

DESCRIZIONE TECNICA

Le tecnologie basate sulla radiazione solare diretta e indiretta per la produzione delle due principali forme di energia finale (combustibili ed elettricità) sono largamente consolidate a livello di mercato per la produzione elettrica (fotovoltaico, eolico, idroelettrico). La produzione di combustibili su scala industriale rimane invece allo stato embrionale nonostante la domanda di combustibili per il trasporto, il riscaldamento e i processi industriali rappresenti oltre il 70% del consumo energetico finale e quasi il 90% del consumo primario in molti paesi industrializzati, tra cui l'Italia [1].

Si producono combustibili solari convertendo CO_2 e acqua in quella che viene chiamata convenzionalmente raffineria solare (Figura 1). In essa l'energia proveniente dal sole catturata da opportuni sistemi di conversione viene utilizzata per la produzione di combustibili tramite la riduzione diretta della CO_2 oppure la sua parziale attivazione e successiva conversione catalitica (via Fischer-Tropsch, Water gas shift, ecc.) .

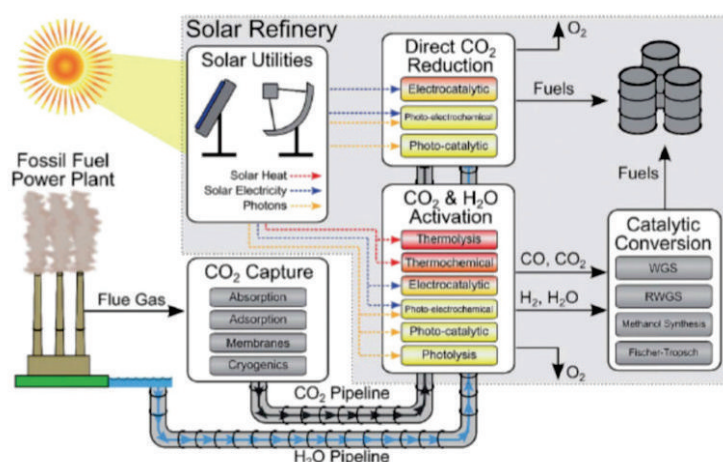


Figura 1 Schema di una raffineria solare (Fonte: Energy Environ Sci. 2015,8,126)

In questo modo non è solo possibile catturare la CO_2 , impedendone il rilascio in atmosfera, ma anche utilizzarla direttamente come materia prima. Analogamente è possibile sfruttare l'energia del sole per produrre idrogeno mediante sistemi che simulino la fotosintesi clorofilliana migliorandone la resa (in natura al 1%). Attualmente l'efficienza di conversione luce/ H_2 in sistemi fotosintetici artificiali modello è dell'ordine del 10%, con dispositivi di pochi cm^2 che hanno una durata di decine di ore. Il principio è ampiamente dimostrato, ma occorre ulteriore ricerca per entrare nella fase di produzione industriale. D'altro canto, la fotoreduzione della CO_2 è ancora più complessa da realizzare e gli studi sono in una fase meno matura. Quest'ultimo processo sarebbe un risultato ancora più importante del primo, poiché permetterebbe di trasformare la CO_2 da una minaccia per la stabilità climatica della biosfera ad una materia prima in grado di sostituire i fossili non solo come carburante ma anche come materia prima per l'industria chimica [2].

STATO DI AVANZAMENTO

Internazionale

Non sono ancora disponibili impianti produttivi a livello internazionale. Tuttavia diversi sono i progetti finanziati sia da ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy) del Dipartimento Energia (DOE) degli Stati Uniti che dalla Comunità Europea per lo sviluppo della tecnologia (soprattutto per la conversione di CO_2 in combustibili e raw chemicals).

Nazionale

Non sono ancora disponibili impianti produttivi a livello nazionale tuttavia diverse sono le attività di ricerca già intraprese su questa tecnologia (sia per la produzione di H_2 solare che per l'utilizzo di CO_2).

TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL)

Tecnologia validata in laboratorio: TRL 4.

RELAZIONE CON LE FONTI ENERGETICHE

Questa tecnologia utilizza esclusivamente, come fonte primaria, energia solare. L'idrogeno prodotto dalla fotosintesi artificiale può essere utilizzato come vettore energetico per la produzione di elettricità (celle a combustibile) o come reattivo in processi chimici (es. Fischer-Tropsch) per la produzione di idrocarburi sintetici, in combinazione con CO a sua volta prodotto con la fotoriduzione della CO₂.

VERSATILITÀ (CAPACITÀ DI IMPATTARE SU PIÙ SETTORI)

I settori più direttamente interessati sono l'industria chimica e quella dei combustibili. La produzione di idrogeno da fonti rinnovabili è il complemento ideale per la filiera della cattura e conversione della CO₂ (CCU-Carbon Capture and Utilisation), per realizzare il mutamento di paradigma nell'industria chimica di base: dalla materie prime esauribili (combustibili fossili → economia lineare) all'utilizzo e al riciclo di prodotti di scarto o praticamente inesauribili tramite l'energia del sole (CO₂, acqua → economia circolare) (Figura 2).

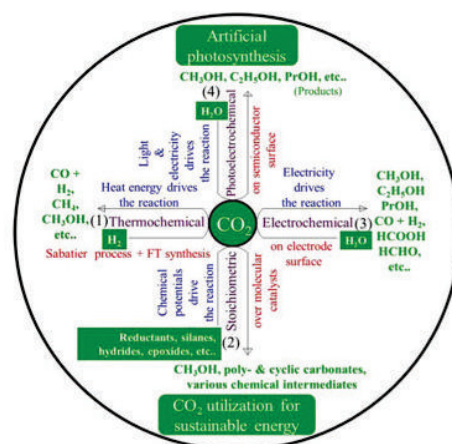


Figura 2 Principali metodi per utilizzi della CO₂ (Fonte: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.019>)

POTENZIALE DI DIFFUSIONE IN AMBITO NAZIONALE

Il potenziale tecnico è enorme data la grande disponibilità di irraggiamento solare in Italia e la presenza di eccellenze industriali in tutti i settori interessati allo sviluppo e di attività industriali che emettono grandi quantità di CO₂ (termoelettrica, chimica, siderurgica, ceramica e vetro). Il territorio non presenta particolari impedimenti ma la CCU ovviamente sarebbe ottimizzata laddove i sistemi di produzione di combustibili solari fossero vicini a grandi impianti emettitori di CO₂. Naturalmente le regioni a maggiore insolazione sarebbero le candidate naturali per ospitare questo tipo di impianti.

IMPATTO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

La sostenibilità ambientale della tecnologia è ai massimi livelli: l'unico rifiuto è il dispositivo stesso a fine vita utile; consumo e non produzione di CO₂; l'acqua è una materia prima del processo stesso, ma i quantitativi necessari non costituiscono rischio competitivo concreto per gli altri impieghi essenziali (residenziale, agricoltura, industria). L'unica potenziale criticità è l'uso di materie prime rare nei catalizzatori o negli elettrodi. Questo aspetto è attualmente in fase di intenso studio.

Emissioni CO₂/MWh

In fase di funzionamento la tecnologia è completamente carbon free. La stima delle emissioni connesse alla fabbricazione dei dispositivi (approccio LCA) è in fase di definizione.

Emissioni CO₂/MWh evitate

La quantità di emissioni evitate deve essere collegata alla quantità di CO₂ che può essere catturata e poi convertita in prodotti chimici e combustibili (chemicals and fuels) senza la necessità di utilizzare ulteriori fonti fossili.

EFFICIENZA, TEMPO DI VITA E RENDIMENTO PREVISTI

I dispositivi fotoelettrochimici più semplici hanno un'efficienza teorica massima del 30%. Facendo un parallelo con la tecnologia fotovoltaica al silicio, si può ragionevolmente stimare che un obiettivo raggiungibile nel prossimo decennio sia un'efficienza del 15%, su superfici dell'ordine dei dm². Sono previsti tempi di vita dei dispositivi dell'ordine di 5-10 anni. L'efficienza di conversione della CO₂ in prodotti utili risente ancora di limiti tecnologici e non può essere al momento stimata. Tuttavia è da valutare come l'utilizzo di tecnologie di cattura (e soprattutto di separazione) della CO₂ da impianto, impatta sull'efficienza dello stesso e di conseguenza sulle emissioni (nel caso di impianti di produzione energetica).

PAYBACK TECNOLOGICO, DI INVESTIMENTO E DI OPERATION AND MAINTENANCE PREVISTO

Non stimabile al livello attuale di sviluppo della tecnologia.

PRINCIPALI OSTACOLI ALLO SVILUPPO

Gli attuali ostacoli sono dovuti alla necessità di studi più approfonditi e alla realizzazione di dimostratori in situazioni reali. Non solo è necessario sviluppare dispositivi sempre più efficienti per la produzione di H₂ ma anche sistemi di separazione (soprattutto ad alta T) che forniscano CO₂ con elevato grado di purezza e sistemi catalitici in grado di convertirla in modo efficiente in combustibili e composti chimici.

POTENZIALITÀ DI SVILUPPO TECNOLOGICO IN AMBITO NAZIONALE E IMPATTO SUL PIL

Non stimabile in modo preciso al livello attuale di sviluppo della tecnologia ma potenzialmente enorme.

POTENZIALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLA TECNOLOGIA

Non stimabile in modo preciso al livello attuale di sviluppo della tecnologia ma potenzialmente enorme.

POSSIBILI RICADUTE PER IL SISTEMA INDUSTRIALE, DEI TRASPORTI, RESIDENZIALE E NEL TERZIARIO

Accumulo dei picchi di produzione elettrica fotovoltaica/eolica a livello di installazioni residenziali/commerciali/ industriali sotto forma di combustibile idrogeno (energia chimica) da utilizzare per produzione elettrica in celle a combustibile e/o per i trasporti.

MAGGIORI ATTORI ITALIANI COINVOLTI

Utilizzo della tecnologia

Attualmente la tecnologia non è ancora utilizzata.

Sviluppo della tecnologia

Attori coinvolti nello sviluppo della filiera:

- Enti di ricerca e università
- Industria chimica (sensibilizzatori, catalizzatori)
- Industria elettronica (semiconduttori, componentistica)
- Industria energetica (idrocarburi, settore elettrico)
- Industria dei gas (H₂, CO₂, CO).

■ ECCELLENZE IN TERRITORIO NAZIONALE

Vari istituti del CNR lavorano nel campo della sintesi di sensibilizzatori e catalizzatori, nella modellizzazione delle strutture più appropriate per i vari componenti, nella caratterizzazione chimica e fotochimica dei materiali, nella messa a punto di dispositivi prototipo con i vari possibili approcci per la produzione di H₂ solare e il riutilizzo della CO₂.

Alcune università tra cui Milano, Bologna, Messina, Padova, Trieste, Torino sono attive nello studio dei solar fuels (produzione di idrogeno solare e riutilizzo CO₂).

■ BEST PRACTICES

Alcuni laboratori in università e centri di ricerca in USA, Giappone, Cina, Corea del Sud, Europa hanno realizzato prototipi avanzati. La ricerca sul water splitting è ad uno stadio più avanzato di quella sulla riduzione della CO₂.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] H.L. Tuller "Solar to Fuels Conversion Technologies" MITEI-WP-2015-03 (2015)
- [2] N. Armaroli, N.; V. Balzani, Chem.-Eur. J. 2016, 22, 32-57
- [3] L. Hammarström, Acc. Chem. Res. 2015, 48, 840-850
- [4] C. R. Cox, J. Z. Lee, D. G. Nocera, T. Buonassisi, Ten P. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 2014, 111, 14057-14061
- [5] F. F. Abdi, L. Han, A. H. M. Smets, et al, Nat. Commun. 2013, 4, 2195
- [6] D. G. Nocera, The Artificial Leaf, Acc. Chem. Res. 2012, 45, 767
- [7] R. E. Blankenship, D. M. Tiede, et al, Science 2011, 332, 805
- [8] N. Armaroli, V. Balzani, Energy for a Sustainable World. From the Oil Age to a Sun Powered Future, Wiley VCH, Weinheim, Germany, 2011
- [9] J. Barber, Photosynthetic Energy Conversion: Natural and Artificial, Chem. Soc. Rev. 2009, 38, 185-196.
- [10] J.A. Herron, J.Kim et al, Energ. Envir. Sci, 2015, 8, 126