



76° CONGRESSO NAZIONALE ATI
ROMA 15/17 SETTEMBRE 2021

TRANSIZIONE ECOLOGICA E DIGITALE:
Il ruolo dell'energia



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Ingegneria Civile
e Industriale

GREEN HYDROGEN

Programmi e obiettivi

Il ruolo della ricerca

Paolo Tartarini¹ e Paolo E. Santangelo²

¹ Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"

² Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Indice

RICERCHE ITALIANE FINANZIATE

- Un esempio europeo: FCH JU
- Valutazioni e confronti
- Coinvolgimento degli Atenei e degli Enti di ricerca

ATTIVITÀ DI RICERCA DELLA FISICA TECNICA

- Prospettiva globale sugli argomenti
- Le celle a combustibile
- La produzione di idrogeno

CONCLUSIONI

Ricerca in Europa: FCH JU

Contesto e analisi del periodo 2014 – 2021

Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking è un'associazione di enti pubblici e privati che finanzia attività di ricerca su idrogeno e celle combustibile attraverso i programmi della UE

OBIETTIVO

Valutare le risorse assegnate all'Italia su bandi competitivi all'interno di Horizon 2020

Analisi

- Report con l'importo assegnato ai singoli partner per ogni progetto finanziato nei **bandi dal 2014 al 2020** (Beneficiaries_H2020_09-03-2021.xlsx, disponibile su sito web FCH JU)
- Elaborazione sugli **importi massimi assegnati** dai *Grant Agreement*
- Assegnati **643.9 M€** vs. 696.5 M€ disponibili a bando sulle varie annate

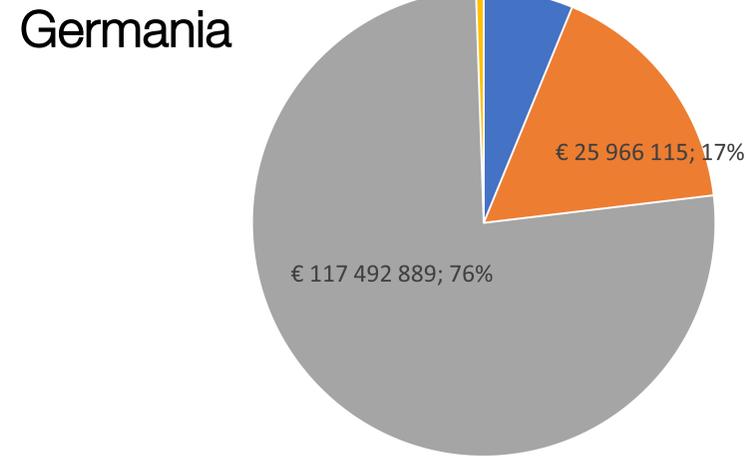
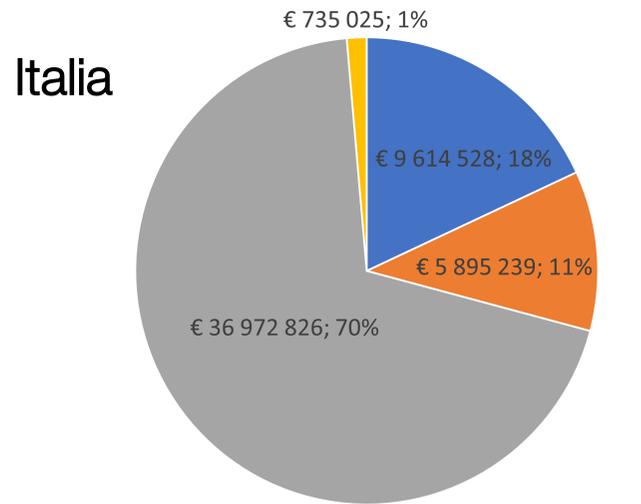
Ricerca in Europa: FCH JU

Prima valutazione ...ispirandosi allo *spread*

	Italia	Germania
Finanziamento (M€)	53.2	153.9
<i>Percentuale sul totale FCH JU</i>	8.3%	23.9%
<i>Percentuale popolazione UE</i>	11.7%	16.2%
Finanziamento alle università (M€)	9.6	9.6
Finanziamento agli enti di ricerca (M€)	5.9	26.0
Finanziamento alle aziende (M€)	37.0	117.5
Partecipazione a progetti	76	105
<i>Percentuale sul totale FCH JU</i>	57%	79%
Coordinamento di progetti	19	18
<i>Percentuale sul totale FCH JU</i>	14%	14%
<i>Progetti coordinati da università</i>	9	3
<i>Progetti coordinati da enti di ricerca</i>	7	10
<i>Progetti coordinati da aziende</i>	3	5

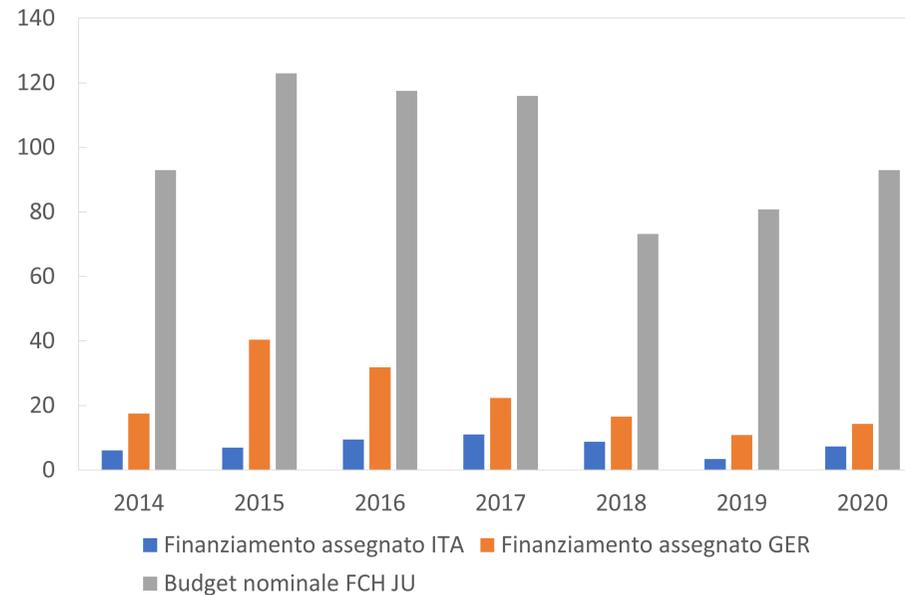
Ricerca in Europa: FCH JU

Distribuzione dei finanziamenti



■ Università ■ Enti di ricerca ■ Aziende ■ Altro

■ Università ■ Enti di ricerca ■ Aziende ■ Altro



Ricerca in Europa: FCH JU

L'Italia in dettaglio: Università

Partecipazione a progetti Coordinamento di progetti Risorse assegnate (€)

Nord

Libera Università di Bolzano	1		18 750
Politecnico di Milano	5	2	1 733 285
Politecnico di Torino	9	3	2 690 020
Università degli Studi di Genova	1		342 000
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	2	1	479 047
Università degli Studi di Padova	1		360 382
Università degli Studi di Torino	1	1	231 800

Centro

Sapienza Università di Roma	2		104 062
Università degli Studi della Tuscia	1		121 250
Università degli Studi Guglielmo Marconi	1		165 000
Università degli Studi di Perugia	2		291 125
Università di Pisa	1		255 625

Sud e isole

Università degli Studi di Napoli Parthenope	2		110 000
Università degli Studi di Salerno	7	2	2 413 430
Università degli Studi del Sannio	1		298 750

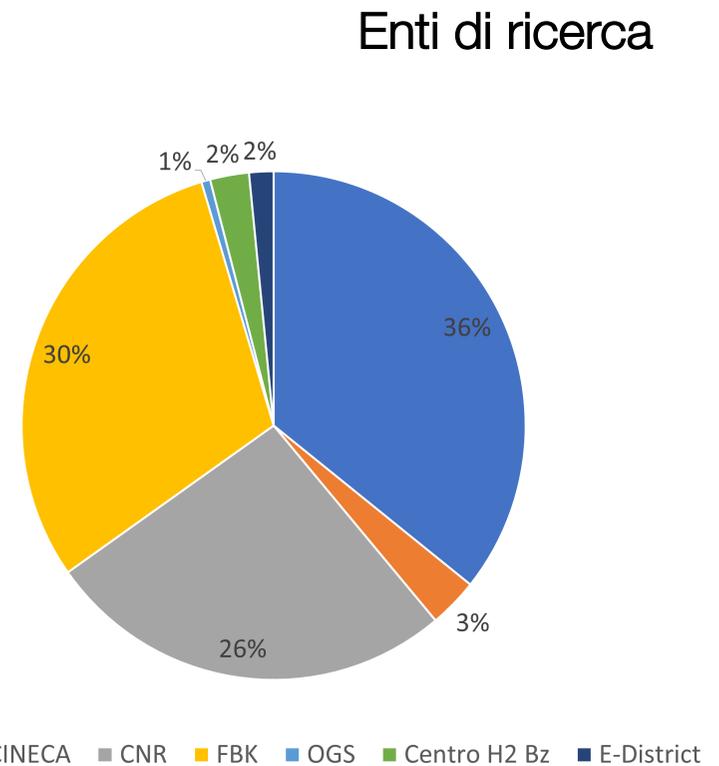
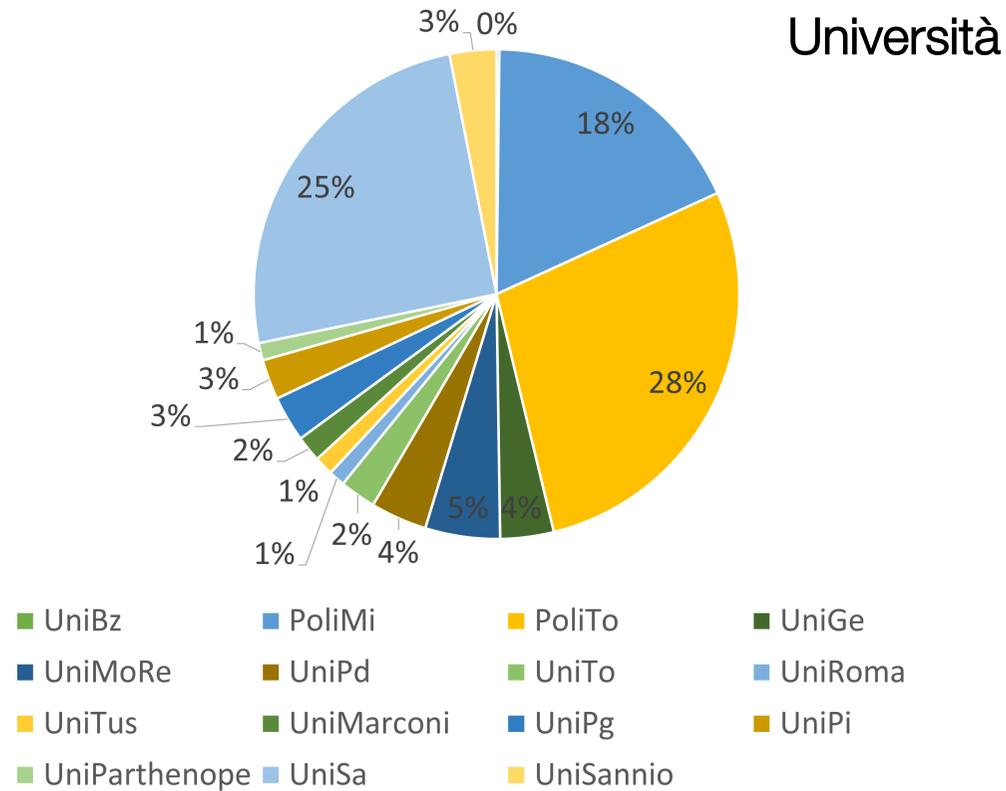
Ricerca in Europa: FCH JU

L'Italia in dettaglio: Enti di ricerca

	Partecipazione a progetti	Coordinamento di progetti	Risorse assegnate (€)
Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile	11	3	2 107 312
Consorzio Interuniversitario CINECA	1		185 625
Consiglio Nazionale delle Ricerche	4	2	1 551 334
Fondazione Bruno Kessler	7	2	1 778 161
Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale	1		33 331
Istituto per Innovazioni Tecnologiche Bolzano	2		147 312
Torino e-district	1		92 163

Ricerca in Europa: FCH JU

Distribuzione nelle istituzioni di ricerca



Non solo FCH JU...

Esempi di progetti di ricerca a vari livelli

A livello europeo

- **FET Open** (e.g., il progetto CleanHME – Clean Energy from Hydrogen-Metal Systems, con INFN, PoliTo e UniSi)
- **LIFE** (e.g., il progetto LIFEalps, con Autostrada del Brennero S.p.A., EURAC e varie società private altoatesine)

A livello nazionale

- **PRIN** (e.g., il progetto HERMES, con UniGe, UniParthenope, UniPg, UniSa e UniTus)
- **IPCEI sull'idrogeno** attraverso il MISE (selezione in corso)

A livello regionale

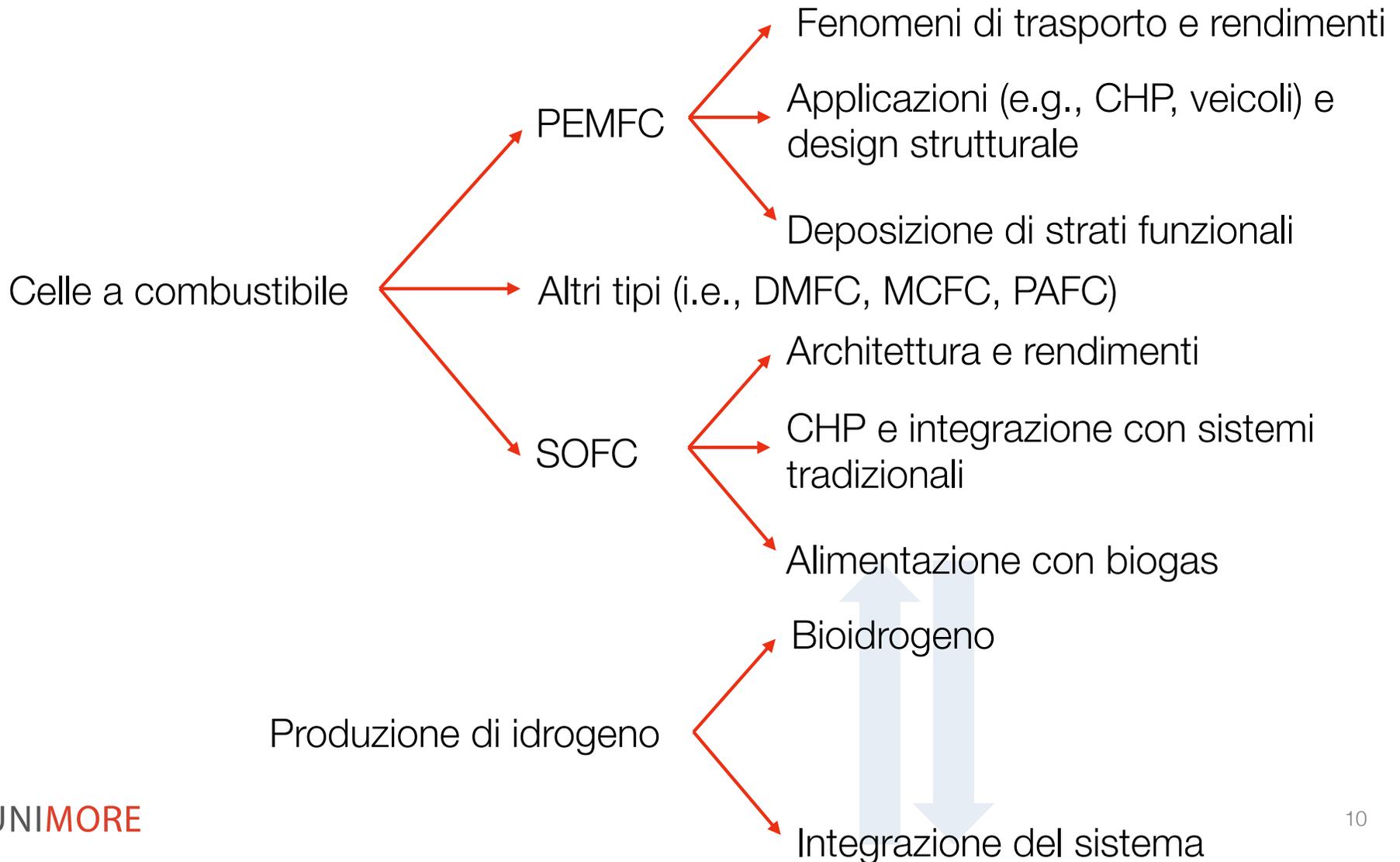
- **POR-FESR** (e.g., il progetto E-CO2, con ENEA, UniBo e Cidea/UniPr)
- **Leggi regionali** (e.g., il progetto LR 14/2014 "Prototipo di sistema di alimentazione e controllo idrogeno allestito su veicolo dimostratore a Fuel Cells", con UniMoRe)

Finanziati direttamente da privati, come il centro interdipartimentale di ricerca sull'idrogeno, in avvio presso UniMoRe

Cosa fa la Fisica Tecnica?

Visione d'insieme sulle attività di ricerca

Parole chiave di largo uso nei progetti e di interesse per l'area: {*PEMFC*, *SOFC*, *CHP*, *biogas*}



PEMFC: Ricerche di base

Fenomeni di trasporto e rendimenti

SETTORE DI RIFERIMENTO

Trazione veicolare (principale), generazione stazionaria

OBIETTIVI INDICATIVI

Densità di potenza $> 0.67 \text{ W cm}^{-2}$, calo delle prestazioni $< 0.25\%$ ogni 1 000 h, vita utile $> 20\ 000$ h (automotive) e $> 30\ 000$ h (applicazioni stazionarie)

STUDI E FENOMENI COINVOLTI

- Trasporto/migrazione dell'acqua prodotta e di specie estranee, strategie di scarico e correlazione con le prestazioni (PoliMi, PoliTo, UniMoRe)
- Modellazione fisica dell'impedenza e del decadimento delle prestazioni, anche per HT-PEMFC (PoliMi)
- Effetti dell'umidità e del coefficiente di adduzione agli elettrodi sulle prestazioni (PoliMi, PoliTo, UniMoRe)
- Distribuzione spaziale di catalizzatore sugli elettrodi correlata al rendimento (PoliMi)

PEMFC: Come farle ...bene

Produzione di strati funzionali

OBIETTIVI DI AMPIO RESPIRO

Ipotizzando una densità di potenza $\geq 0.67 \text{ W cm}^{-2}$, raggiungere una produzione mondiale che garantisca più di 60 GW_{el} per anno dal 2030

OBIETTIVI AGGIUNTIVI

Riduzione nello spreco di Platino, qualità (?) più elevata e maggiore riproducibilità degli strati prodotti (anodo, catodo e membrana)

APPROCCIO

Superare le tecniche di produzione attuale, introducendo tecnologie di stampa/rivestimento in continuo, arrivando all'*additive manufacturing*

STUDI E FENOMENI COINVOLTI

- Tecniche di deposizione liquida: stampa a getto d'inchiostro, stampa 3D (UniMoRe)
- Formulazione degli inchiostri con catalizzatore o ionomero in funzione delle caratteristiche reologiche e delle proprietà termofisiche richieste (PoliMi, UniMoRe)

SOFC: Design e modellazione

Studio dell'architettura e dei fenomeni

SETTORE DI RIFERIMENTO

Generazione stazionaria di grossa taglia

OBIETTIVI INDICATIVI

Calo delle prestazioni $< 0.50\%$ ogni 1 000 h, vita utile $\sim 100\,000$ h (~ 10 anni) con operatività continua

STUDI E FENOMENI COINVOLTI

- Confronto tra strutture integrate planari e strutture tubolari, anche microtubolari in matrice catodica porosa (PoliTo, UniNa)
- Modellazione FEM dei fenomeni di trasporto di massa e di energia (PoliTo, UniNa, UniParthenope)
- Materiali vetroceramici impiegati come giunzioni: capacità di tollerare le sollecitazioni termomeccaniche e compatibilità chimica (PoliTo)
- Diagnostica delle prestazioni *in situ* e analisi *post mortem* (PoliTo)

PEMFC e SOFC: Applicazioni

Automotive, CHP e integrazione di sistemi

PEMFC

Trazione veicolare

- Metodi di valutazione AST (*Accelerated Stress Testing*) per valutare il rendimento transitorio a fronte di cicli di guida, anche in avvio (PoliMi)
- Applicazioni aeronautiche (PoliTo)

Cogenerazione

Cogenerazione di piccola taglia per applicazioni residenziali (~ 1 kW) e integrazione con pompe di calore (PoliTo, UniMoRe)

SOFC

- Integrazione con turbine a gas: design e prestazioni a varie condizioni di carico (PoliTo, UniNa)
- Sistemi poligenerativi con collettori solari per applicazioni industriali e residenziali (PoliTo, UniNa)

A proposito di CHP...

Integrazione di miscele idrogeno/gas naturale con idrogeno da *power-to-gas* nell'ammodernamento energetico di edifici (UniRoma)

Oltre le PEMFC e le SOFC

Studi su DMFC e altri tipi di celle a combustibile

DMFC

Obiettivi

Ridurre il calo delle prestazioni, portando rendimento e densità di potenza a livelli simili a quelli delle PEMFC

Studi e fenomeni considerati

- Flusso indesiderato del metanolo attraverso la membrana e strategie di controllo dello strato diffusivo (PoliMi)
- Impiego di barriere al Palladio e ottimizzazione del flusso di metanolo per limitare il calo delle prestazioni (PoliMi)

ALTRI TIPI DI CELLE A COMBUSTIBILE

- MCFC: sistemi poligenerativi in combinazione con le SOFC (PoliTo), nuovi materiali e architetture per operare a temperature inferiori (UniMarconi, UniPg)
- PAFC: scalabilità e applicazioni (UniFe)
- Celle a combustibile microbiologiche: fenomeni di trasporto (PoliMi)

Bioidrogeno: Come produrlo

Idrogeno a impatto ambientale nullo

OBIETTIVO DI AMPIO RESPIRO

Produzione di bioidrogeno a basso costo (< 3 €/kg), con capacità totale installata ~ 10 GW in Europa entro il 2030

OBIETTIVI AGGIUNTIVI

Riduzione dell'energia impiegata per produrlo da biogas (~ 50 kWh/kg), aumento del rendimento di conversione da pirolisi ($> 55\%$)

STUDI E FENOMENI COINVOLTI

- Produzione tradizionale da pirolisi e gassificazione (UniMoRe, UniPg)
- Modellazione e sperimentazione di fenomeni di gassificazione di vari tipi di biomassa (UniBz, UniMore)
- Produzione di bioidrogeno da processi biologici, quali la fermentazione, la digestione anaerobica e le reazioni di *Water-Gas Shift* bioindotte (UniMoRe)
- Miscele idrogeno/gas naturale: combinazioni con idrogeno prodotto da biomasse e applicazioni CHP (UniRoma)

Biogas e celle a combustibile

Integrazione con le SOFC

VANTAGGI

Possibilità di addurre biogas direttamente all'interno dei sistemi a celle a combustibile ad alta temperatura, che attuano *reforming* interno

OBIETTIVI

Riduzione dell'impatto dei contaminanti (e.g., composti dello Zolfo) presenti nel biogas e dannosi per gli strati di catalizzatore

STUDI E FENOMENI COINVOLTI

- Valutazione della vita utile e termoeconomica di sistemi SOFC alimentati a biogas (PoliTo)
- Integrazione tra gassificatore, SOFC e microturbina a gas con sistemi di filtrazione (UniMoRe)
- Rendimento di conversione in funzione di diverse strategie di *reforming* (PoliTo)
- Sistemi cogenerativi con collettori solari e valutazione delle prestazioni su base annuale (PoliTo)

Conclusioni

- La presenza dell'Italia nel panorama europeo delle ricerche relative all'idrogeno è ampia e distribuita su diversi temi
- Le università coinvolte abbracciano sostanzialmente tutto il territorio nazionale e, con gli enti di ricerca, hanno assunto anche ruoli di *leadership*
- Il coinvolgimento sempre maggiore delle aziende nei progetti è auspicabile per incrementare le risorse
- Diversi gruppi di ricerca nei settori della Fisica Tecnica sono attualmente attivi su argomenti relativi alle celle a combustibile (prevalentemente PEMFC e SOFC) e alla produzione dell'idrogeno (prevalentemente bioidrogeno)
- Il *manufacturing* di celle a combustibile, le applicazioni veicolari o cogenerative di grossa taglia, l'integrazione di biogas con celle a combustibile e il *power-to-gas* applicato alle miscele idrogeno/gas naturale sembrano essere i temi di maggiore interesse per l'area della Fisica Tecnica

Grazie dell'attenzione.

Domande?

Prof. Ing. Paolo Tartarini

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

`paolo.tartarini@unimore.it`