

IL PROGETTO BIOMASS HUB PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA E L'ECONOMIA CIRCOLARE IN LOMBARDIA

17 ottobre 2022 | Sala Pirelli, Milano

Sperimentazione e affinamento di celle a biocombustibile

Dario Zappa
Ricercatore
Università degli Studi di Brescia



Sostenibilità
in Lombardia
VERSO IL 3° FORUM
19-22 OTTOBRE 2022



Regione
Lombardia



BIOMASSHUB
biometano per una società sostenibile

Consumo Energetico

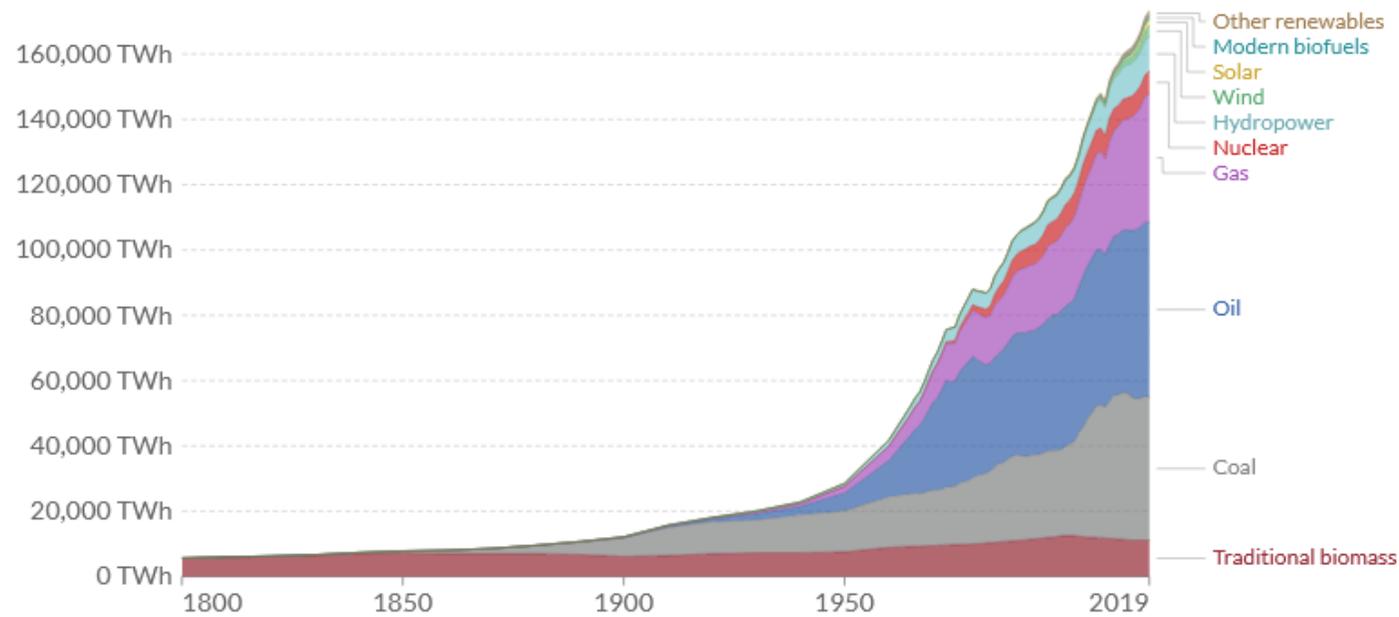
Nelle ultime decine di anni, l'avanzamento tecnologico ha portato ad un costante aumento del fabbisogno energetico mondiale

Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.

Our World
in Data

Relative



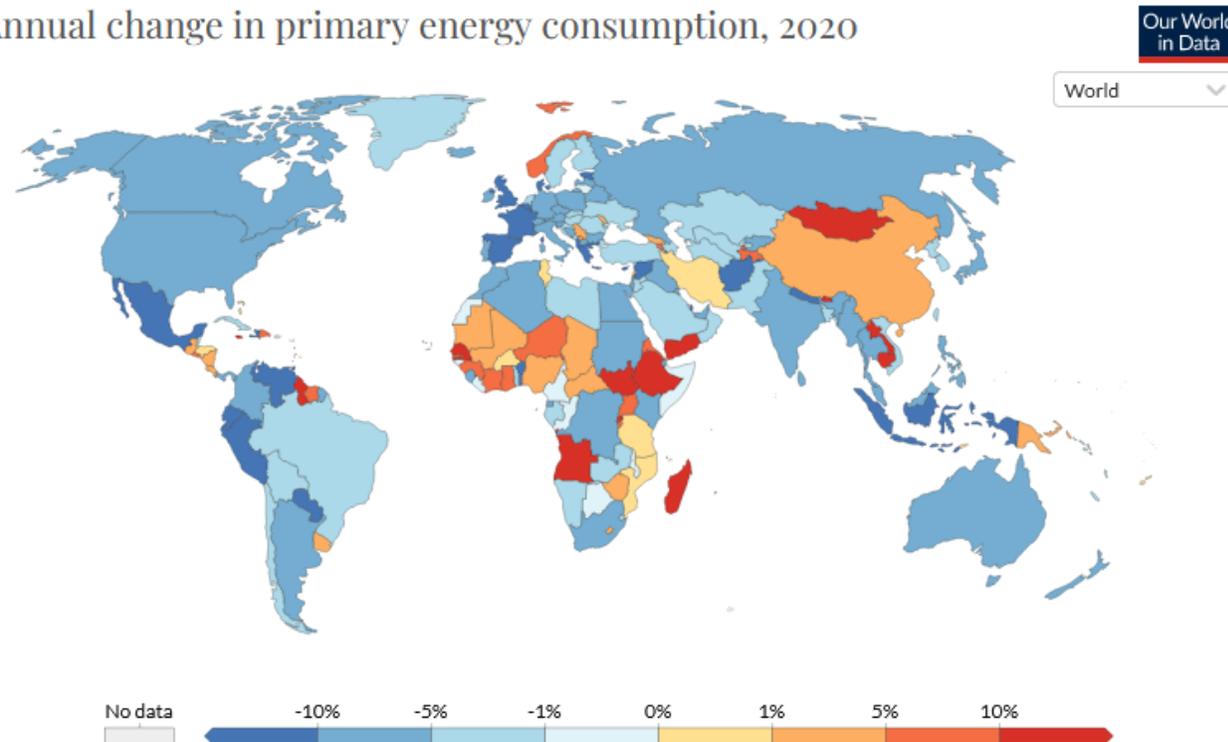
Source: Vaclav Smil (2017) & BP Statistical Review of World Energy

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Consumo Energetico

Il consumo energetico sta crescendo nei paesi in pieno “boom” economico e demografico. Tuttavia, nei paesi più ricchi e più attenti a tematiche ambientali ed energetiche, il consumo totale sta diminuendo anno dopo anno.

Annual change in primary energy consumption, 2020



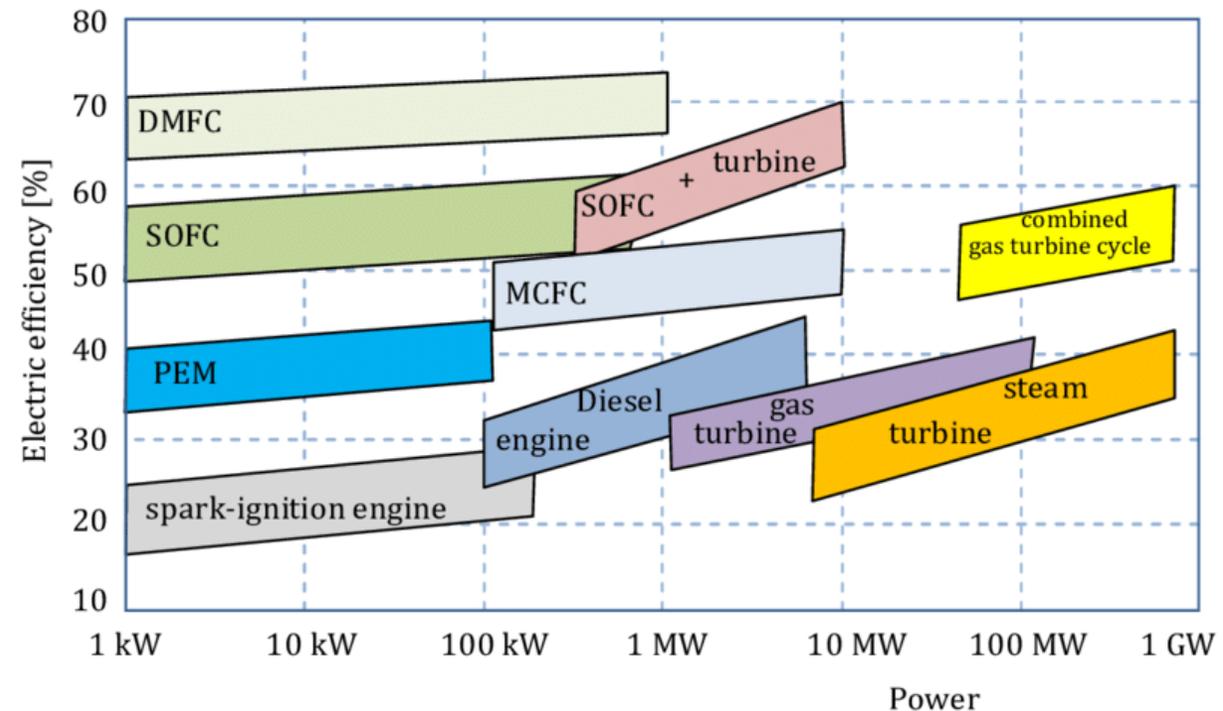
Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & World Bank

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Celle a combustibile (Fuel Cells)



- Le celle a combustibile (FC) sono un tipo di cella elettrochimica che genera elettricità mediante reazioni di riduzione e ossidazione all'interno della cella.
 - Reazione elettrochimica tra un combustibile e un agente ossidante
 - Nessun processo di combustione!
- Disponibile in commercio dalla metà del 1960 (utilizzato dalla NASA nella serie Apollo e sullo Space Shuttle)
- Maggiore efficienza complessiva rispetto ai motori a combustione
- Le FC producono ancora prodotti di scarto sotto forma di calore e gas di scarico come risultato delle reazioni redox.



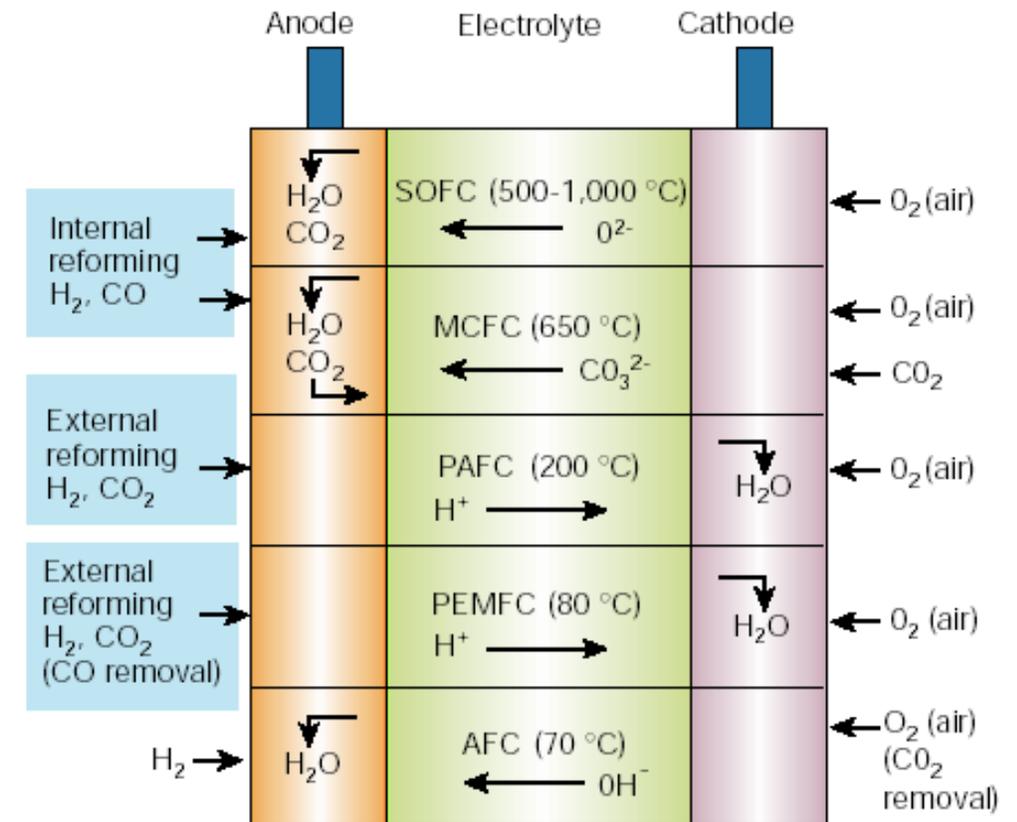
Markowski, Jaroslaw & Pielecha, Ireneusz. (2019). DOI: 10.1088/1755-1315/214/1/012019.

Celle a combustibile (Fuel Cells)



Esistono molteplici tipologie diverse di celle a combustibile:

- Alkaline Fuel Cells (AFC), sviluppate per il programma Apollo
- Fuel Cell a Membrana polimerica (PEMC) principale candidato per la mobilità
- Unità da 200 kW di Fuel Cell ad acido fosforico (PAFC) sono disponibili in commercio per la cogenerazione di calore ed elettricità (CHP)
- Celle a Carbonato Fuso (MCFC) e Ossidi Solidi (SOFC) possono funzionare direttamente con combustibili a base di idrocarburi. Esistono unità dimostrative da oltre 200kW

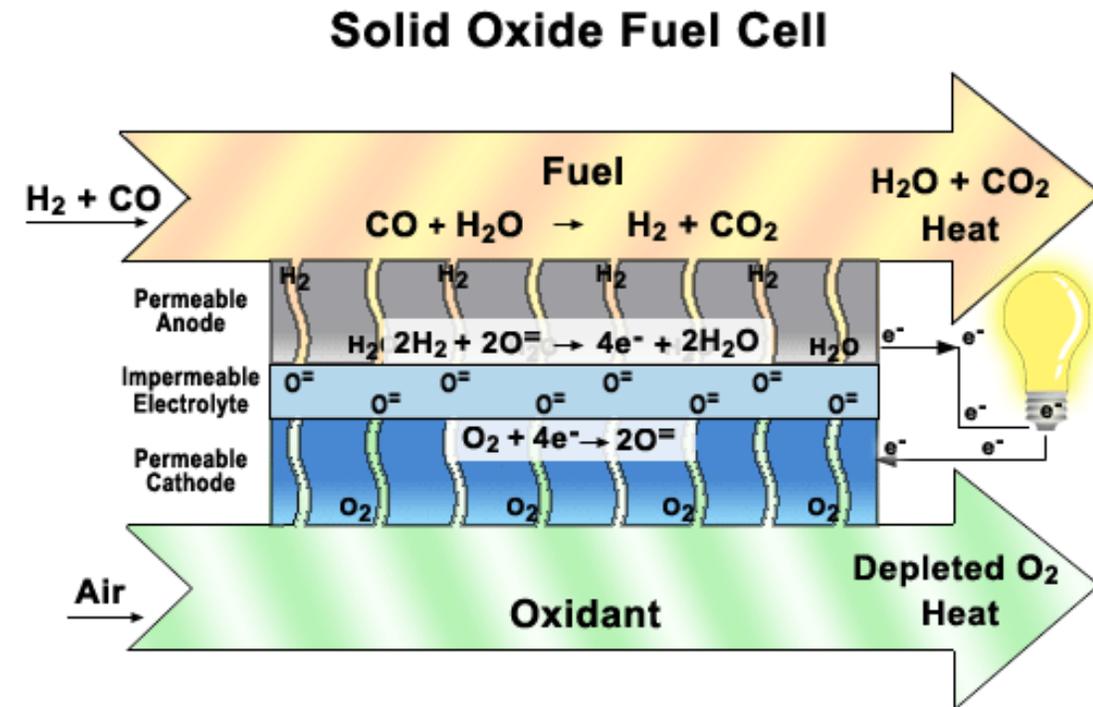


B. C. H. Steele & A. Heinzl, Nature, 414 (2001) 345

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

SOFC sono celle a combustibile ad alta temperatura che utilizzano un elettrolita solido (tipicamente zirconia stabilizzata con ittrio)

- È possibile alimentare le celle con vari combustibili: metano, metanolo, biogas, ecc...
- ... Tuttavia il carburante più utilizzato è l'idrogeno
- Altissima efficienza
- Elevata temperatura di esercizio (600-1000°C)
- Avvio lento
- Costi elevati
- Intolleranza al contenuto di zolfo.
- Non adatto in presenza di fluttuazioni del carico elettrico



Sfide Tecnologiche



- Interfacce tra i materiali impilati robuste e chimicamente/meccanicamente compatibili.
- Elevata temperatura di esercizio → materiali resistenti alle alte temperature e stabili nel funzionamento a lungo termine.
- Alta conducibilità elettrica dei materiali anodici e catodici.
- Limitata energia prodotta da una singola SOFC.
 - Collegamento di più SOFC in serie o in parallelo mediante l'interconnessione di materiali.
- **Le nanotecnologie possono aiutare la ricerca a superare le attuali limitazioni delle SOFC**
- Nell'ambito del Progetto BiomassHub, UNIBS si è concentrata nello sviluppo di materiali innovativi per l'Anodo della cella.

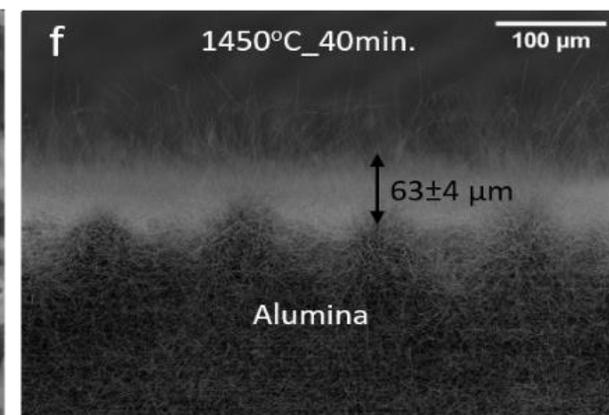
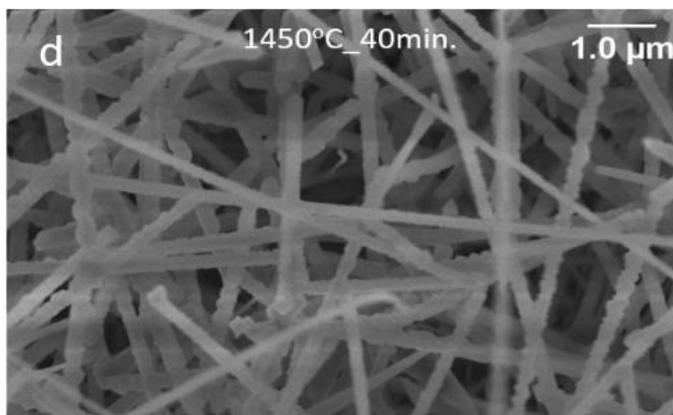
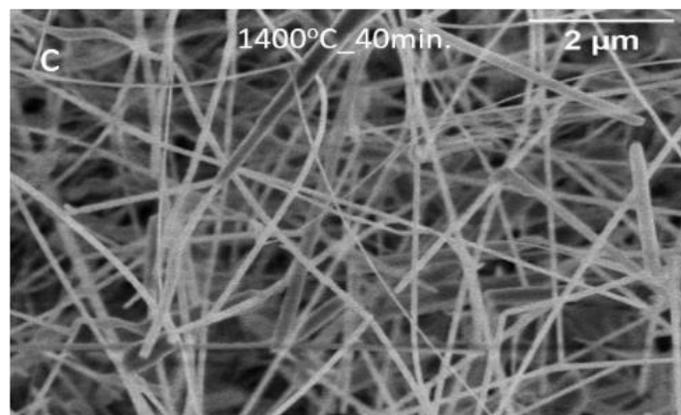
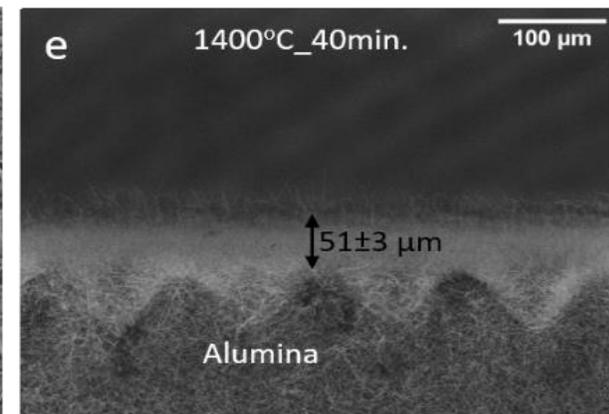
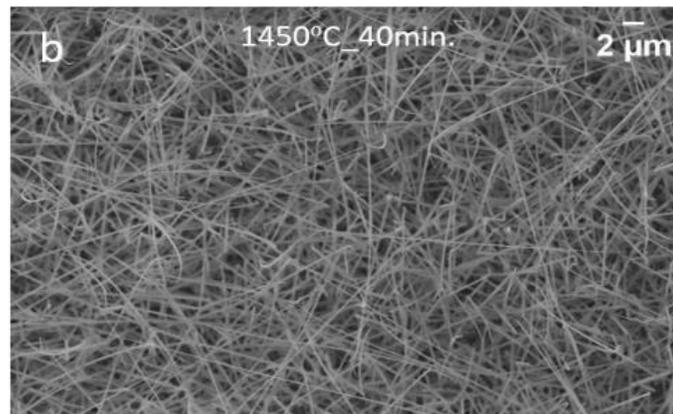
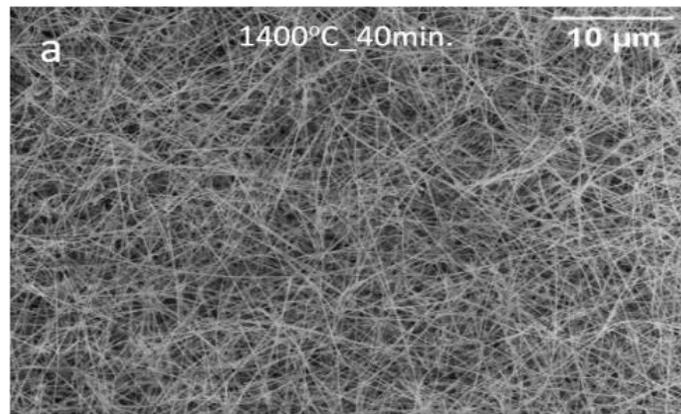
Attività di Ricerca @ UNIBS



- L'ossidazione o la combustione del combustibile avviene sul lato dell'anodo.
 - Deve possedere un'elevata attività elettrocatalitica per l'ossidazione del carburante e sufficiente attività catalitica per il reforming degli idrocarburi
 - Viene utilizzato come terminale negativo, deve condurre elettroni in modo efficiente
- I materiali più comunemente usati per la fabbricazione dell'anodo sono:
 - Nichel + Zirconia stabilizzata con Yttria (Ni-YSZ)
 - Nichel + Ceria drogata Gadolino (Ni-GDC)
- Solitamente si presentano sotto forma di materiali porosi ed aggregati di particelle
 - Degrado ad alte temperature durante un periodo di funzionamento lungo! (Coalescenza, Riduzione proprietà elettriche, Porosità, ...)
- Soluzione: Integrare nuove morfologie nanostrutturate quali i nanofili
 - Alta cristallinità (no coalescenza)
 - Grande superficie di scambio
 - Buona conducibilità elettrica

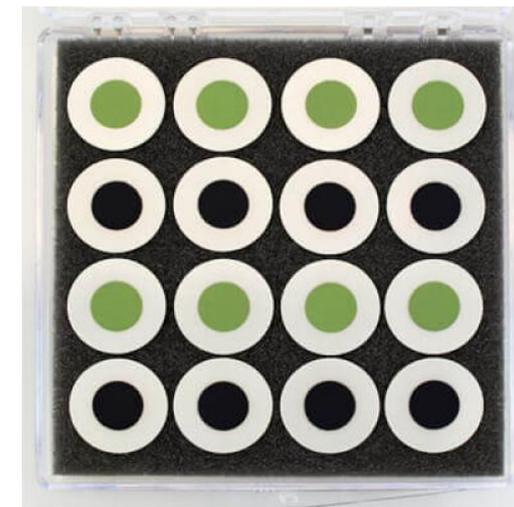
Innovativi Anodi nanostrutturati BIOMASSHUB biometano per una società sostenibile

Esempio di un anodo NiO-GDC fabbricato grazie ad un processo di evaporazione-condensazione in un forno tubolare.



Fabbricazione di una cella di test

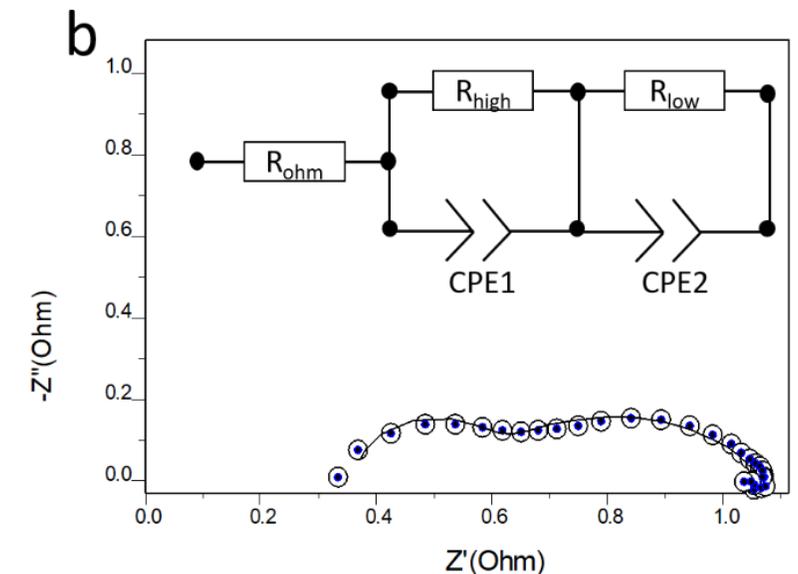
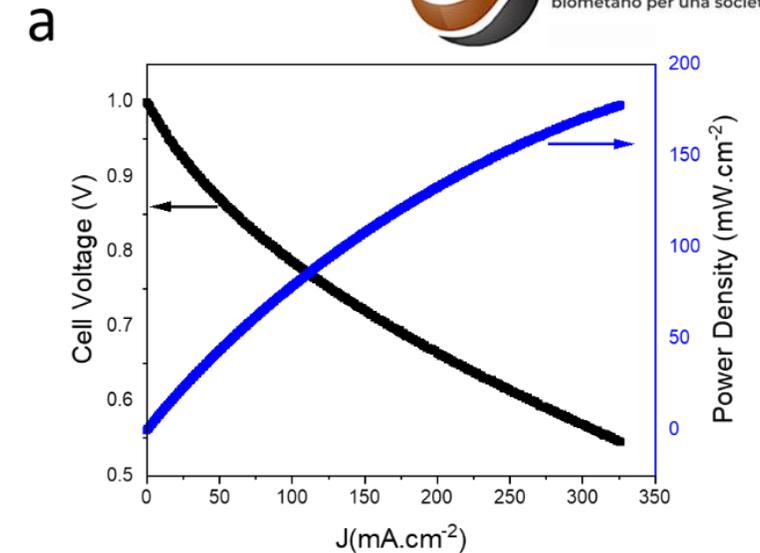
- Per valutare le prestazioni dell'anodo abbiamo fabbricato delle celle di test.
 - Semi-Cella a bottone commerciale con elettrolita Hionic (a base zirconia drogata scandia) e catodo Lantanio-Stronzio-Manganese (LSM), diametro 20 mm e spessore 0,2 mm (fuelcellmaterials).
 - Sintesi di nanofili di NiO-GDC direttamente sulla cella.
 - Nessun trasferimento!
 - Massima adesione meccanica
- I test prestazionali sono stati condotti presso i laboratori di AB Impianti.



Risultati sperimentali

- Sono state ottenute curve corrente-tensione (I-V).
 - Es. a 850°C con alimentazione H₂ 100 sccm e Aria 200 sccm
 - Tensione nominale a circuito aperto simile al valore teorico (~1,1V)
 - Densità di potenza pari a ~180mW/cm²
- Per studiare il comportamento dinamico abbiamo effettuato misurazioni di spettroscopia di impedenza
 - Ricostruzione del circuito equivalente
 - Ottimizzare lo spessore dello strato di nanofili per ridurre le perdite ohmiche

Fit Parameters	Values
R _{ohm} (ohm.cm ²)	0.44
R _{high} (ohm.cm ²)	0.27
R _{low} (ohm.cm ²)	0.58
CPE1	1.3×10 ⁻⁵
CPE2	6.9×10 ⁻³
n1	1
n2	~0.7



Conclusioni e prossimi passi



- Progetto e test di un anodo innovativo basato su nanofili di NiO-GDC per celle a combustibile basate su ossidi solidi (SOFC)
 - Realizzazione di prototipi di SOFC e verifica del funzionamento in presenza di idrogeno.

Attività in corso e future:

- Sperimentazione della cella in presenza di altri combustibili (biogas, biometano prodotti da AB Impianti) a diverse condizioni operative:
 - Biogas
 - Biometano
 - Idrogeno umidificato
- Confronto e benchmark con celle commerciali (*in corso*)
- Ottimizzazione dello spessore/morfologia dei nanofili per ridurre le perdite
- Nanostrutturazione del materiale di catodo
 - Lo stesso approccio si può utilizzare anche per il materiale responsabile dell'interazione con l'ossidante (aria)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA