiva elettrificazione di macchine, motori e impianti**. L'elettricità dovrà provenire però non da centrali termoelettriche che bruciano combustibili fossili -non si risolverebbe il problema- ma da fonti rinnovabili, primi fra tutti il Sole e il vento. **È ancora irrisolto però il problema dell'intermittenza delle fonti rinnovabili (di notte i pannelli solari non funzionano e in assenza di vento le pale eoliche sono ferme), in rapporto alla variabilità della domanda di energia.** A differenza dei combustibili, infatti, l'elettricità non si può conservare su larga scala.

L'elettricità non si può conservare (su larga scala)

- ▶ Una soluzione per accumulare l'energia elettrica quando è disponibile, per poi usarla quando serve, è **quella delle batterie**: una reazione trasforma l'energia elettrica in energia chimica, immagazzinandola nei legami fra molecole e metalli presenti nella batteria; quella inversa ritrasforma l'energia chimica in elettricità, per i momenti di bisogno. Purtroppo per compensare questi cicli giornalieri/stagionali **occorrerebbero grandi pacchi batterie** in grado di conservare energia per mesi e bisognerebbe risolvere il problema della loro naturale **autoscarica col tempo**.
- ▶ Inoltre lo **smaltimento delle batterie** costituisce da sempre un problema di alto impatto ambientale in prospettiva potenzialmente critico quasi quanto le emissioni GHG odierne

Un nuovo vettore energetico: l'Idrogeno

- ▶ L'idrogeno (H_2) può essere la molecola che ci aiuterà a vincere queste sfide.

L'elemento più abbondante di tutto l'Universo -il Sole e la Via Lattea sono fatti per tre quarti di idrogeno- è un ottimo vettore energetico in forma di gas. **Un solo chilogrammo di H_2 è in grado di sviluppare 142 MJ di energia, contro i 56 del gas naturale, i 45-46 di benzina, diesel o kerosene, i 30-32 del carbone e i 16 della legna.**

- ▶ Non produce emissioni di CO_2 o altri inquinanti!

Perché dunque l'idrogeno non è ancora generalmente e globalmente utilizzato?

Perché anche se sulla nostro pianeta ne possiamo trovare oceani interi, tutto questo idrogeno si trova nella sua forma ossidata che prende il nome di ... acqua.

«Ma guardate l'idrogeno tacere nel mare
Guardate l'ossigeno al suo fianco dormire
Soltanto una legge che io riesco a capire
Ha potuto sposarli senza farli scoppiare
Soltanto la legge che io riesco a capire»

«un Chimico» Fabrizio de André

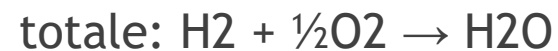
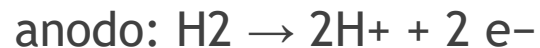
Un nuovo vettore energetico: l'Idrogeno

- ▶ Per poterlo utilizzare a fini energetici dobbiamo prima “estrarlo” dalle molecole d'acqua e poi immagazzinarlo. Ecco perché, a meno che non riusciamo a procurarcelo direttamente sul Sole, dove si trova già allo stato non ossidato, l'idrogeno va considerato come un vettore per il trasporto e lo stoccaggio dell'energia e non come a una fonte energetica (ma ci ritorneremo a fine presentazione).
- ▶ La via principale per produrlo da fonti rinnovabili è utilizzare un elettrolizzatore. In questo dispositivo, fornendo elettricità all'acqua, si smontano le molecole di H_2O nei suoi componenti, idrogeno e ossigeno, trasformando l'energia elettrica in energia chimica. Se fatto funzionare al contrario, l'elettrolizzatore diventa una cella a combustibile che ritrasforma l'energia chimica in energia elettrica, utilizzando le molecole H_2 e O_2 per produrre molecole di H_2O .

Principio di Funzionamento

► Il principio di funzionamento di una cella a combustibile è così descrivibile: il combustibile, idrogeno, viene fornito all'elettrodo negativo dove si ossida a ione H^+ (protone) con cessione di elettroni. Gli elettroni fluiscono nel circuito esterno e producono lavoro elettrico, per poi giungere al catodo dove riducono l'ossigeno a ione OH^- (ossidrile). Il circuito è chiuso dal trasporto di ioni da un elettrodo all'altro attraverso l'elettrolita. A seconda della natura dell'elettrolita usato (acido o basico), le reazioni dei singoli elettrodi possono essere scritte come indicato di seguito.

► Nell'elettrolita acido:



e il circuito elettrico viene chiuso dal trasporto di protoni che attraversano la cella dall'anodo fino a raggiungere il catodo per completare la reazione elettrochimica.

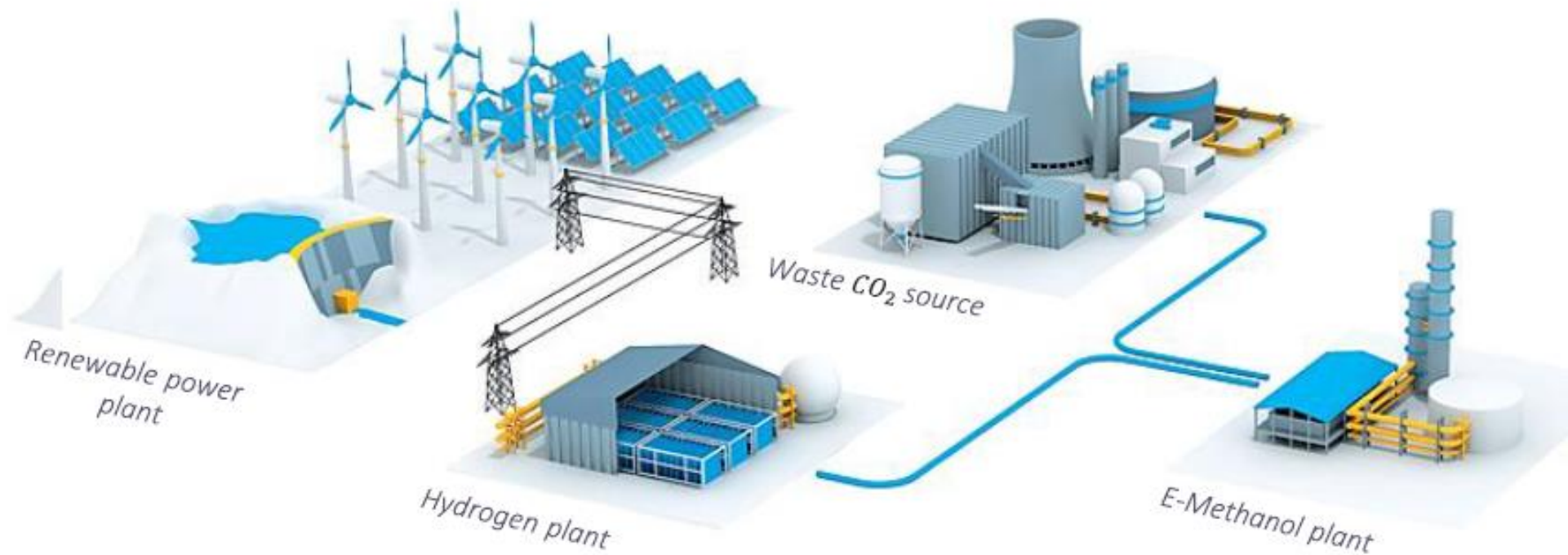
Un nuovo vettore energetico: l'Idrogeno

- ▶ Se fatto funzionare al contrario, l'elettrolizzatore diventa una cella a combustibile che ritrasforma l'energia chimica in energia elettrica, utilizzando le molecole H_2 e O_2 per produrre molecole di H_2O . Su questo principio sono base le auto a Idrogeno dove viene installata una fuel cell a idrogeno che genera elettricità che a sua volta alimenta un motore elettrico
- ▶ L'idrogeno però può essere impiegato anche per la sua **capacità di bruciare emettendo solo H_2O** e quindi alimentare motori a combustione interna, **per riscaldare le case** o anche per alimentare processi industriali ad alta intensità energetica come **le acciaierie o cementifici**, rendendole in questo modo molto più ecocompatibili.
- ▶ Da ultimo se fatto reagire con l'Azoto, l'Idrogeno genera Ammonica **NH_3** che si sta proponendo come carburante del futuro per il trasporto marittimo a lungo raggio



Un nuovo vettore energetico: l'Idrogeno

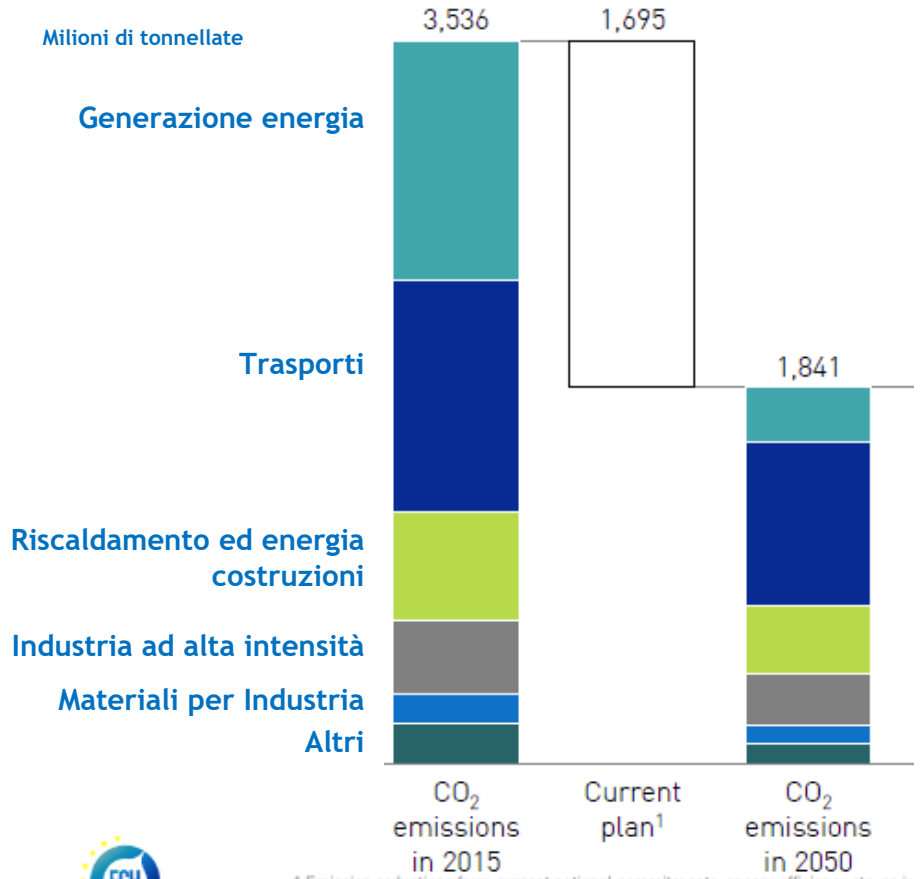
- ▶ D'altra parte anche l'Idrogeno non è facile da stoccare e trasportare, essendo un gas molto «leggero» ed instabile e difficilmente liquefabile
- ▶ **La soluzione!!!**
L'idrogeno verde può essere trasformato in Metano CH_4 o in Metanolo CH_3OH sintetici attraverso un processo di **cattura della CO_2** .



H2 • Una nuova speranza?



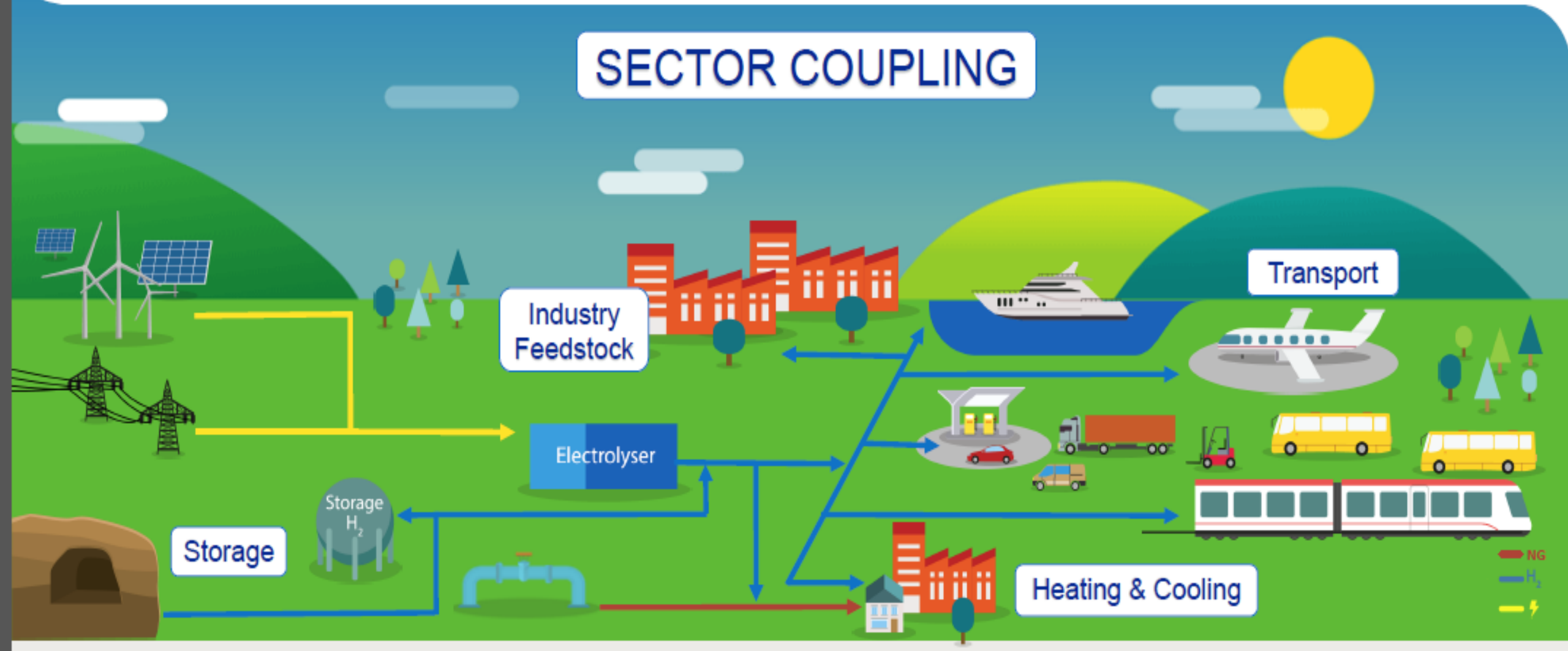
L'Europa sta diventando verde: l'idrogeno aprirà la strada?



¹ Emission reductions from current national commitments, energy efficiency etc. as in 2 DS = degree scenario
 SOURCE: IEA Energy Technology Perspectives 2017; Hydrogen Roadmap Europe team

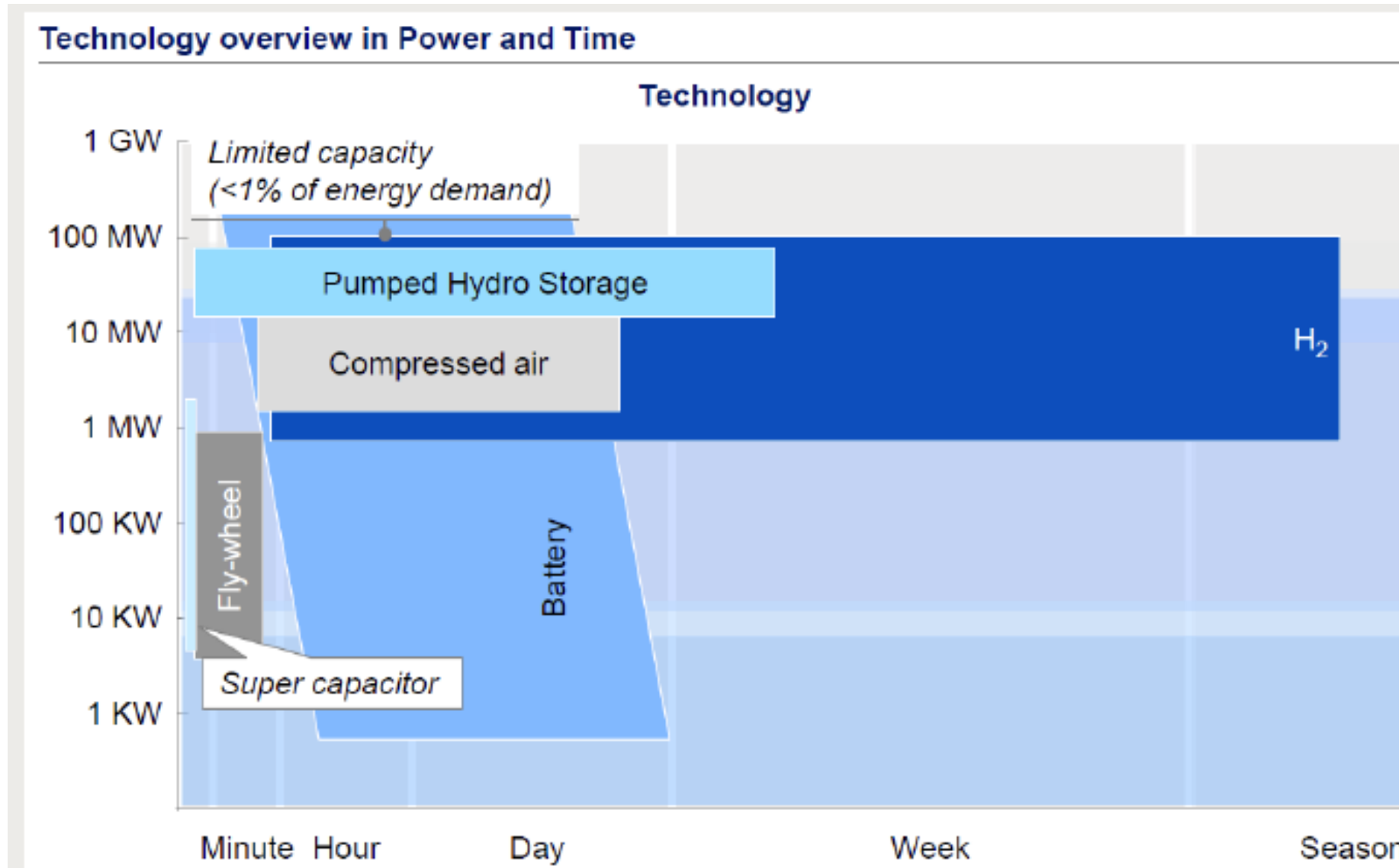
Idrogeno: una chiave per l'integrazione dei sistemi energetici

- H2 consente l'introduzione di più fonti rinnovabili nel sistema



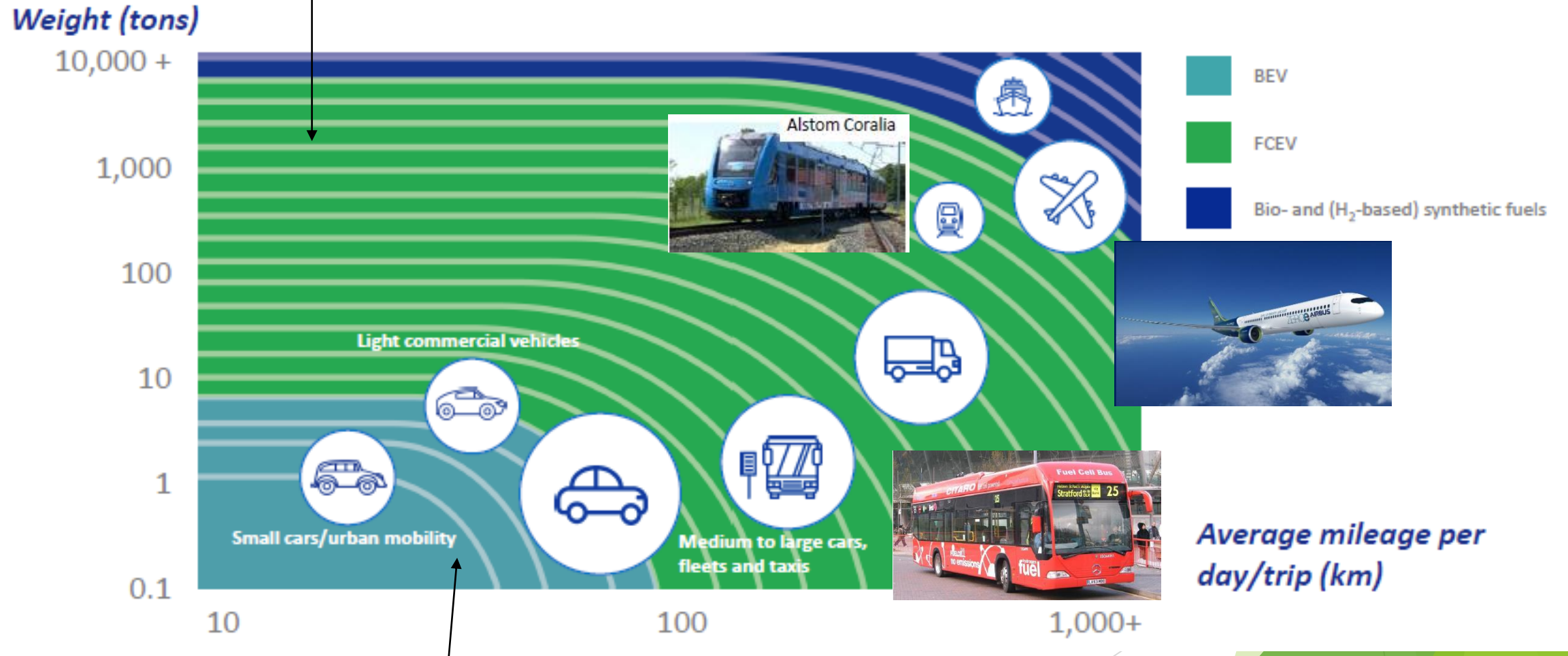
Sistema energetico: Stoccaggio e scarico

- H2 è eccezionalmente adatto per immagazzinare grandi quantità di energia per lunghi periodi



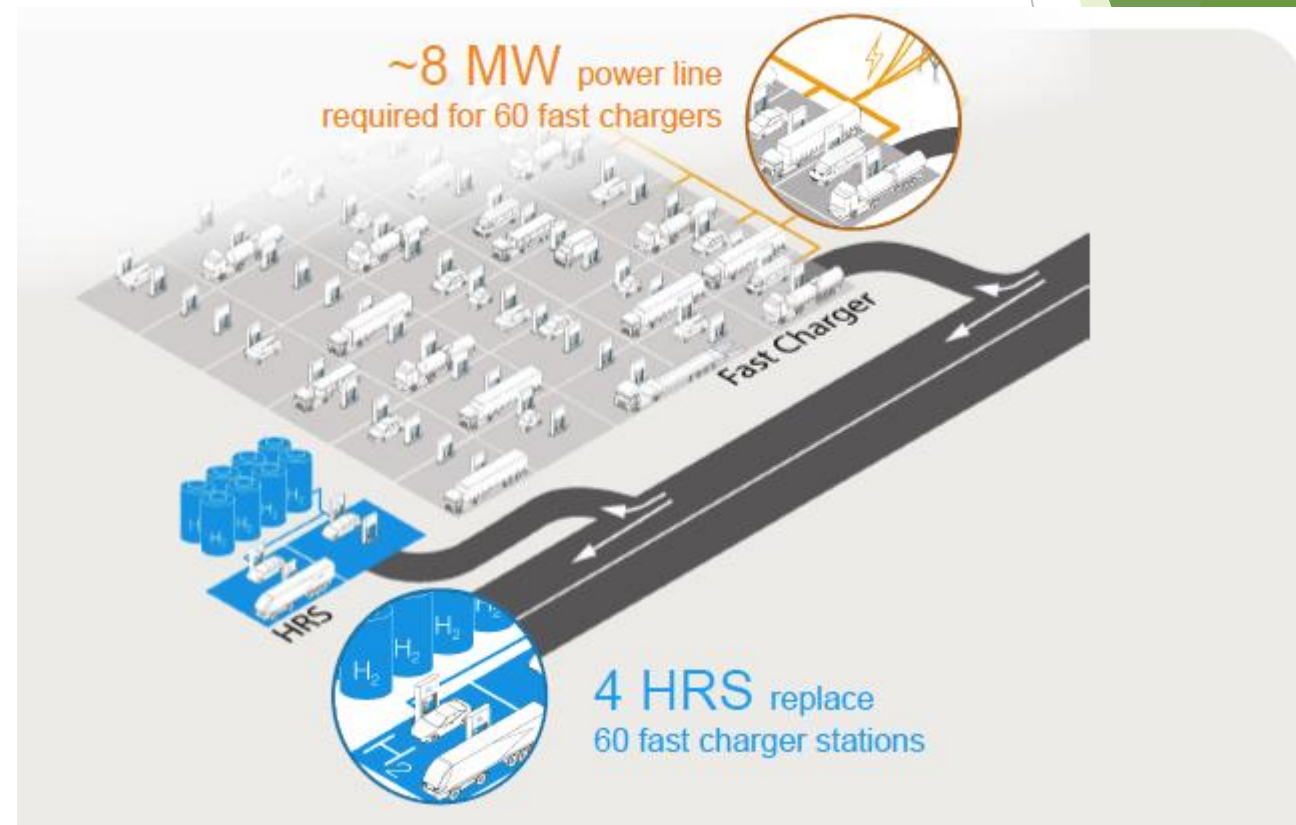
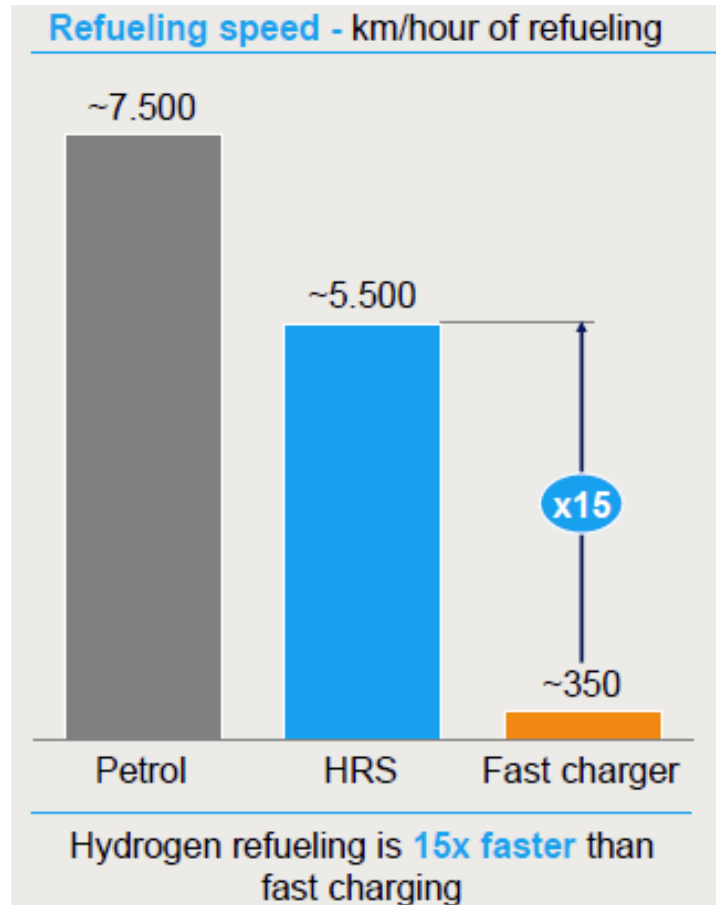
Trasporti: un approccio multi-soluzione...

Gli FCEV sono più adatti per auto di grandi dimensioni, veicoli commerciali, camion e autobus



I BEV saranno la soluzione ideale per i veicoli passeggeri più piccoli

....per soddisfare le preferenze dei clienti

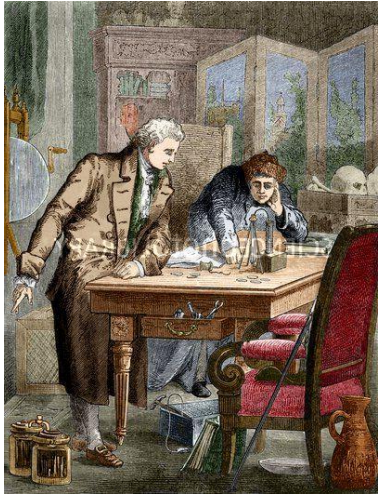


H2

Una vecchia storia



H2: Una vecchia storia



1800



1806



1925




1959



20??



1980s

The image shows the Orion Nebula, a large, colorful nebula in the constellation Orion. It features a prominent red and pink central region, surrounded by blue and purple clouds. Numerous bright stars are visible throughout the scene.

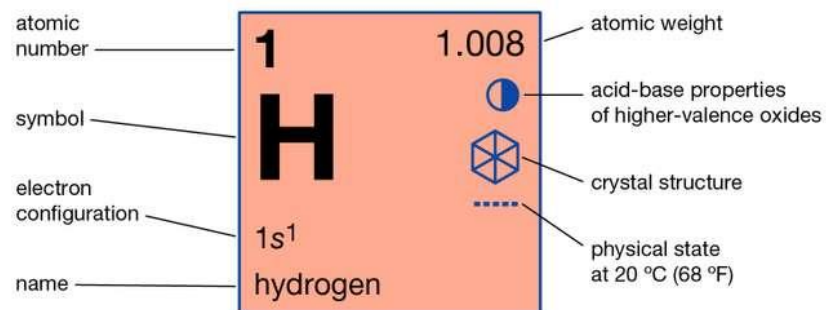
Nebulosa di Orione:
La tonalità rossa è il
risultato della
radiazione della linea
di ricombinazione $H\alpha$

$H_2 \cdot$

L'elemento numero 1

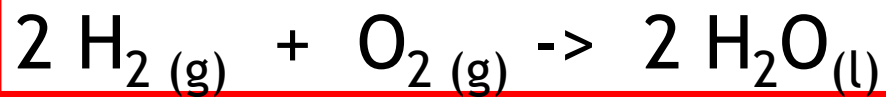
H2: L'elemento numero 1

Hydrogen



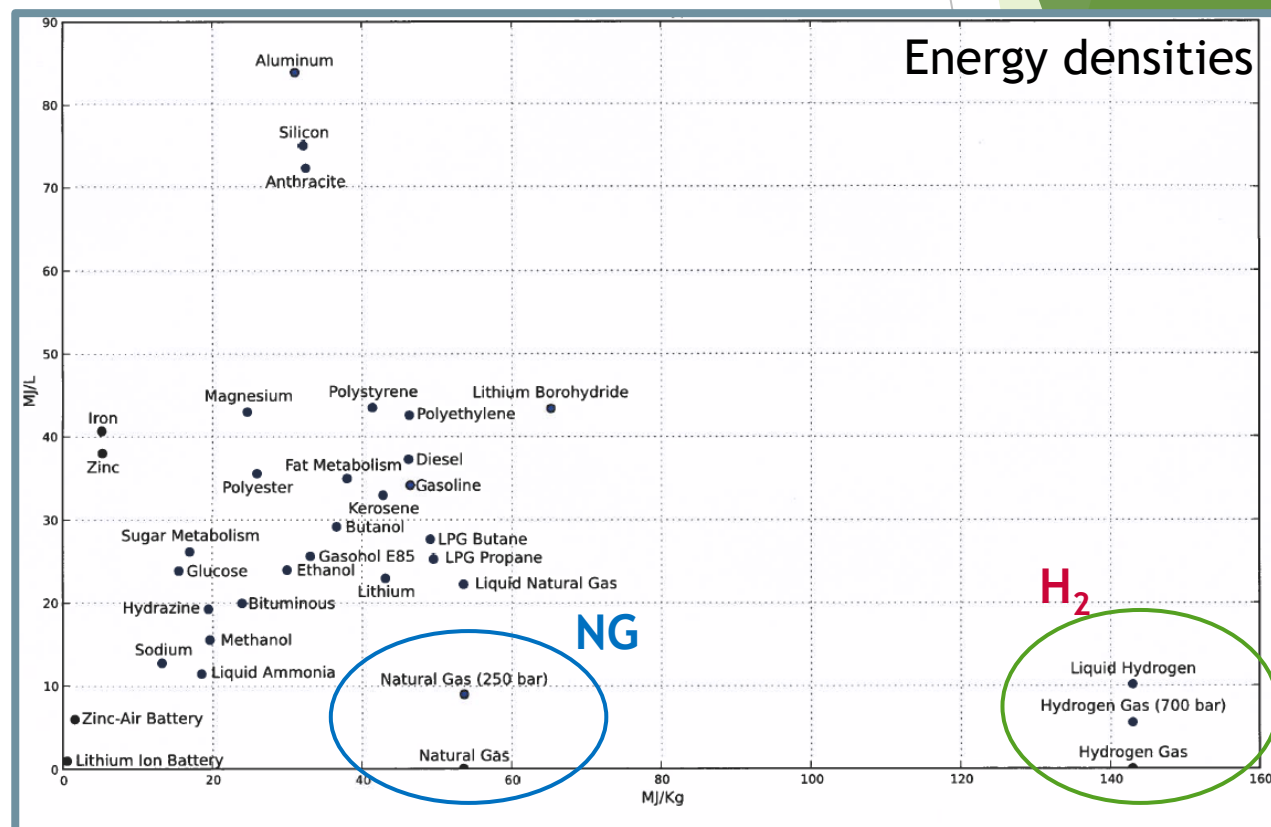
© Encyclopædia Britannica, Inc.

- È il gas più leggero, circa 1/10 del NG
- 1 kg di H₂ contiene 3 volte l'energia di 1 kg di GN



$$\Delta H^\circ_{\text{comb}} = -286 \text{ KJ/mol}$$

Property	Hydrogen	Comparison
Density (gaseous)	0.089 kg/m ³ (0°C, 1 bar)	1/10 of natural gas
Density (liquid)	70.79 kg/m ³ (-253°C, 1 bar)	1/6 of natural gas
Boiling point	-252.76°C (1 bar)	90°C below LNG
Energy per unit of mass (LHV)	120.1 MJ/kg	3x that of gasoline
Energy density (ambient cond., LHV)	0.01 MJ/L	1/3 of natural gas
Specific energy (liquefied, LHV)	8.5 MJ/L	1/3 of LNG
Flame velocity	346 cm/s	8x methane
Ignition range	4-77% in air by volume	6x wider than methane
Autoignition temperature	585°C	220°C for gasoline
Ignition energy	0.02 MJ	1/10 of methane



Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry - Volume 18

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Energy_density.svg



H₂

E' sicuro?



adapted from
https://www.youtube.com/watch?v=ytPToUTd_t0

Redipress

H₂: Considerazioni sulla sicurezza

- L'idrogeno è incolore, inodore, insapore, non tossico e non velenoso.
- È anche non corrosivo, ma può disturbare alcuni metalli.
- L'idrogeno è una molecola molto piccola con bassa viscosità e soggetta a perdite.
- È circa 57 volte più leggero del vapore di benzina e 14 volte più leggero dell'aria.
- Le temperature di autoaccensione dell'idrogeno e del gas naturale sono molto simili e sensibilmente superiori a quelle dei vapori della benzina.
- La fiamma dell'idrogeno non è visibile, incolore e inodore



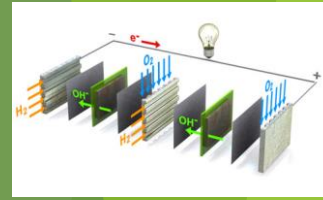
Domande e Risposte ... forse



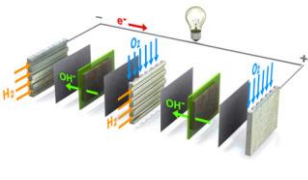
In viaggio con l'idrogeno

L'ascesa di uno dei più promettenti
candidati verso la transizione energetica
nel settore dei trasporti

Auto a idrogeno, come funzionano le fuel cell



- Sperimentata per molti anni ma sempre un po' in disparte, la tecnologia delle fuel cell o celle di combustibile è considerata da molti il passo successivo all'elettrico "alla spina". Per altri, invece, si tratterebbe di una soluzione da iniziare a perseguire da subito. Tanto che alcuni costruttori stanno investendo per garantirsi un ruolo di primo piano nello sviluppo di questa propulsione



accumulatore

Batteria al Litio

Serbatoio dell'Idrogeno

Cella a combustibile

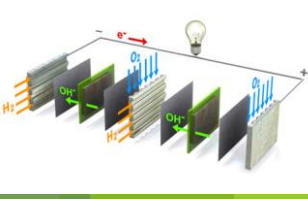
Bocchettone dell'Idrogeno

Preso per ricarica

Motore elettrico



Auto a idrogeno, come funzionano le fuel cell

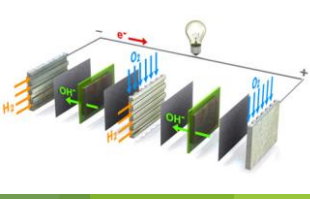


- ▶ Il powertrain di una vettura fuel cell è formato da un serbatoio per l'idrogeno e da un complesso di celle in cui avviene la generazione di energia, un trasformatore che regola la tensione da inviare al motore, un'unità per la gestione della potenza analogo a quello delle più comuni EV e infine un motore elettrico.
- ▶ C'è anche una batteria, solitamente piccola (più o meno quanto quelle dei modelli full hybrid) che serve per immagazzinare l'energia recuperata in frenata e, se occorre, dare uno spunto aggiuntivo. Qualcuno come Mercedes GLC F-Cell, al momento commercializzata soltanto in Germania, utilizza una batteria ricaricabile anche alla spina, che offre la possibilità di un rifornimento d'emergenza se ci si ritrovasse a corto di idrogeno. Facendone di fatto una sorta di ibrida plug-in.
- ▶ L'idrogeno viene inviato dal serbatoio alle **celle** dove si combina con l'**aria**: l'incontro di idrogeno e ossigeno genera una **corrente elettrica**, una certa quantità di calore e vapore acqueo come unico prodotto di scarto. Il processo è in pratica l'**opposto** dell'elettrolisi: se in quest'ultima si usa l'elettricità per rompere le molecole d'acqua dividendo, appunto, idrogeno e ossigeno, qui si ricava energia dalla loro **riunione**.

AutoTrasporto pesante a idrogeno

Daimler, solo camion e autobus CO2-neutrali entro il 2039

- ▶ Non è un mistero che Daimler stia mirando a un enorme dispiegamento di camion e autobus a batteria e a idrogeno. Nell'ottobre 2019 il gruppo ha annunciato che entro il 2039 queste saranno le uniche driveline disponibili per i principali mercati di Europa, Nord America e Giappone. “I trasporti e la logistica mantengono il mondo in movimento, e la necessità di trasporto continuerà a crescere.. Per i camion che devono affrontare carichi pesanti e lunghe distanze, le celle a combustibile sono una risposta importante e una tecnologia in cui Daimler ha accumulato una notevole esperienza attraverso la sua unità a celle a combustibile Mercedes-Benz negli ultimi due decenni.



Gruppo Volvo: crediamo nell'idrogeno per veicoli commerciali

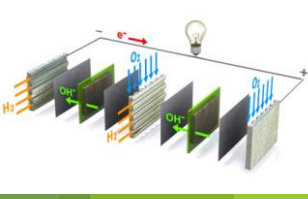
- ▶ “L'elettrificazione del trasporto su strada è un elemento chiave per realizzare il cosiddetto Green Deal, un'Europa neutrale dal punto di vista delle emissioni di carbonio e, in ultima analisi, un mondo neutrale dal punto di vista delle emissioni di carbonio. L'uso dell'idrogeno come vettore di elettricità verde per alimentare i camion elettrici nelle operazioni a lungo raggio è una parte importante del puzzle, e un complemento ai veicoli elettrici a batteria e ai carburanti rinnovabili.



Volvo e Daimler, un'alleanza per l'idrogeno (su camion e coach)

Il gruppo Volvo e Daimler Truck stanno pianificando di costituire una joint venture incentrata su camion e autobus a idrogeno

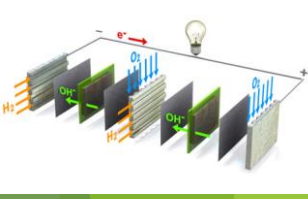
Auto a idrogeno, come funzionano le fuel cell



I pregi dell'idrogeno...

- ▶ L'idrogeno di per sé è considerato un combustibile “pulito”, presente in natura e che può essere ricavato anche come sottoprodotto di molti processi industriali, oppure con sistemi di generazione che utilizzino fonti rinnovabili come l'energia eolica o fotovoltaica. Il rifornimento, che avviene allo stato liquido, è rapido (5' per un pieno) come quello dei carburanti tradizionali.
- ▶ Inoltre ha il vantaggio - se conservato correttamente - di mantenere inalterato il suo potenziale energetico rispetto all'elettricità. Una batteria, infatti, può perdere parte della propria riserva durante un lungo inutilizzo, mentre l'idrogeno in un contenitore ermetico non ha problemi simili. E una vettura moderna riesce teoricamente a percorrere **oltre 600 km con un pieno**, più della quasi totalità delle elettriche pure.

Auto a idrogeno, come funzionano le fuel cell

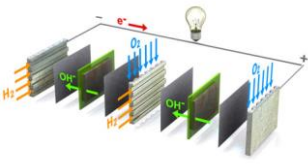


...e i difetti

- ▶ Il rovescio della medaglia? Il sistema è piuttosto complesso e pesante, anche per via del **serbatoio da 700 bar di pressione** (pur realizzato in materiali compositi), tanto che un modello come Hyundai Nexu ad oggi l'unica “virtualmente” in vendita assieme a Toyota Mirai e alla già citata Mercedes GLC F-Cell (non in Italia), pesa a vuoto oltre 1.800 kg.
- ▶ In secondo luogo, produrre e stoccare l'idrogeno comporta un certo dispendio energetico e costi che, per un'industria non ancora del tutto sviluppata, non hanno ancora raggiunto un punto di pareggio tale da renderlo conveniente. In aggiunta, in alcuni Paesi come l'Italia, **la rete di rifornimento è ad oggi praticamente inesistente**, con un solo punto attivo a Bolzano e un altro paio in costruzione che rende dunque ancora “virtuale”, come accennato prima, la possibilità di utilizzare davvero queste vetture.

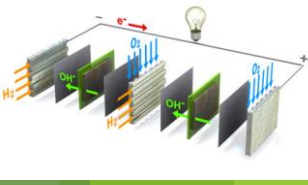
La prima nave da crociera a idrogeno sarà prodotta in Italia

8 Settembre 2021



- La MSC ha commissionato alle italiane Fincantieri e Snam la prima nave al mondo da crociera alimentata a idrogeno. Le tre aziende realizzeranno il progetto che ottimizzerà il sistema di propulsione a fuel cells (celle a combustibile) e le relative infrastrutture di stoccaggio dell'idrogeno a bordo.
- L'obiettivo, più in generale, è quello di promuovere l'utilizzo dell'idrogeno nel trasporto marittimo e di renderlo disponibile su larga scala. L'iniziativa fa parte del percorso di MSC verso l'azzeramento delle emissioni di anidride carbonica entro il 2050
- L'idrogeno può essere prodotto senza combustibili fossili, utilizzando energia rinnovabile per il processo di elettrolisi, quindi a emissioni zero per tutto il ciclo di vita della nave. Può poi essere utilizzato per generare energia elettrica attraverso le celle a combustibile, emettendo solo vapore acqueo e calore utilizzabile. Questo tipo di idrogeno "verde" ha un grande potenziale per contribuire alla decarbonizzazione del settore marittimo, partendo dalla crocieristica fino alle grandi navi da trasporto.

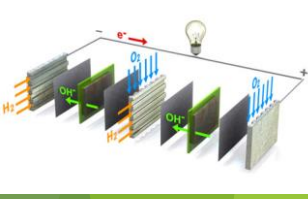
Sui binari dell'idrogeno



- ▶ Anche il trasporto su ferrovia si dirige verso una svolta importante per la decarbonizzazione del settore. I paesi in cerca di nuove modalità per il trasporto delle persone, capaci di ridurre le emissioni di gas climalteranti, stanno valutando la possibilità di usare treni alimentati da celle a combustibile a idrogeno.
- ▶ Uno dei primi treni di questo genere è il Coradia iLint di Alstom, ora in fase di test in molti paesi.
- ▶ I treni sono dotati di celle a combustibile per convertire l'idrogeno e l'ossigeno presenti nell'aria in elettricità e hanno un'autonomia di circa 1.000 km, secondo quanto dichiarato dall'azienda.



Sui binari dell'idrogeno



- ▶ La batteria a bordo del treno è inoltre in grado di recuperare energia durante la frenata, che verrà poi sfruttata in fase di accelerazione. Le regioni urbane hanno iniziato a elettrificare i treni già da diverso tempo, ma questo processo può risultare costoso, soprattutto nelle aree rurali.
- ▶ L'idrogeno non richiede la realizzazione di una costosa infrastruttura elettrica, ma consente ai treni di circolare sull'infrastruttura ferroviaria esistente. L'idrogeno è pulito e silenzioso quanto l'elettricità, ma non è altrettanto costoso. Per questo motivo, qualsiasi località che non possieda già un'infrastruttura per treni elettrici, come molte aree negli Stati Uniti e in Europa, è un candidato ideale per l'introduzione di treni a idrogeno.
- ▶ L'impegno di Alstom non è un caso isolato. Dal 2019, ad esempio, il Regno Unito sta testando treni alimentati a idrogeno, chiamati Hydroflex, nel contesto del piano nazionale per eliminare i treni diesel entro il 2040. Analogamente, a settembre 2020 la University of St. Andrews in Scozia ha avviato un progetto per convertire all'idrogeno un treno a tre vagoni nel quadro del progetto Zero Emission Train. Il governo scozzese spera di azzerare le emissioni inquinanti legate al trasporto passeggeri entro il 2035.



Airbus: il futuro dell'aviazione è l'aereo a idrogeno

- ▶ Il futuro dell'aviazione è basato sull'idrogeno. Ne è convinta Airbus, che ha presentato ZEROe, un nuovo concept per velivoli alimentati a idrogeno potenzialmente in grado di abbattere del 50% le emissioni. Dunque, idrogeno come fonte di energia primaria, carburante pulito per l'aviazione nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica.
- ▶ Oltre all'idea, c'è anche una data: l'obiettivo dell'azienda è sviluppare il primo aereo commerciale a impatto zero al mondo entro il 2035,



Airbus: il futuro dell'aviazione è l'aereo a idrogeno

Airbus ha quindi svelato tre concept diversi per il primo aeromobile commerciale a emissioni zero: tutti e tre sfruttano motori a turbina a gas modificati per bruciare idrogeno liquido come carburante, ma sfruttano anche delle celle combustibili a idrogeno per creare energia elettrica che supporti il motore.

- ▶ Il primo concept è un progetto a turboventola che può trasportare fino a 200 passeggeri, con un autonomia di 2000 miglia nautiche, in grado quindi di operare a livello intercontinentale.

- ▶ Il secondo progetto, a turboprop, è dotato di due motori a turboelica. Può trasportare fino a 100 passeggeri e sarebbe in grado di percorrere più di 1000 miglia nautiche a tratta, il che lo rende perfetto per i voli a corto raggio.

- ▶ Infine, il prototipo dalle linee più eccentriche è il blended-wing body, in cui le ali si fondono con il corpo principale dell'aereo in una fusoliera molto ampia. Assomiglia un po' al Maveric, può trasportare fino a 200 passeggeri e ha due turboventole.



L'Idrogeno e l'Industria ad alta intensità energetica

L'idrogeno può rendere verde l'industria pesante?

- ▶ Con le nazioni dell'UE impegnate a ridurre del 55% le emissioni di gas serra entro il 2030, aziende che operano nel mondo della produzione ad alta intensità energetica devono decarbonizzare velocemente. Settori come l'acciaio, il cemento e i prodotti petrolchimici che richiedono un calore estremo durante la produzione hanno un'enorme impronta di carbonio. L'acciaio è responsabile del 7-9 per cento di tutte le emissioni dirette dai combustibili fossili, con ogni tonnellata prodotta che comporta una media di 1,83 tonnellate di CO₂, secondo la World Steel Association. Il cemento rappresenta circa l'8% di tutte le emissioni globali.

L'idrogeno può rendere verde l'industria pesante?

- ▶ I produttori pesanti, in particolare in Europa, date le sue regole ambientali, sono più avanzati di molti altri nella decarbonizzazione. Ma è ancora presto. La maggior parte dei gruppi siderurgici europei sta considerando l'idrogeno come una via per produrre il cosiddetto acciaio a basso contenuto di carbonio,
- ▶ I detrattori dicono che il gas naturale è la principale soluzione per decarbonizzare i processi di produzione, e che l'uso diffuso di idrogeno pulito o "verde" sarà limitato dalle infrastrutture e dai volumi di energia rinnovabile richiesti. Tuttavia, gli esperti dicono che i governi e le aziende potrebbero avere poca scelta se non superare questi ostacoli se l'industria pesante vuole ridurre le sue emissioni.
- ▶ "Ci sono un sacco di problemi con l'idrogeno, compresa la scalabilità dei volumi di cui abbiamo bisogno, ma questo non importa, è un must-have", ha detto Julio Friedmann, ricercatore senior presso il Center on Global Energy Policy della Columbia University SIPA.



L'idrogeno può rendere verde l'industria pesante?

- ▶ Rimangono ostacoli chiave, tra cui l'approvvigionamento di idrogeno sufficiente e il costo - il conto per convertire Duisburg a funzionare a idrogeno è stimato in 10 miliardi di euro.
- ▶ Anche la creazione dell'infrastruttura per un hub dell'idrogeno richiederà il sostegno del governo. Le dimensioni di Duisburg, tuttavia, potrebbero renderla il nucleo di un'economia dell'idrogeno, con condutture che alimentano il gas ad altre industrie, compresi i produttori di prodotti chimici. **La strategia nazionale del governo tedesco sull'idrogeno, pubblicata l'anno scorso, ha messo un chiaro accento sull'idrogeno "verde" prodotto usando l'elettricità da fonti di energia rinnovabili per elettrolizzare l'idrogeno dall'acqua.**



L'idrogeno può rendere verde l'industria pesante?

- ▶ Questioni simili occupano i dirigenti dell'industria del cemento, dove la CO₂ è generata sia dai processi di combustione chimica che termica coinvolti nella produzione. La maggior parte dei grandi gruppi del settore sta esplorando l'uso dell'idrogeno e della cattura e stoccaggio del carbonio.
- ▶ Hanson UK, il braccio britannico del gruppo HeidelbergCement, ha collaborato con i ricercatori dell'Università di Swansea per sperimentare l'uso dell'idrogeno verde per sostituire il gas naturale nei bruciatori del suo stabilimento di Port Talbot, nel Galles meridionale. Un progetto finanziato dal governo presso il cementificio Ribblesdale della società nel Lancashire sta provando l'uso di idrogeno e combustibili da biomassa nel forno del cemento.



Le potenzialità del riscaldamento residenziale a Idrogeno

- ▶ Il riscaldamento residenziale a idrogeno rappresenta davvero di un'opzione utile ai fini della transizione ecologica? A rispondere è oggi un nuovo studio realizzato da **Bosch Termotecnica e dalla Fondazione Eni Enrico Mattei**. Il documento analizza una serie di scenari per l'Italia mettendo a confronto diverse tecnologie - caldaia, teleriscaldamento, pompa di calore - e diverse fonti d'alimentazione. e prendendo come l'obiettivo ultimo la completa decarbonizzazione del comparto entro il 2050.
- ▶ Nel dettaglio lo studio definisce tre scenari - **Baseline**, **Green Gas**, **Electrification** - sulla base i dati storici di stock e di installazioni degli impianti di riscaldamento
- ▶ Con l'attuale trend di sostituzioni degli impianti termici negli edifici, scenario **Baseline**, il settore ridurrebbe consumi e di emissioni, ma rimarrebbe al di sotto dell'obiettivo dell'UE. Questo scenario esclude l'uso dell'idrogeno per il riscaldamento residenziale e considera solo le tecnologie oggi già in uso.
- ▶ Nel secondo scenario **Green Gas** si considera l'integrazione di una quota di idrogeno a basse emissioni di carbonio (blu e/o verde) all'interno della rete del gas esistente, insieme al biometano e/o al metano sintetico, in parallelo con l'elettrificazione di riscaldamento. In questo caso il settore riuscirebbe a raggiungere **le zero emissioni 2050**.
- ▶ Questo scenario "limite" è stato confrontato con un terzo scenario **Electrification**, in cui il target di riduzione di CO2 viene raggiunto elettrificando il più possibile le abitazioni, ovvero arrivando a riscaldare con una pompa di calore elettrica circa i 2/3 delle utenze.



The image features a green-tinted photograph of the moon's surface, showing numerous craters and lunar maria. A large, white, semi-transparent triangular shape is overlaid on the right side of the image. Inside this triangle, the text 'L'altra faccia della luna' is written in a green, sans-serif font. The background consists of various shades of green, with some geometric shapes and lines on the right side.

L'altra faccia della luna

Idrogeno: il vero nodo è il trasporto

► Adesso che sappiamo meglio cosa abbiamo per le mani passiamo al **trasporto**. Anche qui una premessa. L'idrogeno è un combustibile e, al pari di tutti i combustibili, porta con sé un enorme vantaggio: può **essere conservato per quanto si vuole** ed essere utilizzato quando e dove si vuole. L'energia elettrica, al contrario, non è facile da conservare.

► Ma se parliamo di trasporto allora la questione è semplice: **l'elettricità è imbattibile**. Ammesso che vi sia a disposizione una rete elettrica (ahimè, si stima che ancora oggi 1,7 miliardi di persone nel mondo non ne abbiano accesso, quasi tutte concentrate in Africa e nella regione subsahariana) l'energia elettrica si può trasportare facilmente e per lunghe distanze.



Idrogeno: Una rete di gasdotti dedicati

Poiché l'idrogeno è un gas, la prima soluzione, ovvia, è quella di **usare dei gasdotti**. O, meglio, degli "idrogenodotti", che consentono il trasporto di gas su lunghe distanze a livello di interi continenti. Qui si hanno due alternative: in **miscela con gas naturale** usando la rete esistente o tramite la **costruzione una rete dedicata**.

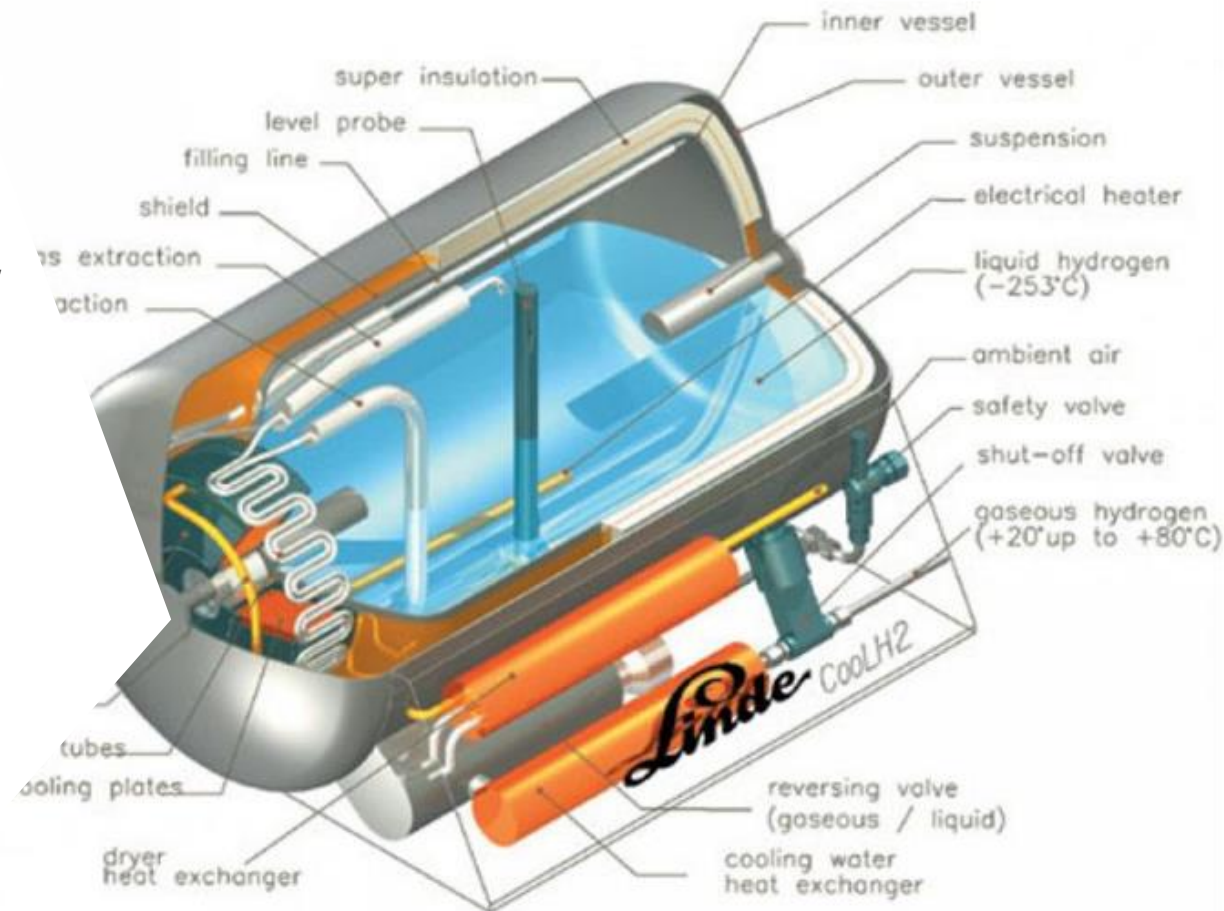
Nel primo caso sarà necessario sviluppare sistemi a basso costo di separazione dei due gas al punto di utilizzo finale, nel secondo caso sviluppare nuove reti. A questo riguardo è in valutazione una rete di distribuzione dell'idrogeno ("EuropeanHydrogenBackbone",) con il coinvolgimento dei principali gestori europei nel trasporto e stoccaggio di gas (SNAM per l'Italia). Questo progetto si estenderà a tutta l'Europa per un totale di oltre **20.000 km**. **Comprenderà sia la riconversione degli attuali gasdotti per trasporto di idrogeno sia la costruzione ex novo di nuovi idrogenodotti**. L'obiettivo è quello di minimizzare al massimo il **costo legato al trasporto** (dell'ordine di 10 centesimi per kg ogni 1000 km) e, quindi, il costo finale per l'utente.

Idrogeno: Liquefazione sì, ma a caro prezzo

► L'alternativa è il trasporto di idrogeno liquido. L'idrogeno bolle a $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quindi la sua liquefazione e, soprattutto, il mantenimento di temperature così basse non è un processo facile e richiede molta energia. L'indubbio vantaggio è che, rispetto all'idrogeno gassoso, quello liquido è più facile da trasportare su strada, rotaia o mare.

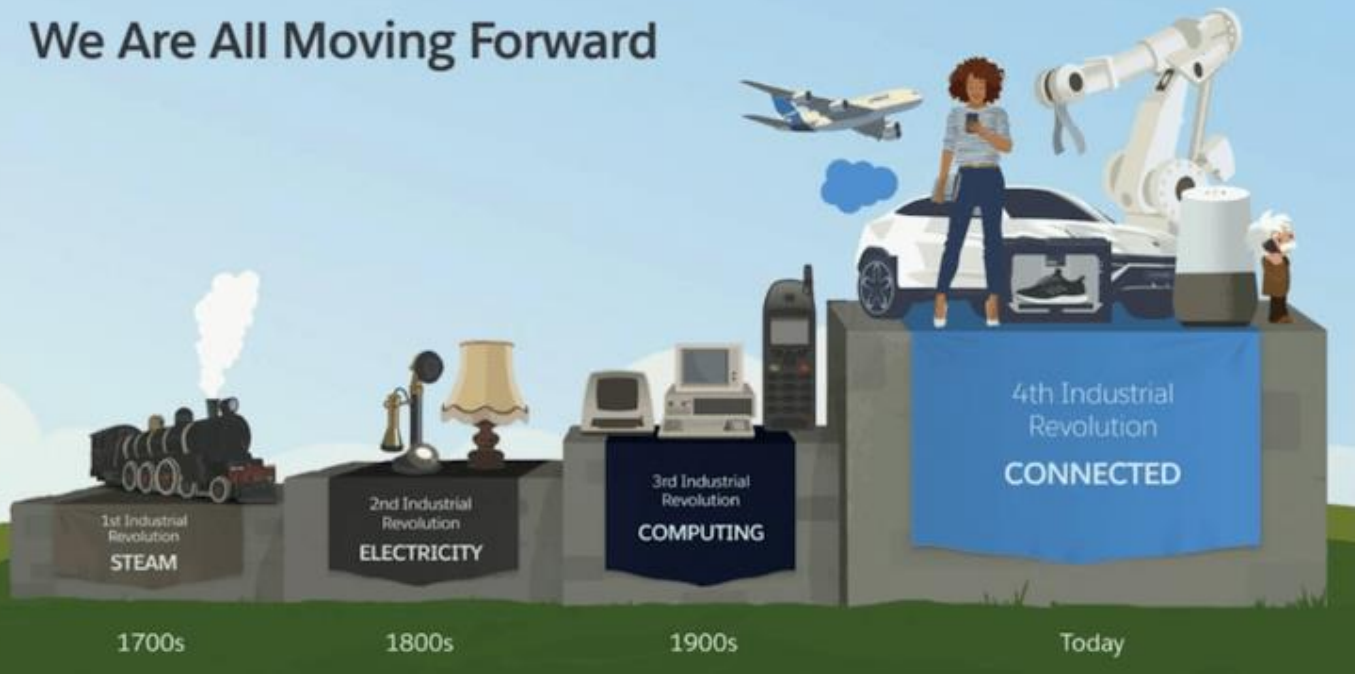
► Sotto questo aspetto in Giappone sta per essere varata la prima nave cargo per trasporto di idrogeno liquido, con i primi test di trasporto previsti per la primavera 2021. Con un enorme vantaggio rispetto alle petroliere: non si rischiano gli enormi disastri marini per fuoriuscita di petrolio.

► I costi del processo di liquefazione e del suo mantenimento sono ancora molto alti. Ma esistono progetti della Ue che coinvolgono enti di ricerca e industrie, volti a realizzare la produzione economicamente sostenibile di idrogeno liquido su larga scala.



L'Idrogeno sarà la quinta rivoluzione tecnologica?

We Are All Moving Forward



1870-1914

1970-2000

2010--->

2020- >2050?

L'era dell'Idrogeno?

Fusione nucleare

- ▶ Tutte le centrali nucleari attualmente in funzione si basano su reazioni di fissioni nucleare, cioè reazioni che liberano energia a seguito della frammentazione di un nucleo pesante.
- ▶ È possibile anche il processo complementare: liberare energia da reazioni di fusione di due nuclei leggeri.
- ▶ Come fonte energetica, la fusione nucleare offrirebbe numerosi vantaggi. La reazione sfruttata sarebbe la fusione di Deuterio e Trizio, isotopi dell'Idrogeno, che si trasformano in un neutrone e un nucleo di Elio, rilasciando una notevole quantità di energia. Il combustibile sarebbe quindi praticamente inesauribile.
- ▶ **La reazione ha una resa energetica molto elevata (1g di deuterio corrisponde a 15 tonnellate di carbone) e non causa l'emissione di CO₂ o altri gas serra.**

A che punto siamo?

- ▶ il KSTAR, sigla che sta per Korea Superconducting Tokamak Advanced Research, è riuscito infatti a mantenere **un plasma di gas ionizzato ad una temperatura superiore ai 100 milioni di gradi centigradi per un tempo di 20 secondi**. Il precedente record del KSTAR era di 8 secondi e nessun esperimento al mondo era riuscito prima d'ora a superare la barriera dei 10 secondi



Conclusioni

► To be continued

► Prossima puntata ->

I colori
dell'Idrogeno



Which Color is your H_2



Grazie dell'attenzione e...
52 alla prossima