

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

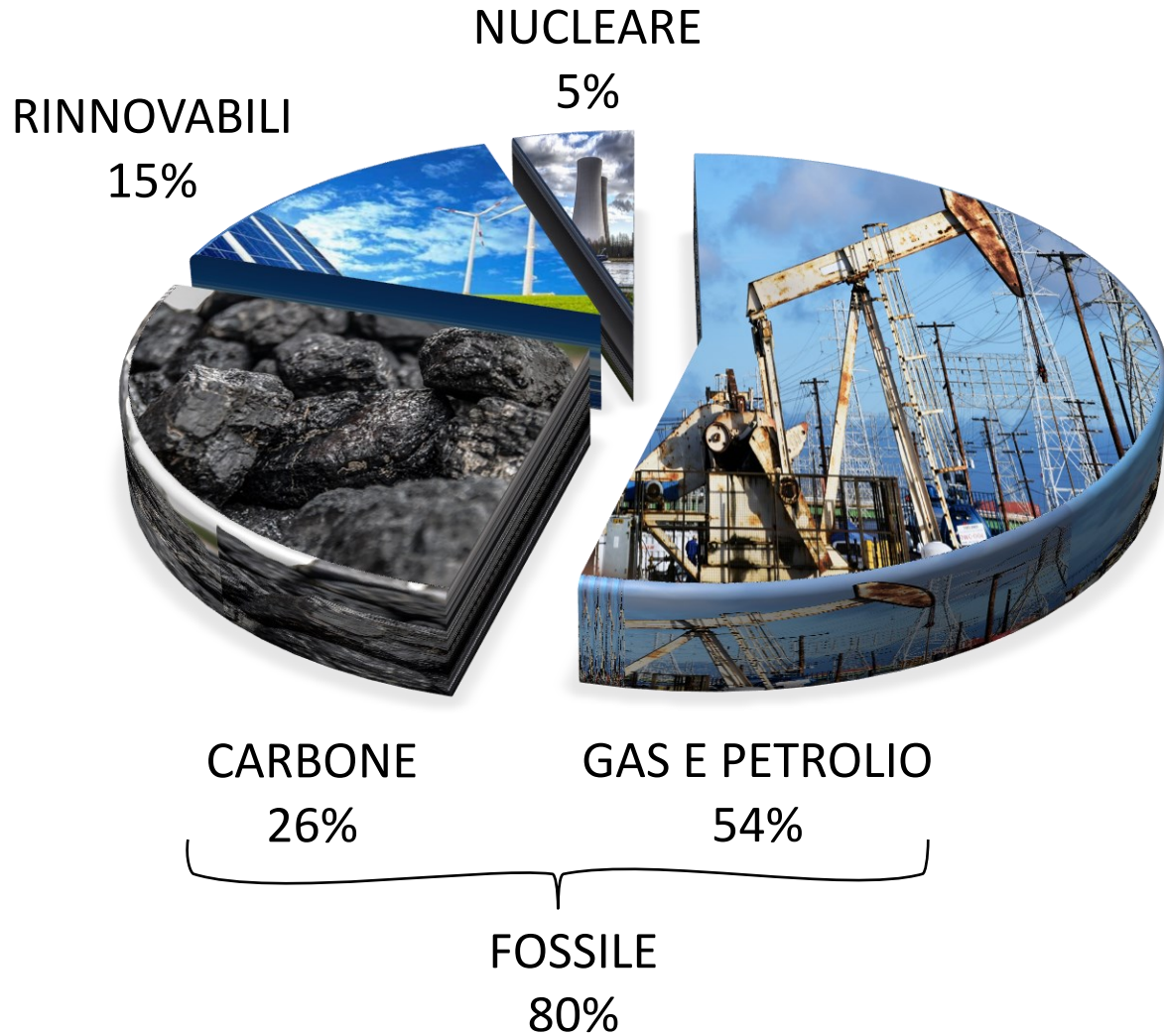
***«Fuel cells: stato dell'arte e prospettive
future per l'industria aerospaziale»***

Tutor universitario: Prof. Roberta Bertani

Laureanda: Giulia Gasparetto

Padova, 15/07/2022

ENERGIE PRIMARIE OGGI



FOSSILE

- Risorse limitate;
- Dannose per l'ambiente e l'uomo;
- Principali responsabili delle emissioni di gas climalteranti.

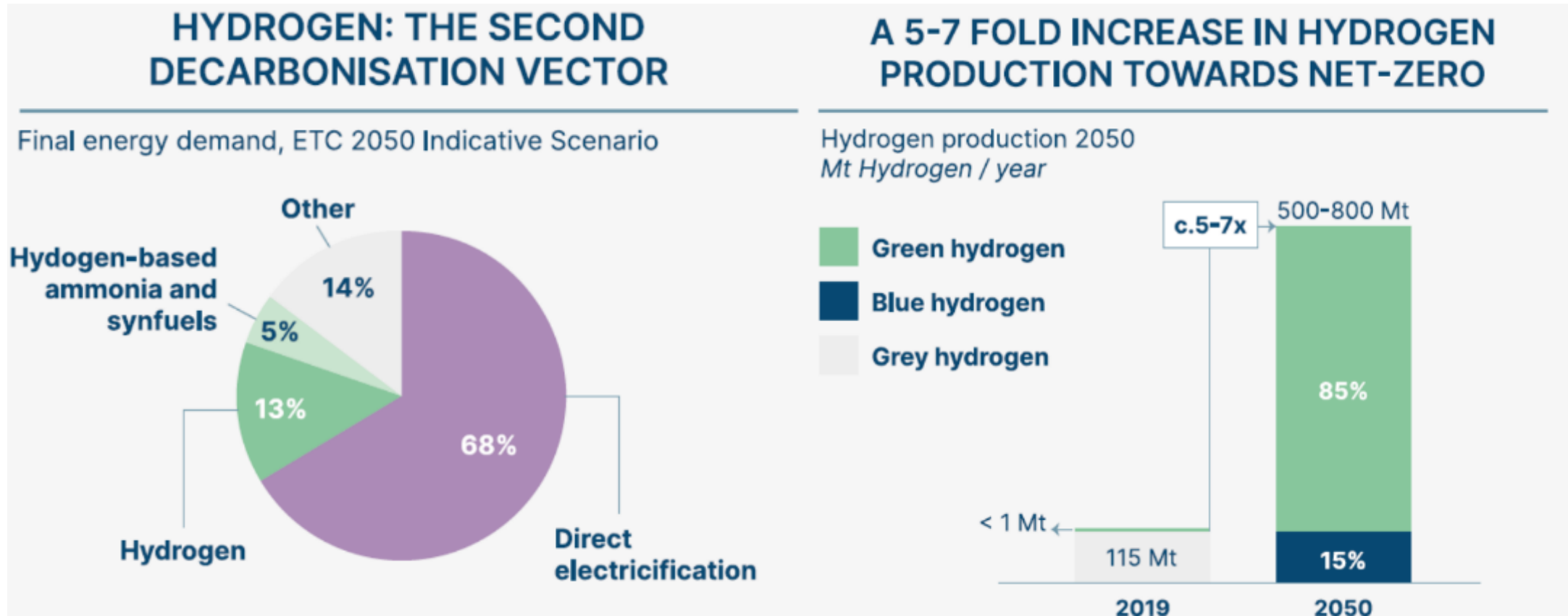
RINNOVABILI

- Risorse gratuite e infinite al loro stato grezzo;
- Energia prodotta a partire da processi naturali.

NUCLEARE

- Non classificabile come rinnovabile;
- Poco diffusa a causa della sua pericolosità.

2050 ZERO CARBON ECONOMY



ETC Energy Transitions Commission, *Making the Hydrogen Economy Possible: Accelerating Clean Hydrogen in an Electrified Economy*, Aprile 2021

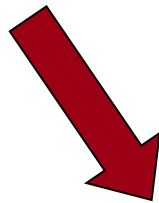
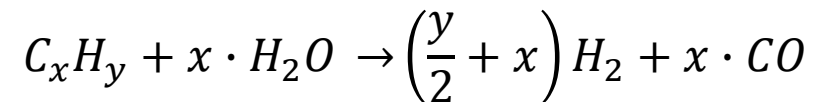
«Energia specifica» e «densità di energia» sono misure comuni dell'energia che verrà rilasciata da un determinato peso o volume di combustibile quando viene bruciato.

Da questa tabella è evidente che l'idrogeno ha un'energia specifica molto più alta degli altri combustibili comuni. Tuttavia, a causa della sua bassa densità, la densità di energia dell'idrogeno è estremamente ridotta e questo fatto rappresenta un ostacolo per il suo utilizzo a livello industriale.

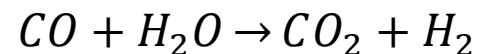
Fuel	Density kg/m ³	Specific energy MJ/kg	Energy density MJ/m ³
Hydrogen	0.090	120	10
Gasoline	716	47.3	33 867
Diesel Fuel	830	44.8	37 184
Ethanol	784	29.7	23 278
Methane	423	55.6	23 529
Propane	585	50.3	29 449

STEAM REFORMING

- Conversione di un combustibile fossile, liquido o gassoso, in idrogeno;
- Reazione fortemente endotermica dove degli idrocarburi reagiscono con il vapore acqueo:

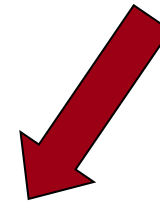
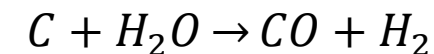
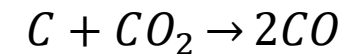


Reazione di SEWGS (spostamento del gas d'acqua migliorata con un processo di adsorbimento):

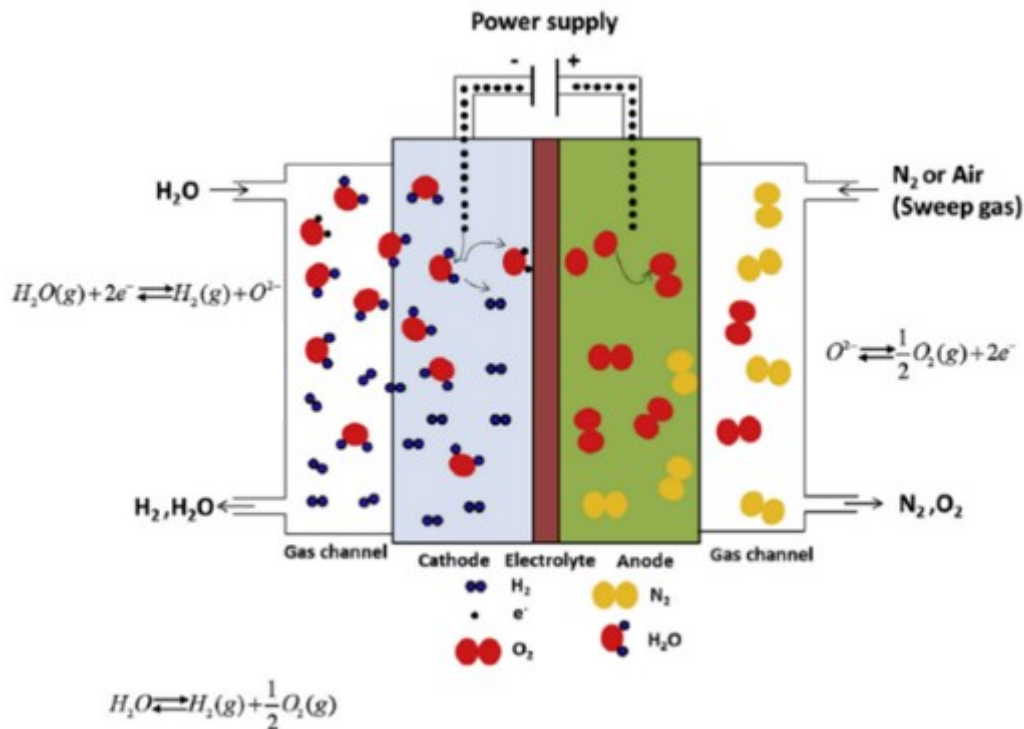


GASSIFICAZIONE

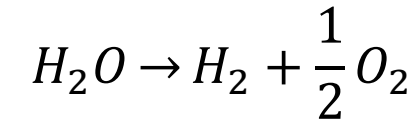
- Processo chimico che permette di convertire materiale ricco di carbonio, ad esempio carbone, petrolio o biomassa, in Syngas:



ELETTROLISI DELL'ACQUA (PEM)

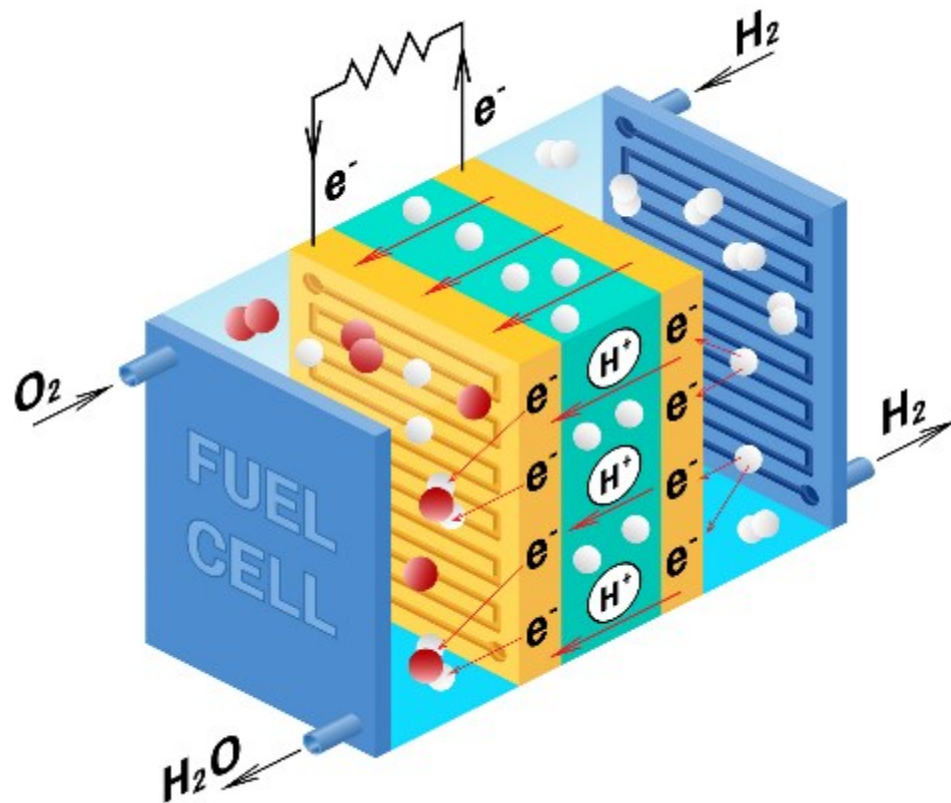


- L'elettrolisi è un processo in cui l'energia elettrica viene trasformata in energia chimica;
- La reazione globale dell'elettrolisi consiste nella decomposizione dell'acqua in idrogeno e ossigeno come:



- Vengono utilizzati due **elettrodi**, collegati a una fonte di energia elettrica esterna, separati da un **elettrolita**;
- Le semi reazioni che si verificano agli elettrodi dipendono dall'elettrolita utilizzato;
- Negli elettrolizzatori a membrana elettrolitica polimerica (PEM) l'elettrolita è un solido di materiale plastico. L'acqua reagisce all'**anodo** per formare ossigeno e ioni idrogeno caricati positivamente. Gli elettroni sono forniti tramite un circuito esterno e gli ioni di idrogeno si muovono attraverso la membrana verso il **catodo**. Al catodo gli ioni idrogeno sono combinati con gli elettroni del circuito esterno per formare gas idrogeno.

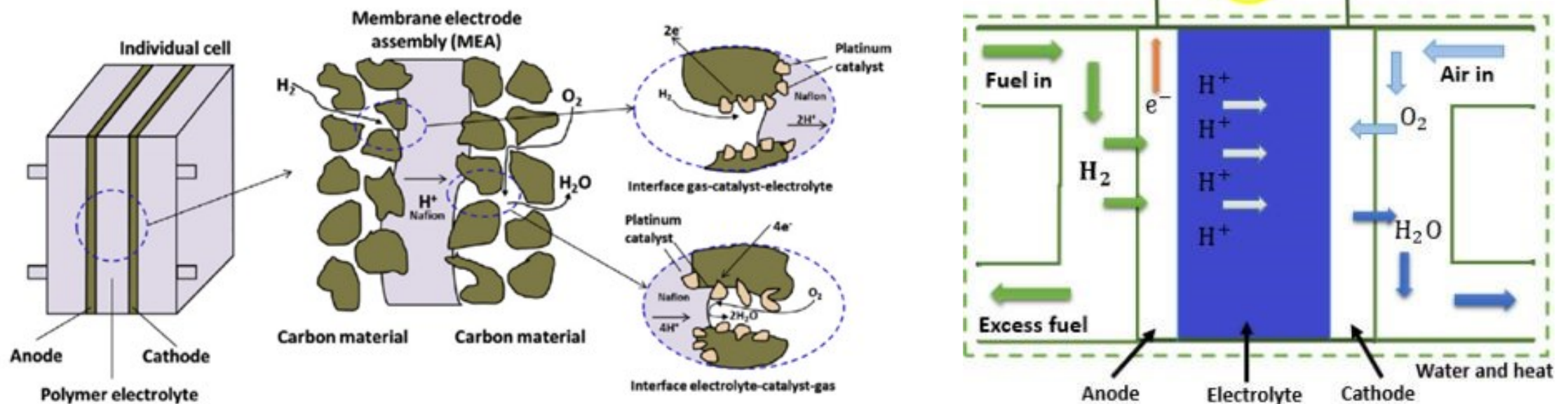
CELLE A COMBUSTIBILE: CARATTERISTICHE E PROPRIETÀ



- Una cella a combustibile è un dispositivo che converte l'energia immagazzinata nelle molecole in elettricità attraverso una reazione elettrochimica;
- una tipica cella a combustibile a idrogeno funziona nel modo seguente:
 - **L'idrogeno** entra nella cella a combustibile attraverso **l'anodo**. Qui, gli atomi di idrogeno reagiscono con un catalizzatore e si dividono in elettroni e protoni. **L'ossigeno** proveniente dall'aria ambiente entra dall'altro lato attraverso il **catodo**;
 - I protoni carichi positivamente passano attraverso la **membrana porosa**. Gli elettroni carichi negativamente fuoriescono dalla cella e generano una **corrente elettrica**;
 - Nel catodo, i protoni e l'ossigeno si combinano per **produrre acqua**.

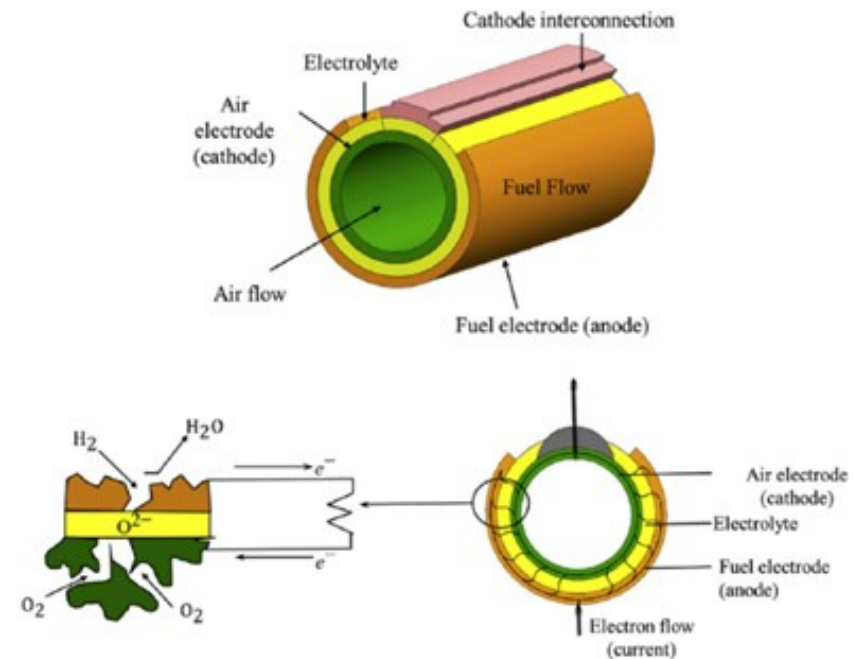
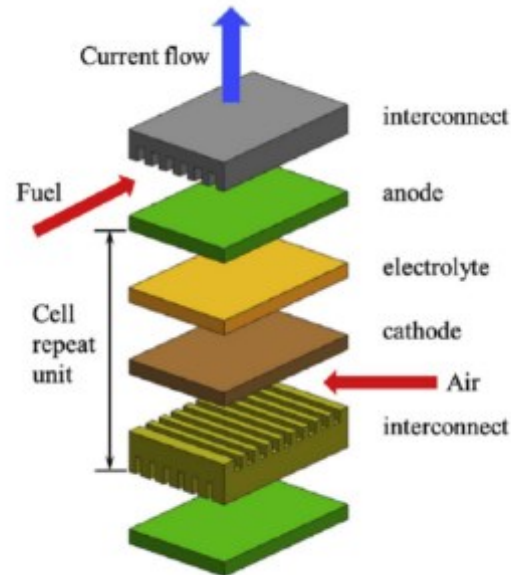
PEMFC - Proton Exchange Membrane Fuel Cells

- Sono in grado di fornire un'elevata densità di potenza a bassa temperatura;
- La membrana è fondamentalmente un solido idratato che favorisce la conduzione dei protoni;
- Esistono diversi tipi di membrana, ma il più utilizzato è chiamato Nafion.



SOFC – Solid Oxide Fuel Cells

- Caratterizzata da un elettrolita a base di ossido di zirconio stabilizzato con ittrio;
- Le tipologie più diffuse prevedono configurazioni geometriche di tipo planare oppure tubolare;
- Operando normalmente tra i 700°C e i 1000°C, è possibile utilizzare metalli non nobili per catalizzare le reazioni agli elettrodi.



FlyZero

FlyZero is the Aerospace Technology Institute project aiming to realise zero-carbon emission commercial aviation by 2030.

Non-CO₂ emissions	<i>Minimise or eliminate all non-CO₂ operational emissions including NO_x, non-volatile Particulate Matter (nvPM), water, hydrogen and contrails</i>
Noise	<i>No worse than current equivalent aircraft</i>
Range and payload	<i>Equal or better than current equivalent aircraft maximum range at maximum payload</i>
Aircraft service life	<i>No worse than current aircraft in the relevant market sector</i>
Maintenance intervals	<i>No worse than current aircraft in the relevant market sector</i>
Turnaround time (target time between flights)	<i>Equal or better than current aircraft in the relevant market sector</i>

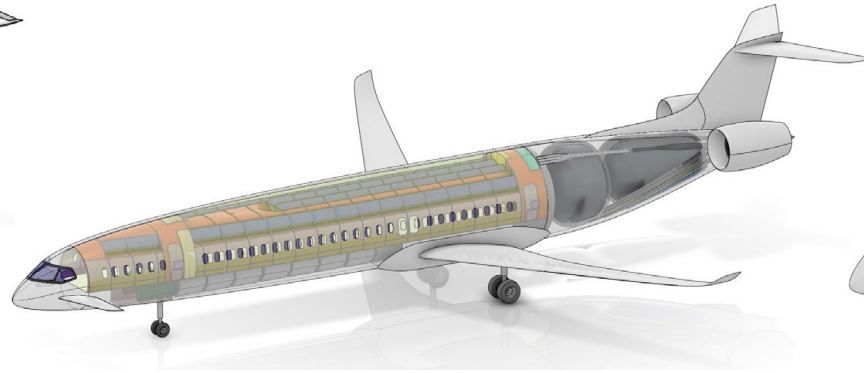
ATI aerospace Technology Institute, OUR VISION FOR ZERO-CARBON EMISSION AIR TRAVEL Realising Zero-Carbon Emission Commercial Flight, Marzo 2022



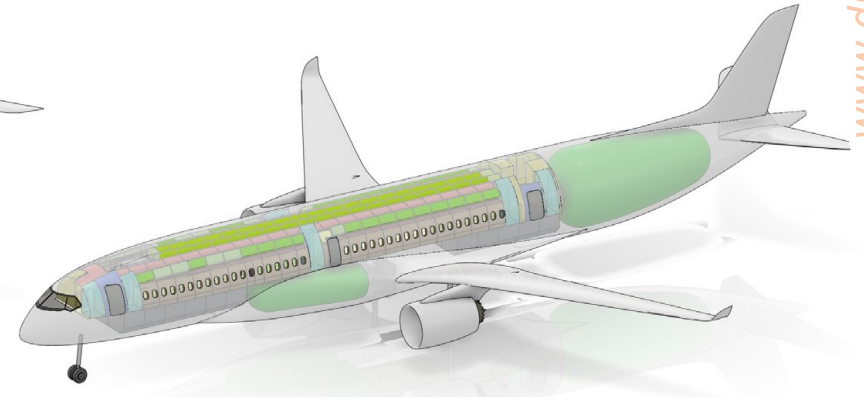
Regional Concept Aircraft



Narrowbody Concept Aircraft



Midsized Concept Aircraft



www.dii.unipd.it

Parameter	FlyZero Concept	FlyZero Baseline	Delta
Max Take-off Weight (tonnes)	28.8	25.8	-10%
Operational Empty Weight (tonnes)	19.8	15.0	-24%
Mission Fuel Mass (tonnes)	1.2	3.0	+155%
Mission Energy (GJ)	139	136	-2%
Aircraft Length (m)	28.0	28.5	+2%
Propulsion System	H ₂ FC	SAF GT	N/A

Parameter	FlyZero Concept	FlyZero Baseline	Delta
Max Take-off Weight (tonnes)	70.7	70.6	-0.1%
Operational Empty Weight (tonnes)	48.0	41.5	-14%
Mission Fuel Mass (tonnes)	3.9	10.3	+164%
Mission Energy (GJ)	445	474	+7%
Aircraft Length (m)	44.8	37.6	-16%
Propulsion System	H ₂ GT	SAF GT	N/A

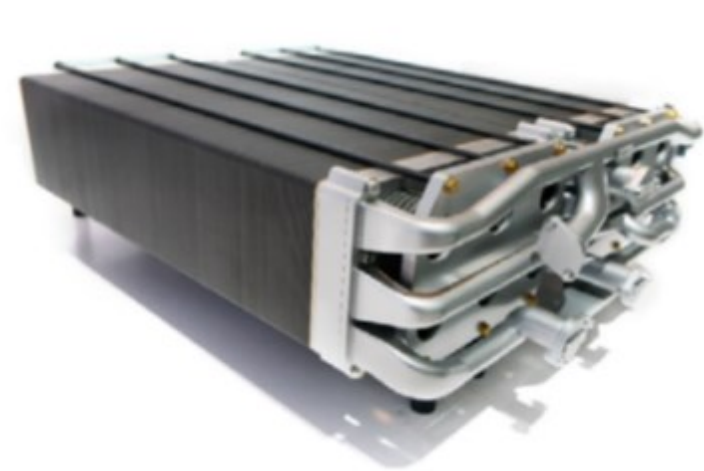
Parameter	FlyZero Concept	FlyZero Baseline	Delta
Max Take-off Weight (tonnes)	150.8	170.0	+13%
Operational Empty Weight (tonnes)	104.8	96.5	-8%
Mission Fuel Mass (tonnes)	16.7	44.4	+165%
Mission Energy (GJ)	1909	2041	+7%
Aircraft Length (m)	59.6	51.7	-13%
Propulsion System	H ₂ GT	SAF GT	N/A

Hydrogen Gas Turbine



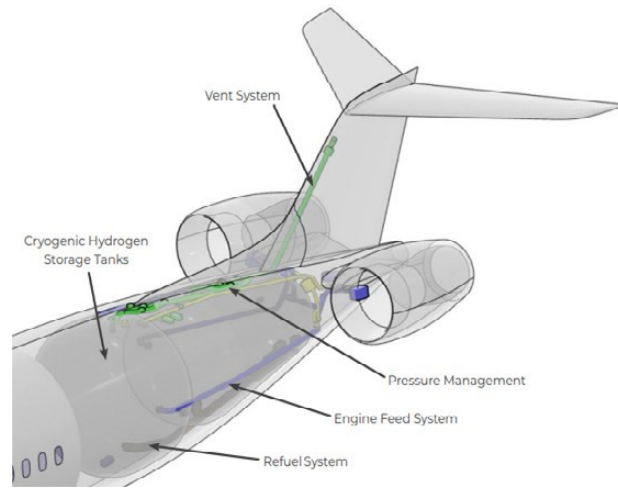
- Bruciare idrogeno in una turbina a gas è potenzialmente più efficiente del cherosene o del SAF;
- La turbina a gas è la soluzione di propulsione più densa di potenza.

Fuel Cell and Electrical Powertrain



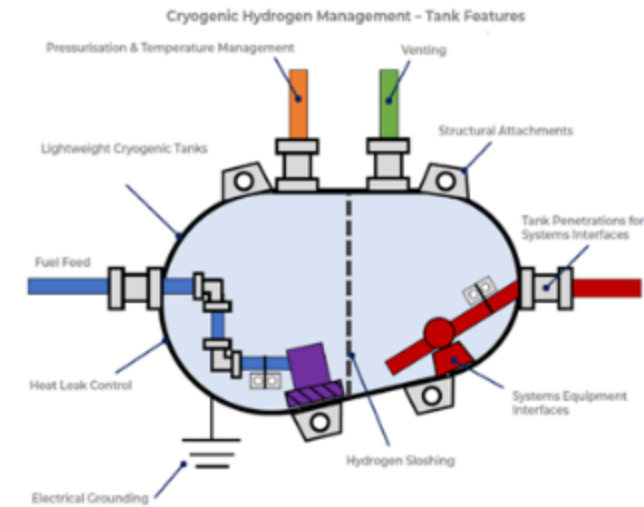
- La prima generazione di propulsori elettrici utilizzerà celle a combustibile LT-PEM;
- Le celle a combustibile di prossima generazione saranno le HT-PEM.

Cryogenic Fuel System



- Uno dei principali fattori alla base della progettazione del sistema di alimentazione è la gestione della pressione e della temperatura dell'idrogeno liquido.

Liquid Hydrogen - Cryogenic Fuel Tanks



- Un settore chiave della ricerca è lo studio di serbatoi sempre più leggeri e isolati: compromesso tra peso, affidabilità e complessità.

Gli obiettivi della COP26 sono: azzerare le emissioni nette a livello globale entro il 2050 e puntare a limitare l'aumento delle temperature a 1.5°C, adattarsi per la salvaguardia delle comunità e degli habitat naturali, mobilitare i finanziamenti e collaborare.

L'idrogeno pulito può e deve svolgere un ruolo critico, insieme alla massiccia elettrificazione pulita, nella profonda trasformazione del sistema energetico globale che ci attende, de-carbonizzando quei settori che sono difficili o impossibili da elettrificare.

L'industria aerospaziale può dare un importante contributo per questo cambiamento. Sono necessarie però nuove tecnologie aeronautiche, infrastrutture aeroportuali ed energetiche, normative e politiche globali per fornire aeromobili di nuova generazione alimentati ad Idrogeno Verde.

- Bengt Sundén, *Hydrogen, Batteries and Fuel Cells*, Copyright © 2019 Elsevier Inc. All rights reserved.
- ETC Energy Transitions Commission, *Making the Hydrogen Economy Possible: Accelerating Clean Hydrogen in an Electrified Economy*, Aprile 2021
- ATI aerospace Technology Institute, *OUR VISION FOR ZERO-CARBON EMISSION AIR TRAVEL Realising Zero-Carbon Emission Commercial Flight*, Marzo 2022
- Matteo Ceriani, *Analisi di modello di SOFC alimentate con gas di sintesi*, 2014-2015
- UN climate change conference UK 2021, *COP26 EXPLAINED*
- M. Aulice Scibioh and B. Viswanathan, *Carbon Dioxide to Chemicals and Fuels*, Copyright © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved
- AIRBUS, *Hydrogen fuel cells, explained*, 15 October 2020

Grazie per l'attenzione