



Centro d'iniziativa per i MOtori, VEicoli e Tecnologie

Il ruolo dell'idrogeno nella transizione tecnologica ed ecologica dell'energia

17 dicembre 2021

Elettrolisi industriale PEM e AEM

Made in Italy



Saro Capozzoli

H2 Energy srl

Saro.Capozzoli@H2E.it

H2E produce e commercializza sistemi di elettrolisi industriale.

Fornisce soluzioni chiavi in mano di sistemi per l'utilizzo dell'idrogeno per varie applicazioni e servizi.

Il Team, con oltre 25 anni di esperienza nel settore, è in grado di fornire oggi sistemi **PEM** e **AEM** su scale MW, con soluzioni innovative, mentre sta sviluppando con ingenti investimenti R&D per gli innovativi sistemi di elettrolisi ad alta temperatura e pressione alcalina oltre che a stato solido.

IERI



AWE

Soluzione alcalina
al 30% app

0,2- 0,6 A/cm²

OGGI



AEM

Elettrolisi con
scambio a
membrane

0,8- 1,1 A/cm²



PEM

Proton Exchange
Membrane
Electrolysis

1,8- 2,4 A/cm²

DOMANI (2022-2025)

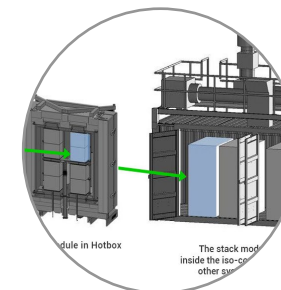


AWE- HTP

Alcalini ad alta
temperatura e
pressione.

200°C – 350°C

100 bar



SOEC

Sistemi Protonici
Ceramici

500°C

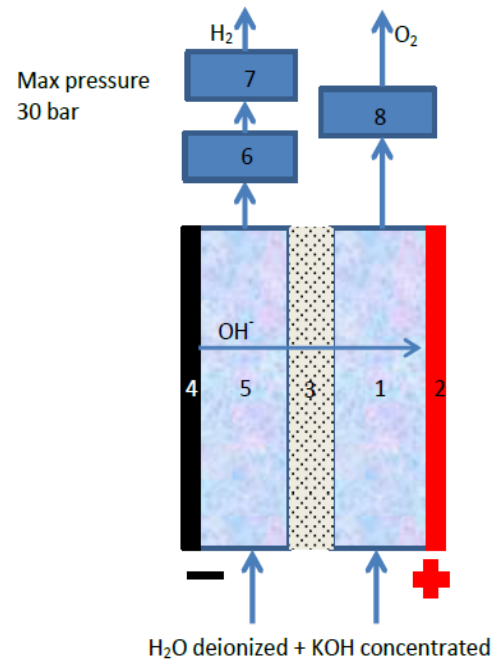
ELETTROLIZZATORI ALCALINI

E' la tecnologia di elettrolisi dell'acqua più matura, ampiamente utilizzata.

Impiega come elettrocatalizzatori metalli non appartenenti al Gruppo del platino (non PGM).

A causa delle grandi resistenze che incontra il liquido dell'elettrolita le prestazioni di AWE sono normalmente a bassa densità di corrente che rende lo stack ingombrante quando si giunge a dimensioni del megawatt e oltre.

Lo stack AWE opera ad alta concentrazione di KOH (30%).



AWE



Schema di funzionamento:

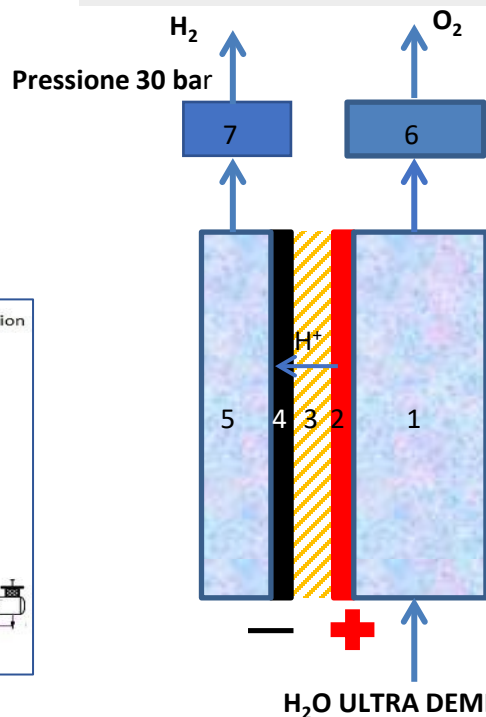
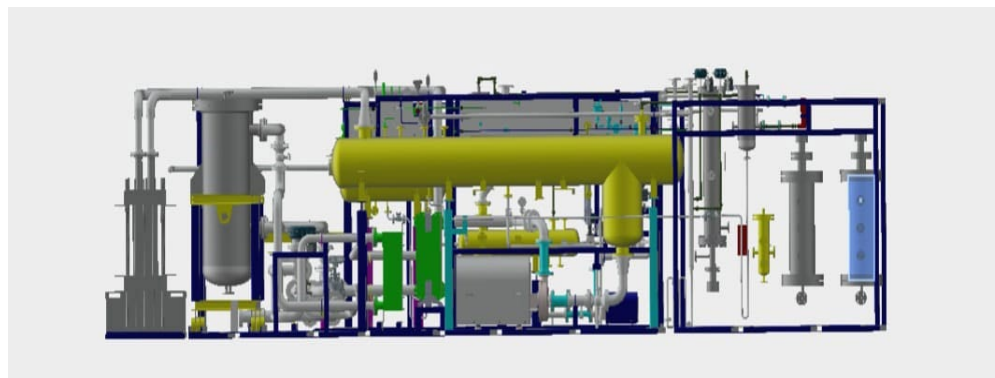
1. Compartimento anodico
2. Elettrodo positivo
3. Diaframma Separatore
4. Compartimento catodico
5. Compartimento catodico
6. Separatore liquido-gas lato idrogeno
7. Purificazione idrogeno
8. Separatore liquido-gas lato ossigeno

ELETTROLIZZATORI A MEMBRANA DI SCAMBIO PROTONICO - PEM

L'elettrolisi dell'acqua PEM ha grandi vantaggi come il suo design compatto grazie all'alta densità di corrente, una più alta efficienza, una risposta rapida ai cambi di tensione, un ingombro ridotto rispetto il sistema alcalino, e funziona a temperature più basse.

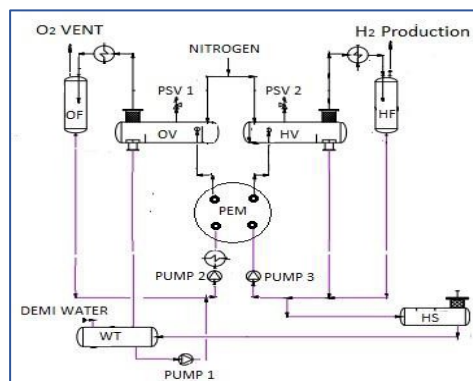
Gli elettro-catalizzatori PEM sono ad alta reattività, metalli nobili come Pt/Pd and IrO₂/RuO₂ che li rendono però più costosi rispetto quelli tradizionali AWE.

Da notare la complessità della conformazione dell'impianto con un importante BOP.



Schema di funzionamento:

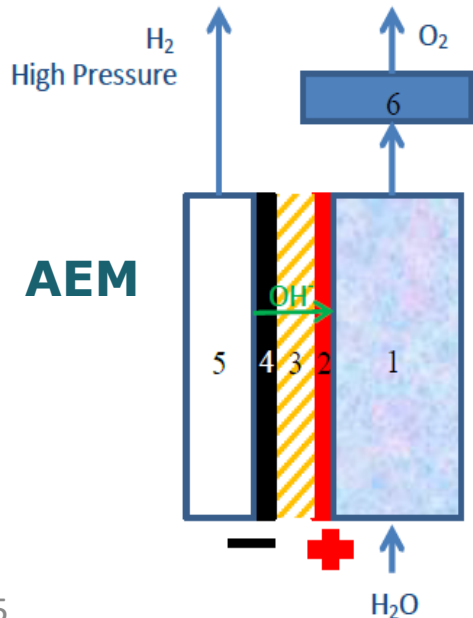
1. Compartimento anodico
2. Elettrodo positivo
3. Membrana polimerica cationica PEM
4. Elettrodo negativo
5. Compartimento catodico
6. Separatore liquido-gas lato ossigeno
7. Separatore liquido-gas lato idrogeno



PEM

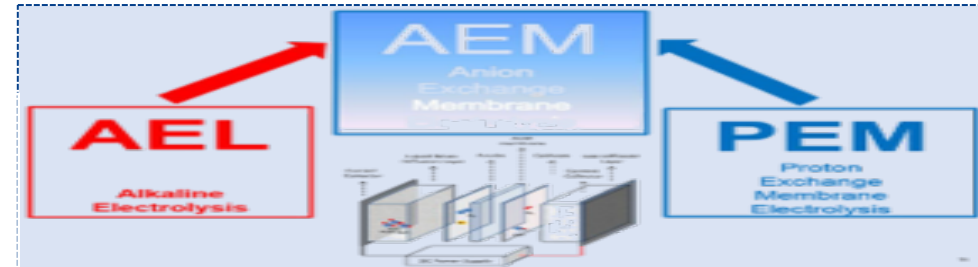
ELETTROLIZZATORI A SCAMBIO ANIONICO A MEMBRANE - AEM

Gli elettrolizzatori AEM H₂E sono estremamente versatili e sono più competitivi dato che sono una sintesi dei vantaggi dei sistemi alcalini e PEM: li migliorano perché non impiegano metalli nobili. Rispetto ai sistemi PEM, quelli AEM funzionano con un elettrolita liquido molto diluito (2-3% di KOH) invece che con acqua deionizzata pura (come nel caso del PEM) o di una soluzione molto alcalina (30% di KOH come nel caso AWE), sopporta alcune impurità e ha un design molto avanzato degli elettrodi, le celle con un design innovativo e dimensioni del BOP più ridotte. Presenta maggiore flessibilità quando si devono considerare sistemi di grandi dimensioni. Possono funzionare a densità di corrente e pressioni differenziali relativamente elevate. Gli elettro-catalizzatori sono metalli più comuni e di facile reperimento.



Schema di funzionamento:

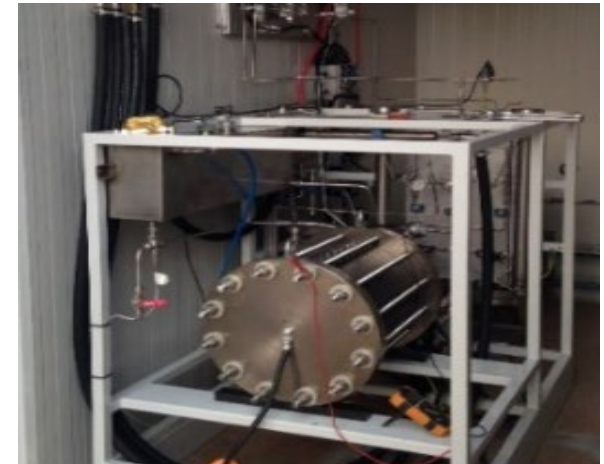
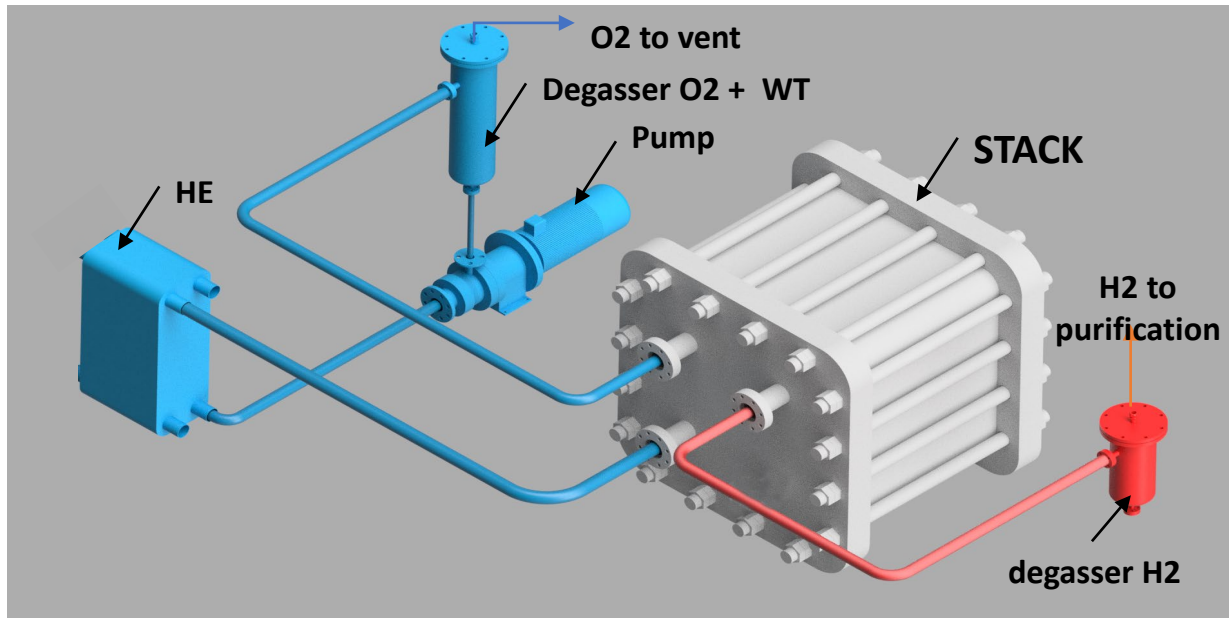
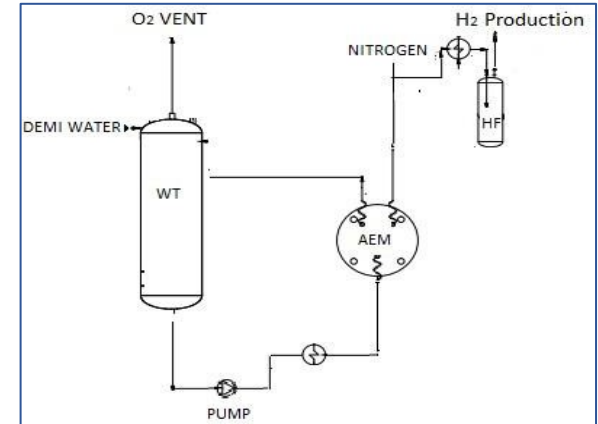
1. Compartimento anodico
2. Elettrodo positivo
3. Membrana polimerica Anionica
4. Elettrodo negativo
5. Compartimento catodico
6. Separatore liquido-gas lato ossigeno



AEM: la nuova frontiera dell'elettrolisi competitiva

Il sistema **AEM** permette la riduzione dei costi di Euro 0,50-0,70/kg H₂ rispetto ai sistemi tradizionali, molto stabile alle alte temperature e con alta conducibilità.

A differenza del **PEM** che opera in ambiente acido, l'ambiente leggermente alcalino passiva i metalli non nobili, consentendo l'utilizzo materiali di sistema a basso costo, e non presenta alcuna tossicità, consentendo un più facile riciclo dei materiali alla EOL.

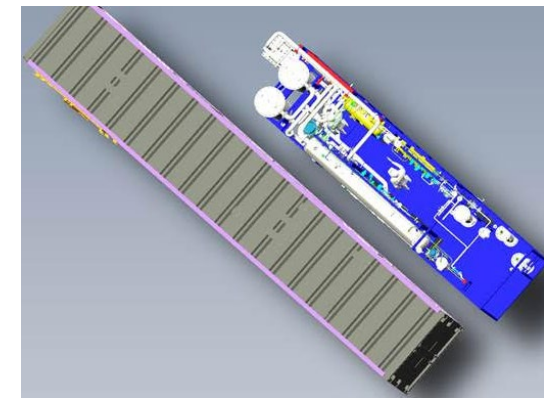
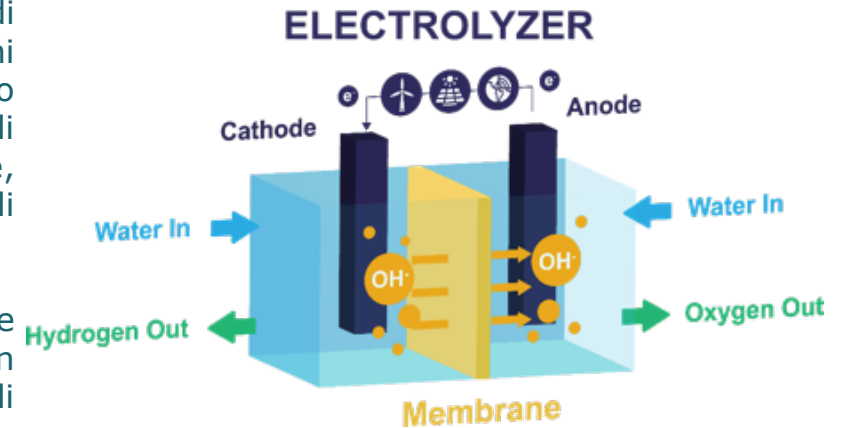
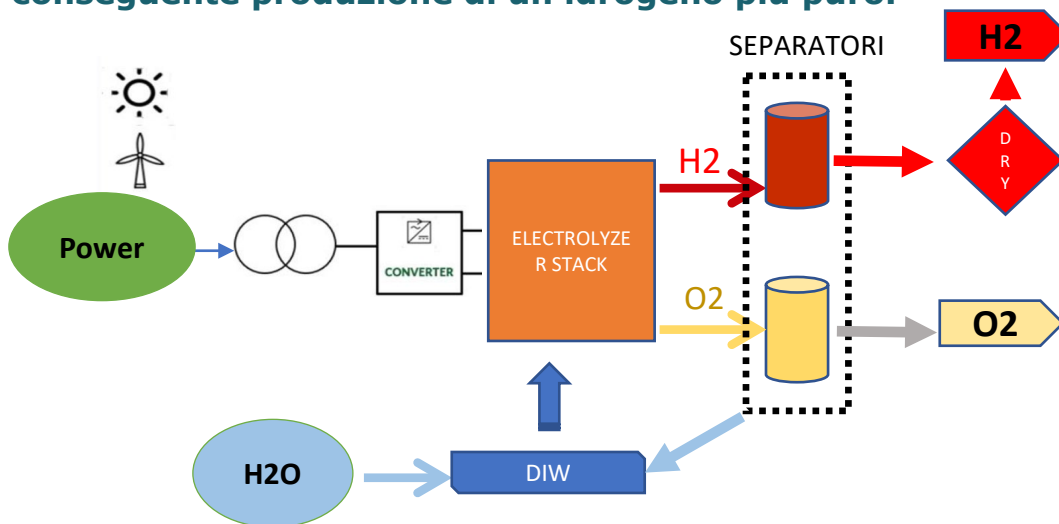


AEM: scale up di potenza più competitivi

Gli AEM presentano lo stesso layout del PEM, condividono l'utilizzo di una membrana che funge da elettrolita solido evitando soluzioni caustiche (KOH o NaOH). I vantaggi dell'AEM rispetto al PEM sono legati all'utilizzo di componenti più economici e alla possibilità di utilizzare un grado di purezza inferiore dell'acqua di alimentazione, oltre che operare in condizioni meno severe e senza la necessità di costosi impianti per acqua ultra pura.

Inoltre nel PEM la migrazione di H^+ dall'anodo al catodo favorisce anche la migrazione dell'acqua nella stessa direzione, con conseguente produzione di idrogeno umido che richiede una fase di essiccazione costosa;

Nel sistema AEM la migrazione di OH^- va da catodo ad anodo opponendosi alla migrazione di acqua da anodo a catodo con conseguente produzione di un idrogeno più puro.



Sviluppo dello Stack AEM:

Nel 2022 Q2 avremo lo stack unico da 1 MW e successivamente svilupperemo impianti tra 4 e 6 MW.

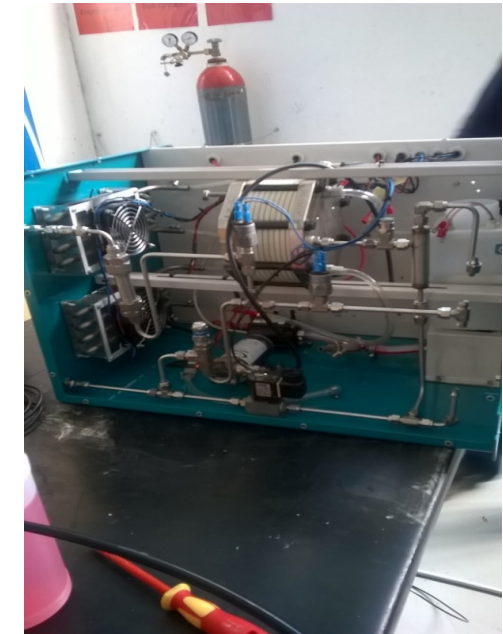
AWE – PEM – AEM Comparazioni

TECNOLOGIA	Alcalino a elettrolita liquido (AWE)	Scambio protonico PEM	Alcalino a membrana (AEM)
VANTAGGI			
1) Alta pressione dell'idrogeno		×	×
2) Alta purezza dell'idrogeno		×	×
3) Alto flusso di idrogeno	×	×	
4) Bassa qualità dell'acqua usata come alimentazione	×		×
5) Possibilità di usare acqua demineralizzata normale			×
6) Assenza di sostanze caustiche nell'elettrolita		×	×
7) Basso costo dei componenti	×		×
8) Basso contenuto di acqua nell'idrogeno prodotto			×
9) Bassa manutenzione		×	×

AWE da 200 l/h a Pmax di 20 bar
90x60 x180 cm LxPxH



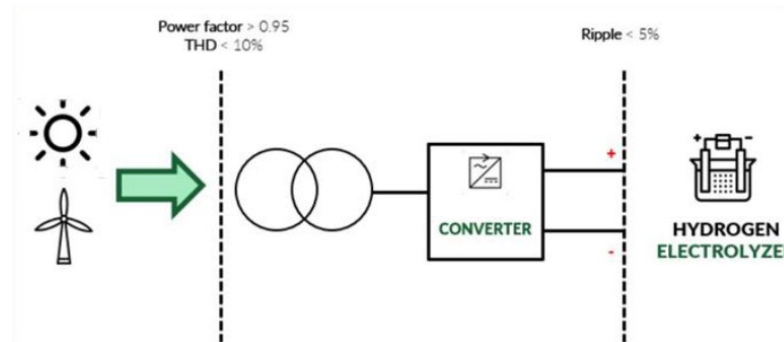
AEM 200 l/h a Pmax di 30 bar
30x45x40 cm LxPxH



AEM è migliore in termini di prestazioni ed è davvero più piccolo!

Tecnologie di Elettronica di Potenza per Elettrolisi

L'elettrolisi dell'acqua richiede Potenza in Corrente Continua e quindi un convertitore AC/DC.



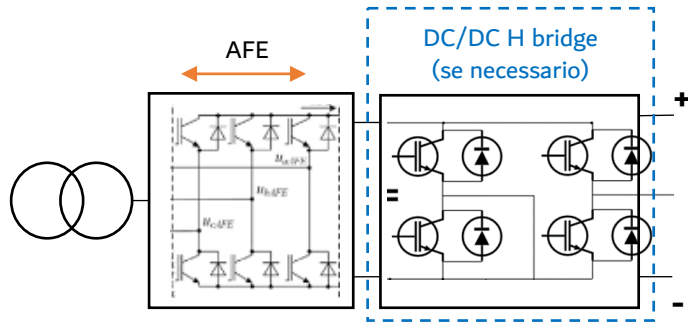
Le tecnologie disponibili ad oggi sono:

- **IGBT** Active Front End (AFE) Inverter con IGBT DC/DC converter (se necessario)
- Ponte a diodi con IGBT DC/DC converter
- Ponte a **tiristori (SCR)**

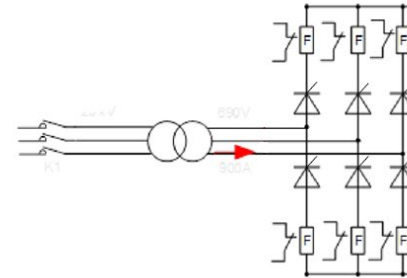
H2 Energy studia e seleziona la giusta tecnologia di conversione come risultato di una valutazione congiunta di requisiti di power quality (PF, THD, DC voltage ripple), requisiti dell'elettrolizzatore, efficienza totale del sistema e valutazione CAPEX/OPEX, ma anche del lay-out dell'impianto stesso.

DC POWER SUPPLIES FOR HYDROGEN PRODUCTION

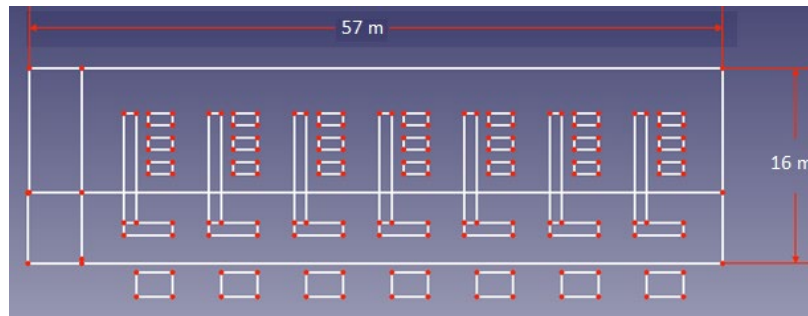
Tecnologia IGBT



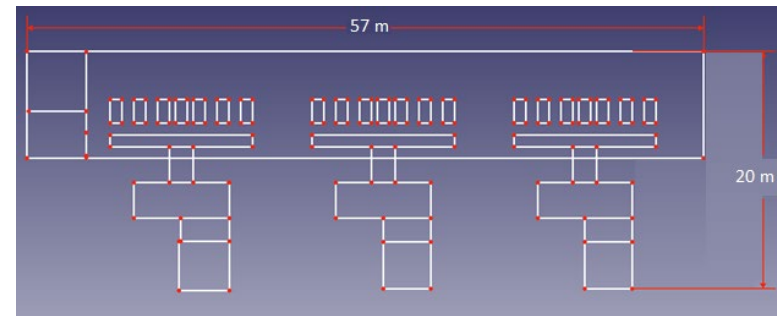
Tecnologia Tiristori (SCR)



Impianto 21 MW – 7 unità a IGBT da 3 MW



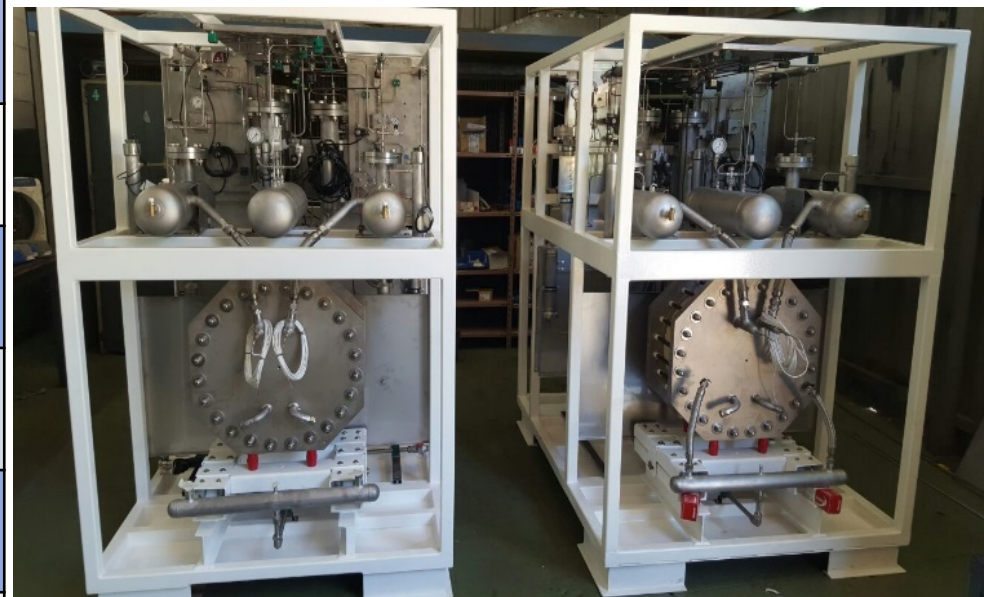
Impianto 21 MW – 3 unità a SCR da 7 MW



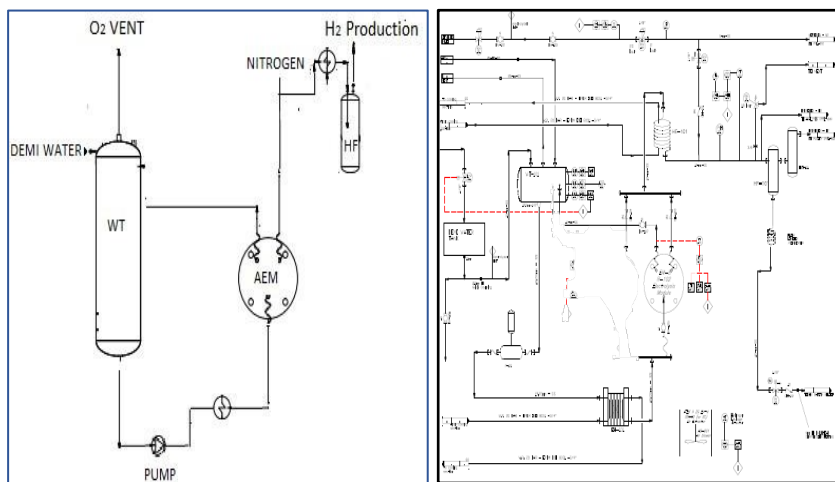
H2 Energy può fornire entrambe le soluzioni di conversione. Da uno studio recentemente fatto, è emerso che fino a 20 MW conviene sempre IGBT mentre oltre va valutato caso per caso.

PRESTAZIONI E FOOT PRINT

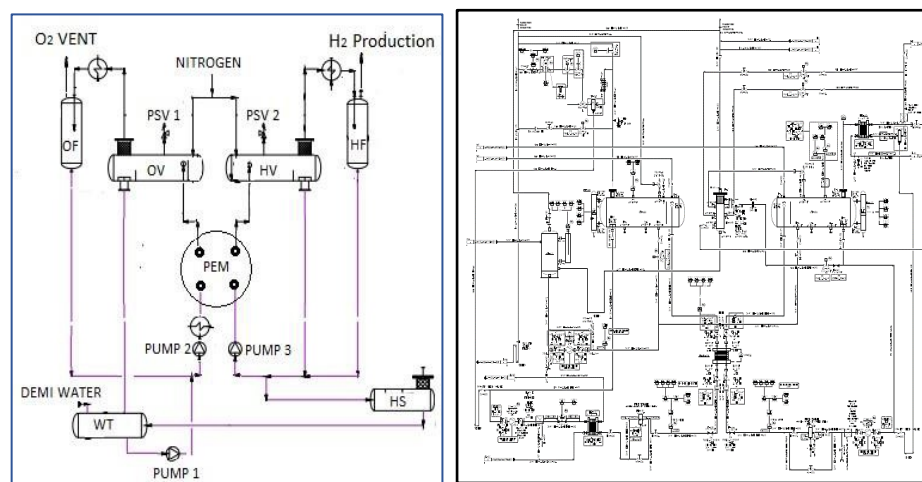
Potenza nominale [kW]	25	50	250	1000	3000
Produzione idrogeno [Nm³/h]	5	10	40	200	600
Produzione idrogeno [kg/h]	0.45	0.90	3.60	17.97	53.93
Produzione ossigeno [Nm³/h]	2.50	5	20	100	300
Consumo dello Stack [kWh/Nm³]	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Consumo del sistema [kWh/Nm³]	6,5	6,1	6,0	5,0	4,8
Footprint	1x20ft	1x20ft	1x20ft	1x40ft	20x30m



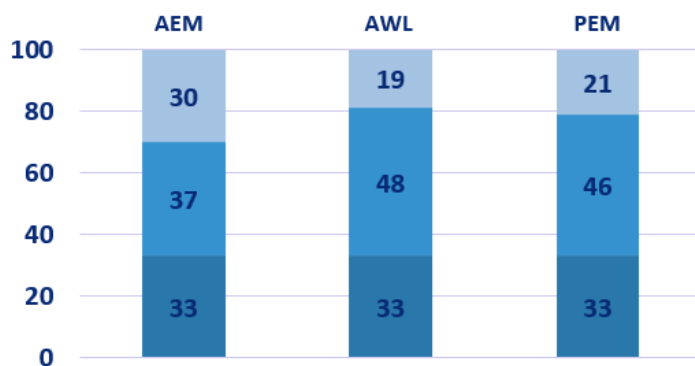
Costo dell'investimento e analisi relativa



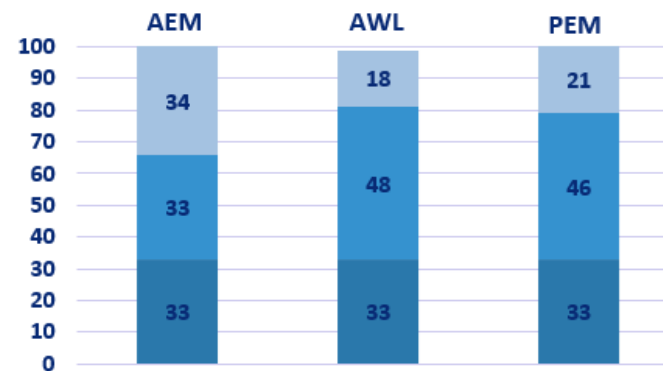
AEM



PEM



1 MW ■ General % ■ BOP% ■ Stack cost%



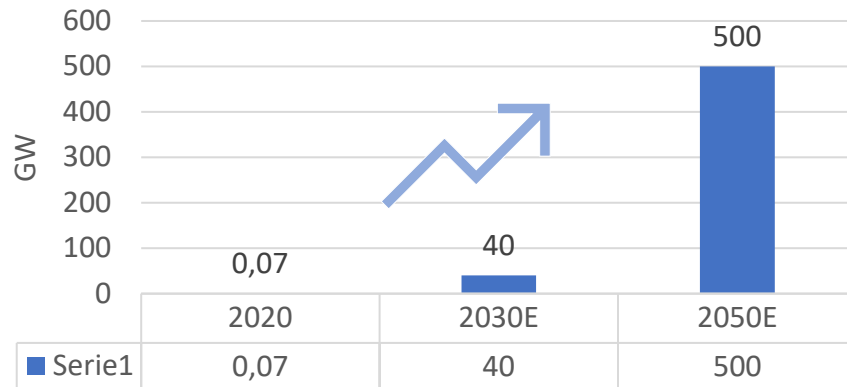
5 MW ■ General % ■ BOP% ■ Stack cost%

Il mercato degli elettrolizzatori

Il mercato mondiale degli elettrolizzatori è destinato a crescere in misura considerevole nei prossimi anni, con un'aspettativa di di 600 volte nei prossimi 10 anni. Si prevede un passaggio dagli attuali 70 MW reali di capacità del 2020 ai 40 GW a fine decennio, in linea con i progetti UE.

Secondo la società di analisi americana Global Market Insights, le dimensioni del mercato di questo tipo di impianti, dai 165 milioni di dollari del 2019 arriverà a superare i 3,5 miliardi di dollari entro il 2026.

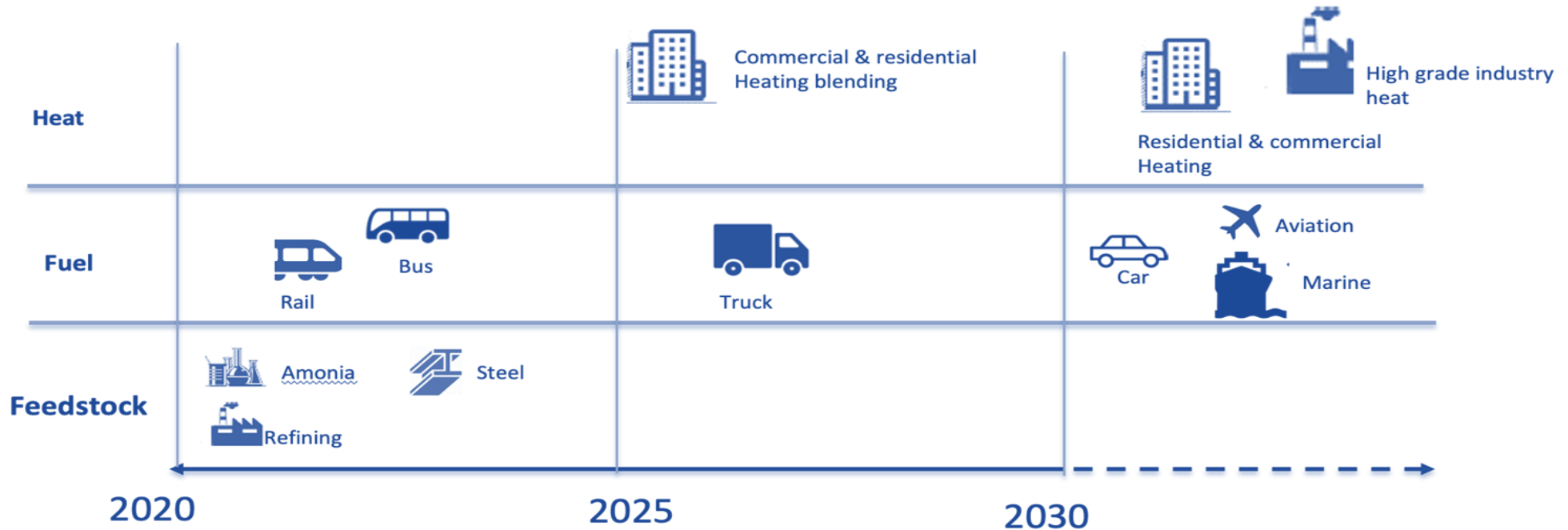
Capacità elettrolisi previsto dall'Unione Europea



H2E punta sui sistemi integrati di elettrolisi PEM e AEM prodotti in ITALIA con tecnologia Italiana con una purezza del 99,999%v di H₂ e con una efficienza vicina all'80% e garantendo una produzione di 200 Nm³/h/MW di idrogeno.



Cronologia dello Sviluppo del mercato

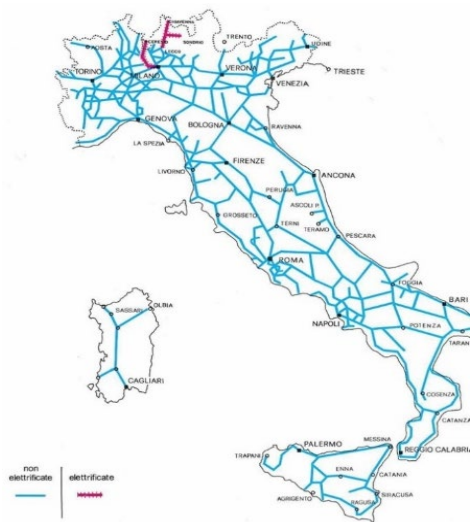
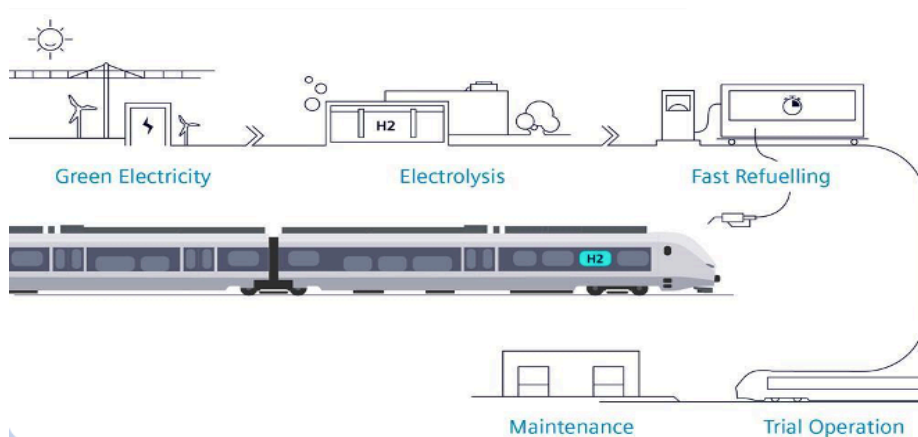


Possibile timeline dell'evoluzione della domanda diviso per segmenti

Sistema Ferroviario HYD-RAIL

Una parte integrante del sistema ferroviario FCH (fuel cell e idrogeno) efficiente ed economicamente sostenibile è la tecnologia di rifornimento dell'idrogeno, che deve disporre di una quantità significativa di stoccaggio del carburante per consentire una fornitura costante a tutti i veicoli in qualsiasi momento.

La produzione locale di idrogeno dove serve è la soluzione ai costi importanti di stoccaggio e trasporto



FERROVIE ITALIANE

16779 km
Ferrovie con treni diesel

Industria siderurgica e produzione di vapore

L'industria siderurgica è una delle tre fonti maggiori che rilasciano carbonio



Nell'industria siderurgica ci sono in genere due impieghi dell'idrogeno e dell'ossigeno:

L'idrogeno può essere impiegato come materiale di iniezione alternativo carbonio, come **(Direct Reduced Iron)**, per migliorare le prestazioni degli altiforni tradizionali.

L'ossigeno viene anch'esso utilizzato nella misura di **40 Nm3 per Tonnellata di acciaio**.

Ibridi industriali metano/idrogeno per la produzione e utilizzo dell'idrogeno a metro 0



H2E collabora con un produttore di caldaie industriali per lo sviluppo di soluzioni tecniche e la creazione di sistemi combinati tra bruciatori a metano ed elettrolisi AEM per la generazione di idrogeno.

Si tratterà inizialmente di un blend fino al 50%, e oltre, tra metano e idrogeno, per la produzione di vapore per l'industria alimentare e non solo.

Come sviluppare il mercato nei tempi previsti dall'Europa

1. Francia e Germania hanno messo in atto quadri normativi e stanziato fondi destinati al settore indipendentemente dal PNR: non c'è tempo da perdere.
2. Si devono creare i presupposti per la produzione su larga scala di elettrolizzatori e della relativa filiera in Europa puntando sulle tecnologie più innovative.
3. Ridurre le iniziative basate sull'economia del carbonio e investire in energie rinnovabili, nucleare avanzato e nella ricerca e sviluppo
4. Semplificare le normative per i processi autorizzativi e relative alla sicurezza
5. Focalizzarsi sulla localizzazione della produzione di idrogeno dove serve, piuttosto che sulla creazione di grandi poli produttivi che potrebbero ritardarne la diffusione data l'immaturità e l'alto costo dello stoccaggio e dei sistemi di trasporto che richiedono investimenti miliardari e tempi molto lunghi di realizzazione, mentre la necessità è di decarbonificare entro i prossimi 5 anni.



H2 Energy S.r.l.

Produzione: via Del Commercio 27, 26026 - Pizzighettone (CR)

Sede Commerciale: via Milano 5, 20085 Locate Triulzi (MI)

Sede legale: Via Niga 73-75, 25020 - Azzano Mella (Brescia)

ITALIA

Contatto: Saro Capozzoli

Mob. +39 329 2142 996

Email: saro.capozzoli@H2E.it

www.H2E.it