



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

# Produzione di idrogeno tramite co-elettrolisi in fuel cell ad alta temperatura

*Open Forum del CO2 Club Italia, Roma 16/4/2019*

**Massimiliano Della Pietra, Davide Pumiglia DTE-PCU-SPCT**



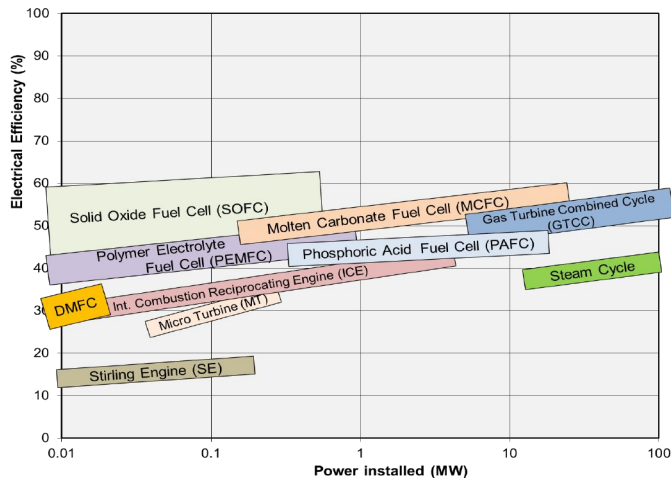
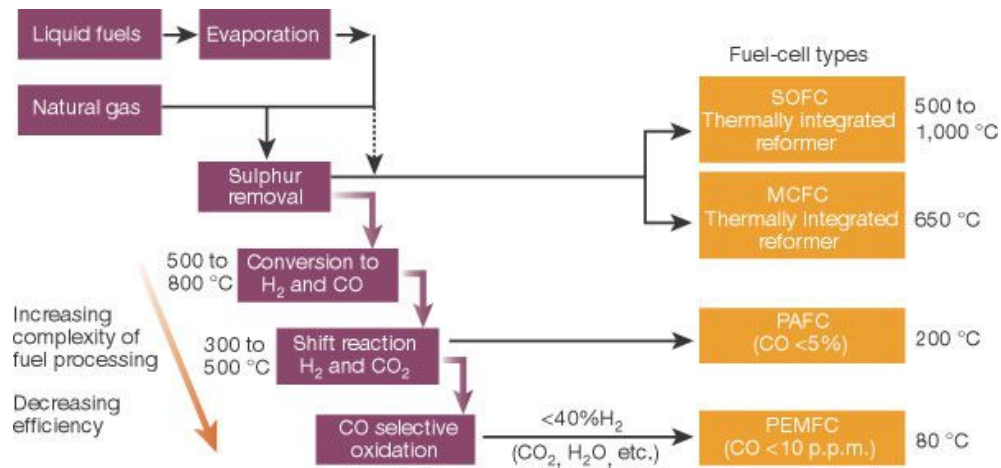
1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000



# Sommario

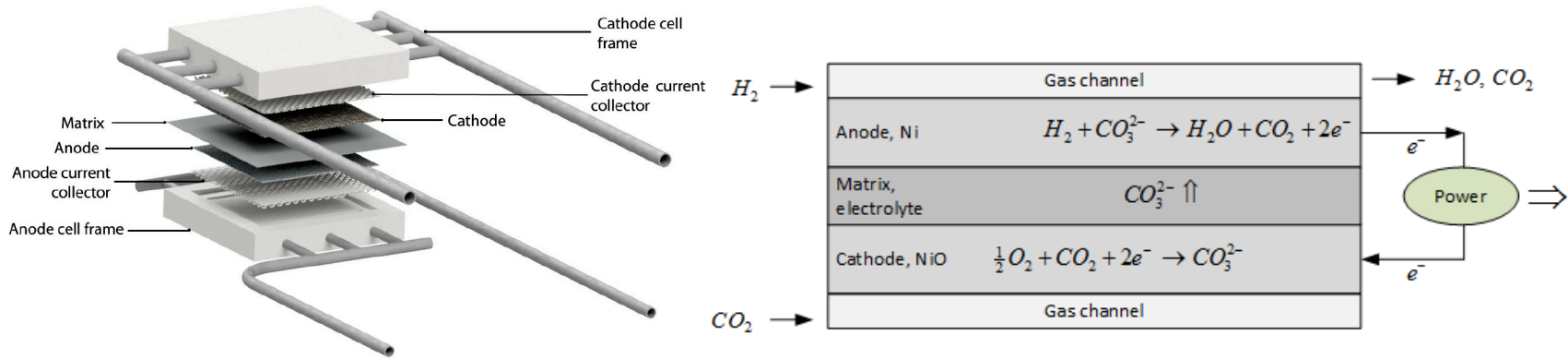
- Le celle a combustibile
- La (co)elettrolisi ad alta temperatura
- Le celle a combustibile a carbonati fusi operanti in maniera reversibile
- Elettrolisi e coelettrolisi ad ossidi solidi
- Conclusioni

# Le celle a combustibile ad alta temperatura

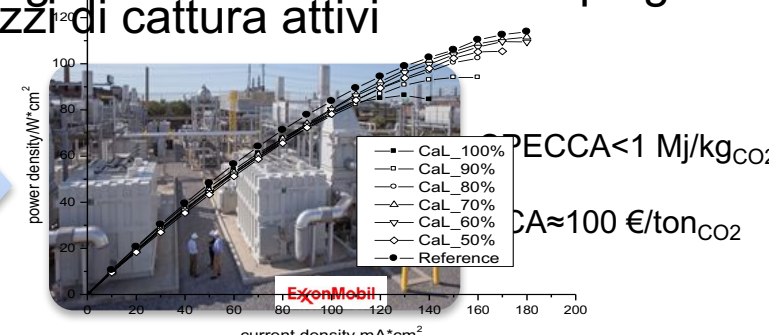
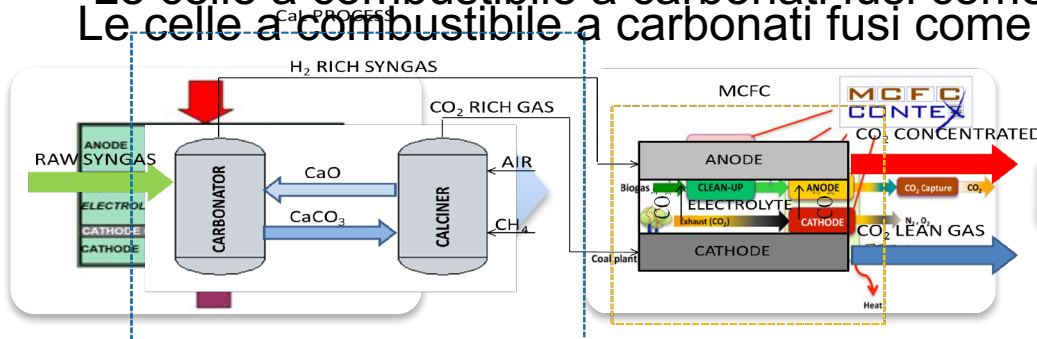


- ✓ Sono cogeneratori molto performanti con picchi di efficienze elettriche del 60%
- ✓ Hanno un basso impatto ambientale non emettendo  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$
- ✓ Possono operare in modalità reversibile

# Le MCFC e la CO<sub>2</sub>..... una lunga storia d'amore



Le celle a combustibile a carbonati fusi come integrazione in un calcium looping  
 Le celle a combustibile a carbonati fusi come mezzi di cattura attivi



# La (co)elettrolisi ad alta temperatura



Bassa temperatura

Alta temperatura

Vantaggi:

- tecnologia matura
- Temperature di esercizio basse

Svantaggi:

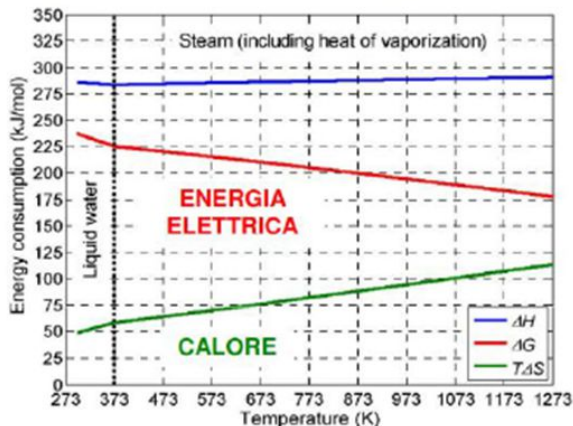
- Elevati consumi
- Elettrolita corrosivo

Vantaggi:

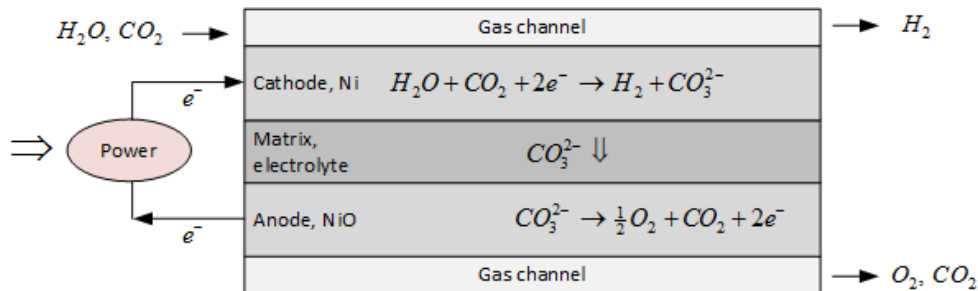
- Elevate efficienze di conversione
- Utilizzo di materiali poco pregiati

Svantaggi:

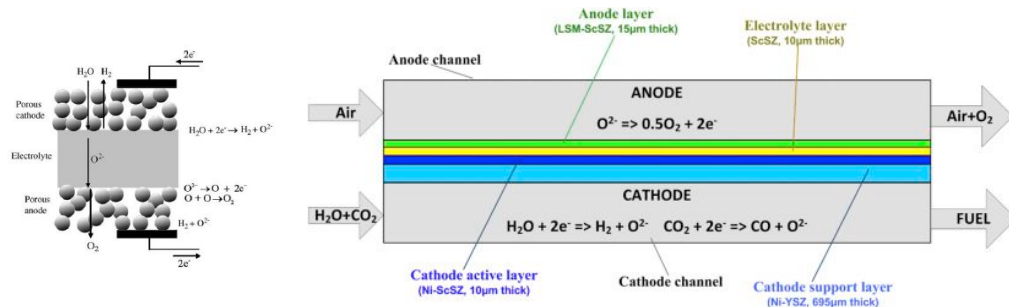
- Tecnologia non ancora matura



## Funzionamento inverso delle MCFC: le MCEC



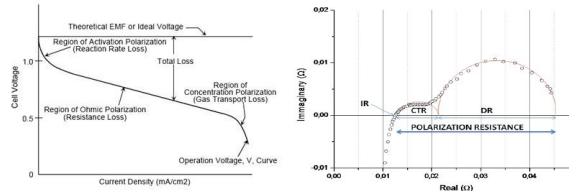
## Funzionamento inverso delle SOFC: le SOEC



# MCEC: Risultati sperimentali

	Composition, %		EFR	T, °C	
	Fuel electrode	Oxygen electrode			
	Run	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>		
Electrodes flow rate	1	25/25/25/25	25/25/50	<b>1</b>	650
	2	<b>25/25/25/25</b>	<b>25/25/50</b>	<b>2</b>	<b>650</b>
	3	25/25/25/25	25/25/50	<b>3</b>	650
	4	25/25/25/25	25/25/50	<b>4</b>	650
CO <sub>2</sub> fuel electrode	5	<b>30/25/25/20</b>	25/25/50	2	650
	6	<b>40/25/25/10</b>	25/25/50	2	650
	7	<b>50/25/25/0</b>	25/25/50	2	650
H <sub>2</sub> O fuel electrode	8	25/ <b>30/25/20</b>	25/25/50	2	650
	9	25/ <b>40/25/20</b>	25/25/50	2	650
	10	25/ <b>50/25/0</b>	25/25/50	2	650
H <sub>2</sub> fuel electrode	11	25/ <b>15/25/35</b>	25/25/50	2	650
	12	25/ <b>5/25/45</b>	25/25/50	2	650
CO <sub>2</sub> oxygen electrode	13	25/25/25/25	<b>20/25/55</b>	2	650
	14	25/25/25/25	<b>15/25/60</b>	2	650
	15	25/25/25/25	<b>10/25/65</b>	2	650
	16	25/25/25/25	<b>5/25/70</b>	2	650
	17	25/25/25/25	<b>25/20/55</b>	2	650
O <sub>2</sub> oxygen electrode	18	25/25/25/25	25/ <b>15/60</b>	2	650
	19	25/25/25/25	25/ <b>10/65</b>	2	650
	20	25/25/25/25	25/ <b>5/70</b>	2	650
	21	25/25/25/25	25/25/50	2	<b>630</b>
Cell temperature	22	25/25/25/25	25/25/50	2	<b>610</b>
	23	25/25/25/25	25/25/50	2	<b>590</b>
	24	25/25/25/25	25/25/50	2	<b>570</b>

EFR=Electrodes Flow Rate



1°

- Impostata una composizione di riferimento come benchmark

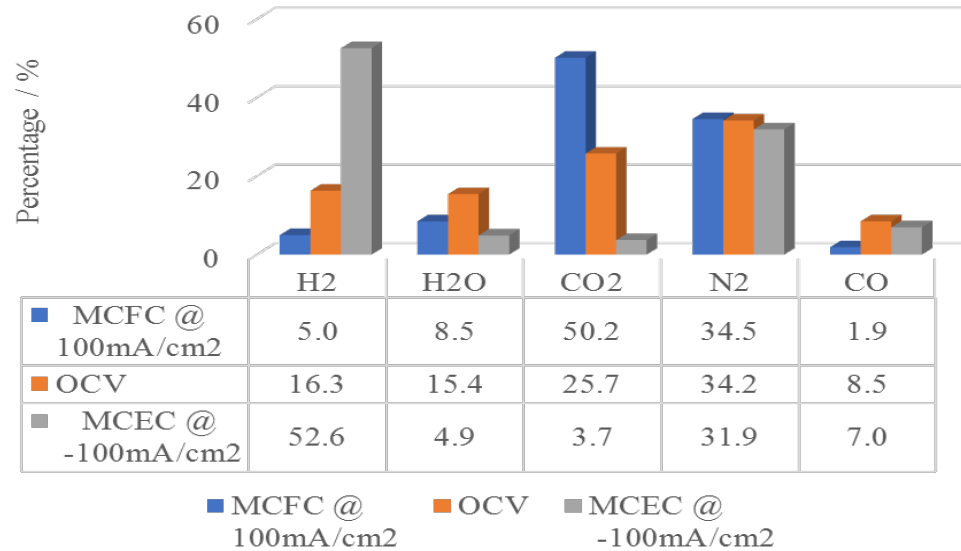
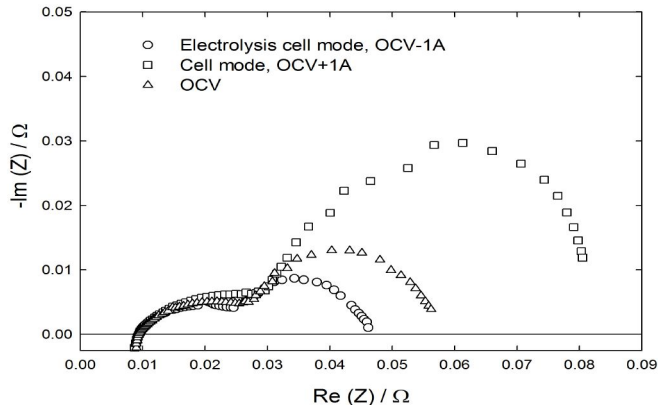
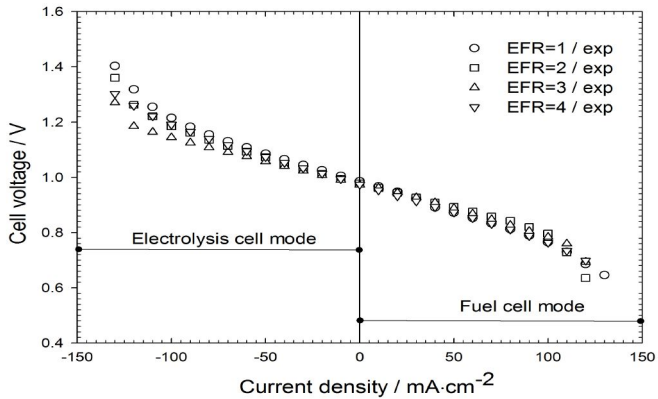
2°

- Effettuato uno screening, variando i parametri operativi più significativi

3°

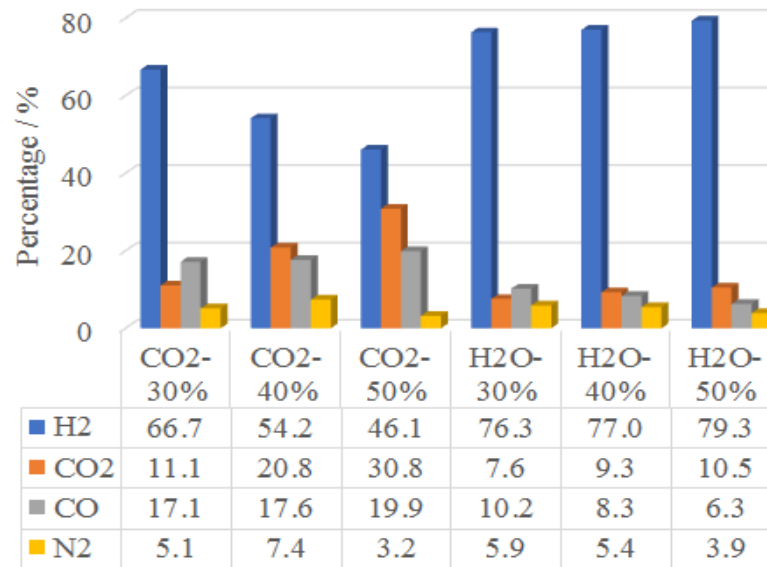
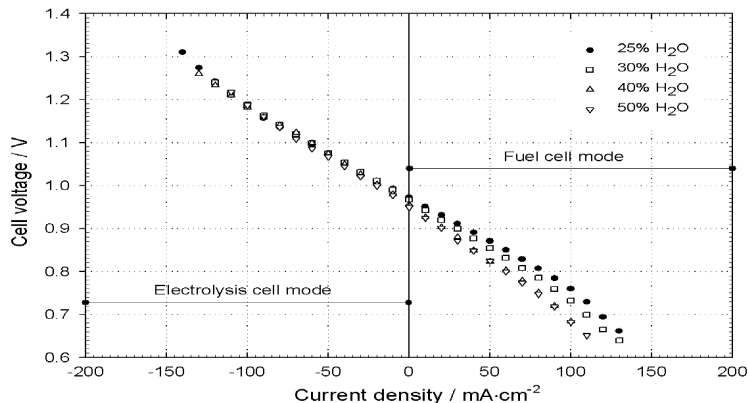
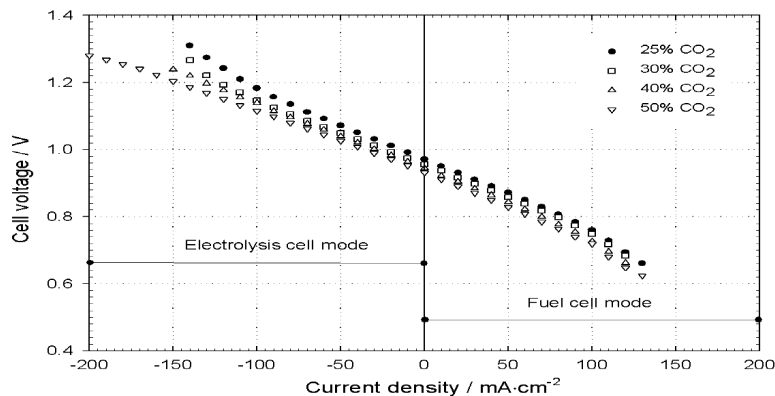
- Ogni condizione operativa è stata analizzata in operando

# Risultati sperimentali: il primo screening



- ✓ La differenza di portate tra anodo e catodo incide sulle curve di polarizzazione
- ✓ Il funzionamento in elettrolisi della cella diminuisce la resistenza di polarizzazione
- ✓ All'uscita anodica è stato trovato CO

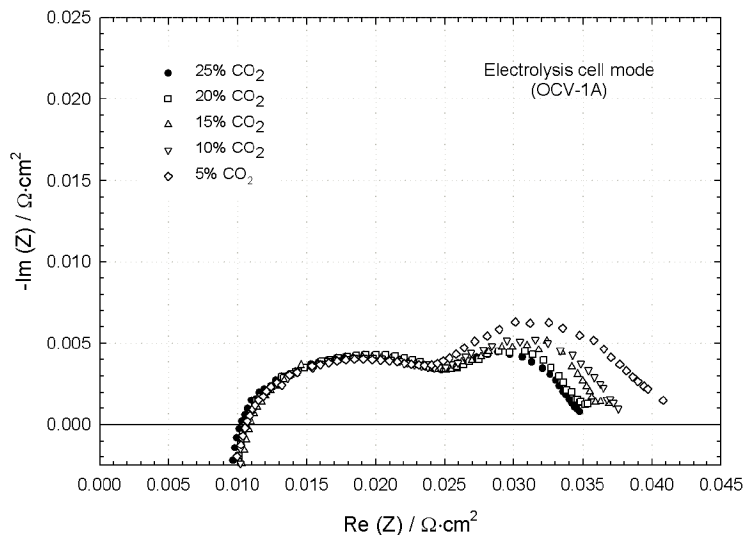
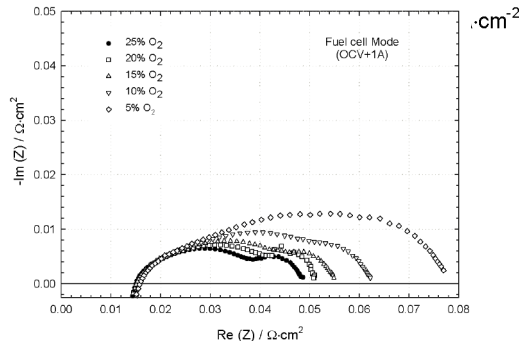
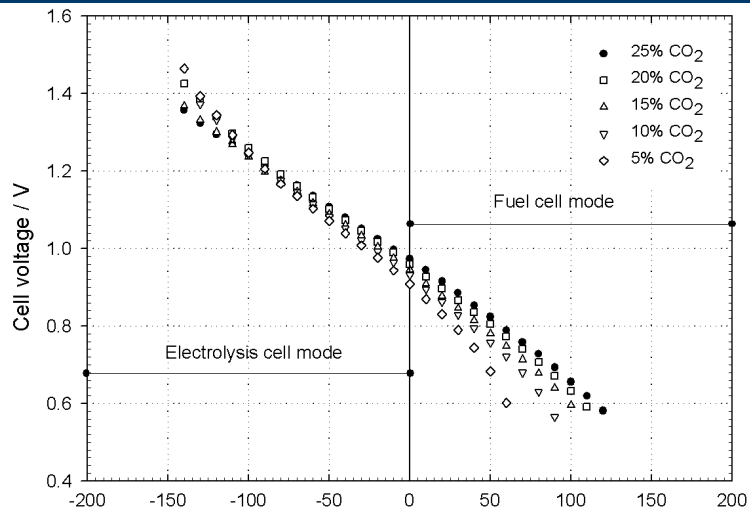
# Risultati sperimentali: gli effetti della CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O



Le performance della cella sono fortemente influenzate dalle variazioni delle composizioni catodiche, sia in termini di assorbimento di potenza elettrica sia in termini di produzione di idrogeno.

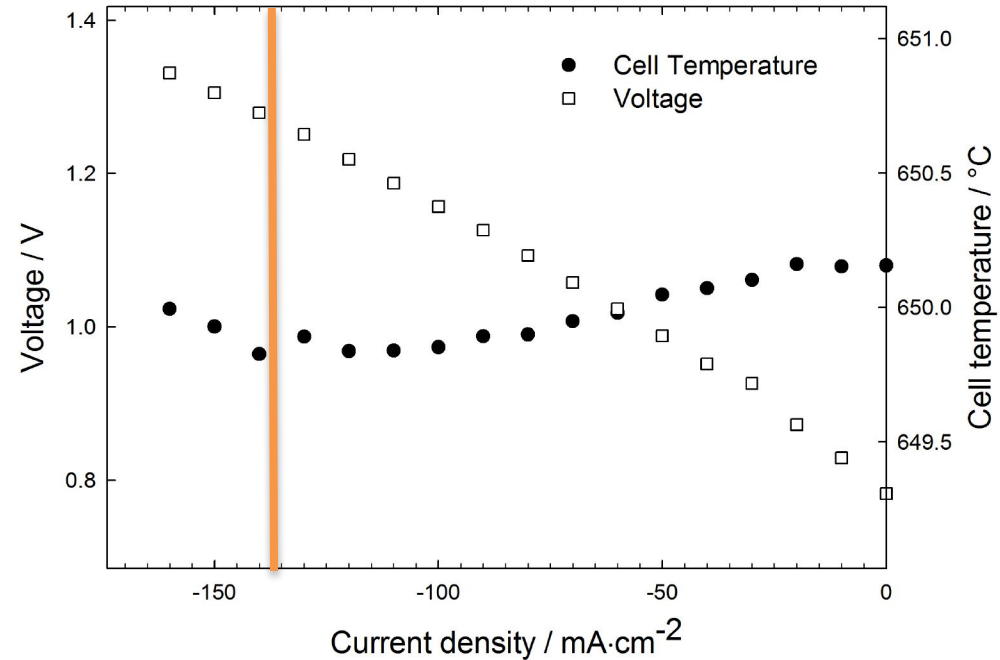
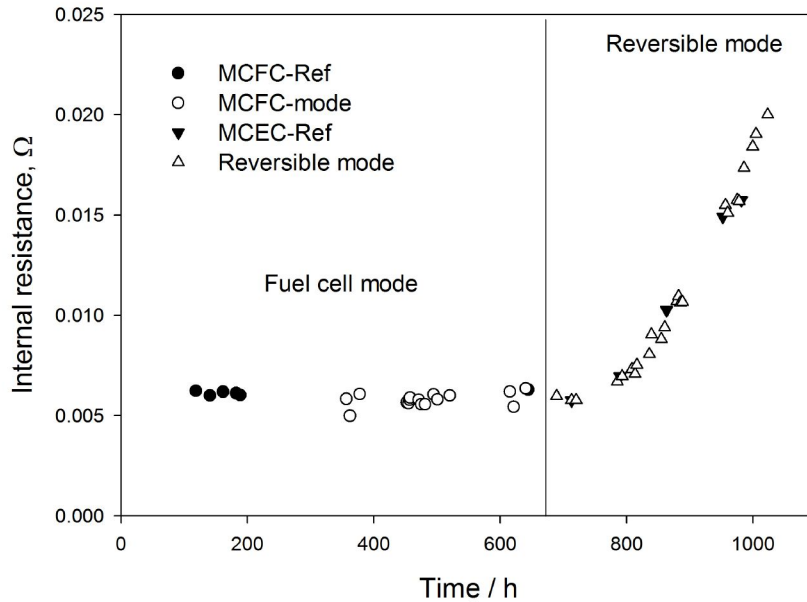


# Risultati sperimentali: gli effetti della CO<sub>2</sub> all'anodo

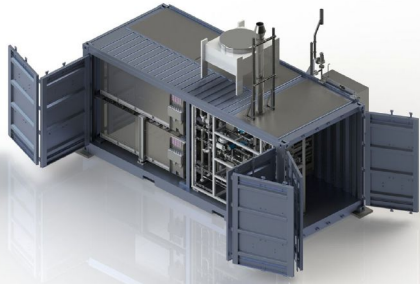


La diluizione della CO<sub>2</sub> nel compartimento anodico non comporta una perdita di performance significativa in modalità elettrolisi.

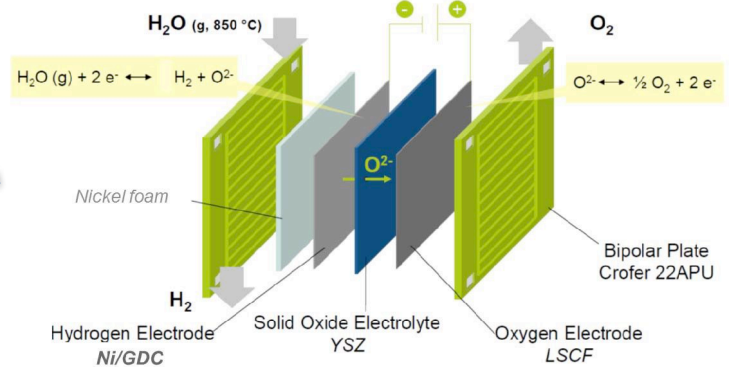
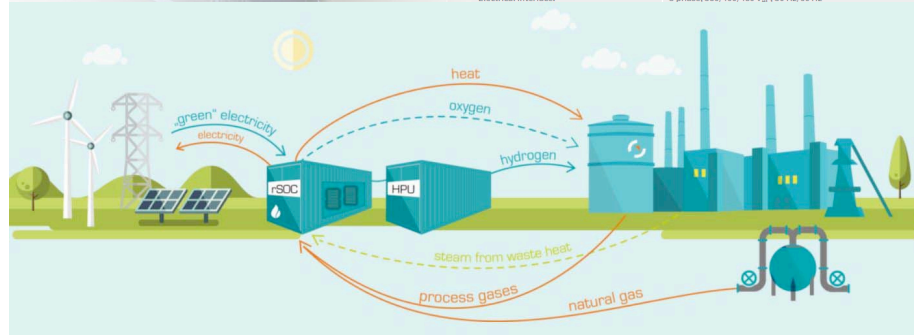
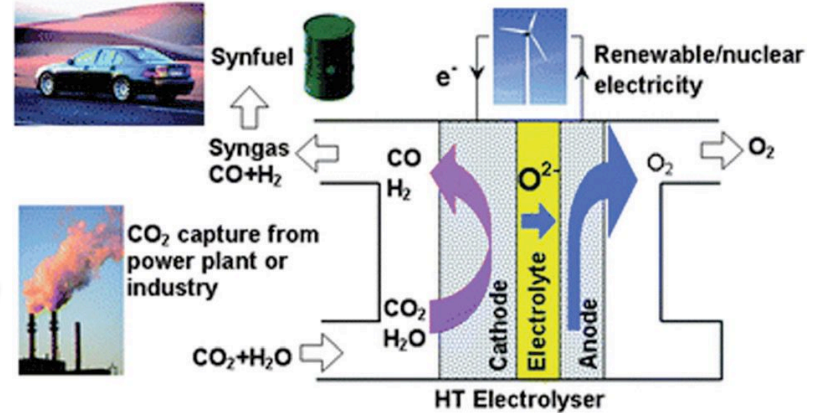
# Risultati sperimentali: l'aumento della resistenza interna e il voltaggio termoneutro



# SOEC: elettrolisi e coelettrolisi ad ossidi solidi



Power (per module) <sup>1)</sup>	
Rated electrical power (AC):	150 kW
Load variation (H <sub>2</sub> output):	0 to 125 % bi/d
Electric efficiency (AC):	82 % <sub>net</sub> <sup>2)</sup>
Specific electric energy (AC):	3.7 kWh/Nm <sup>3</sup> <sup>2)</sup>
H <sub>2</sub> production:	40 Nm <sup>3</sup> /h <sup>2)</sup>
H <sub>2</sub> pressure (after compression):	10 bar (g)
H <sub>2</sub> purity (after gas cleaning):	99.999 %
Steam input:	Saturated steam: 40 kg/h @ 150 °C Pressures: 3 bar (g)
Electrical interface:	3 phase, 380/400/480 V <sub>ac</sub> ; 50 Hz/60 Hz




# Conclusioni e lavori in corso

Il crescente interesse nei confronti dell'idrogeno come vettore per la transizione energetica può determinare un punto di svolta per lo sviluppo dell'elettrolisi e della co-elettrolisi ad alta temperatura.


## Progetti e attività

**passati**




L'obiettivo di SOCTESQA è stato lo sviluppo di procedure di test uniformi per le celle di ossidi solidi ad alta temperatura (SOC). Queste procedure riguardano sia la modalità celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC) sia la modalità elettrolisi (SOEC)

**Presenti**



Lo scopo del progetto BALANCE è di ottimizzare le celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC) per poter operarle in modalità reversibile (SOC) e Produrre una nuova generazione di celle che portino ad un progresso in termini di prestazioni e durata rispetto allo stato dell'arte

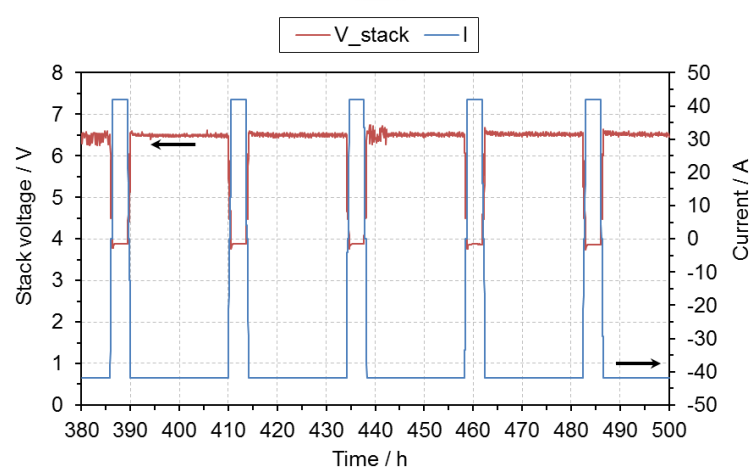
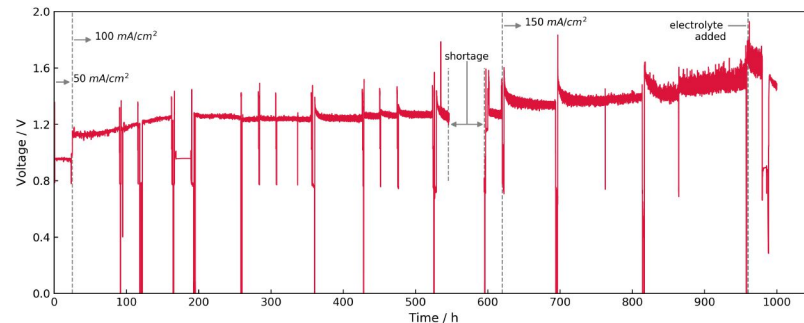
**Presenti**



Il progetto AD ASTRA ha come obiettivo quello di elaborare protocolli di test accelerati per celle a combustibile ad ossidi solidi funzionanti in modalità reversibile (SOC). I protocolli che verranno elaborati durante il progetto permetteranno di predire in maniera quantitativa gli effetti dei più significativi meccanismi di degrado che si verificano nella vita di una SOC.

**Attività future**  
MCEC: **in cerca di topic**

La co-elettrolisi di acqua e anidride carbonica fatta con elettrolizzatori a carbonati fusi ad alta temperatura rappresenta un'opzione molto interessante sia per il settore dell'energy storage sia per quello del riutilizzo della CO<sub>2</sub>



# Grazie per l'attenzione

[massimiliano.dellapietra@enea.it](mailto:massimiliano.dellapietra@enea.it)

[davide.pumiglia@enea.it](mailto:davide.pumiglia@enea.it)



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000

