

# COME FUNZIONA UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI E-FUEL

*a cura di Innovhub e Politecnico di Milano*

La decarbonizzazione dei combustibili nel settore dei trasporti consente di conseguire una immediata riduzione delle emissioni di gas climalteranti, poiché incide sull'intero parco circolante a livello mondiale a differenza dell'elettrificazione del settore, che necessita invece della riconversione della flotta e della realizzazione delle infrastrutture di distribuzione e ricarica.

La riconversione delle raffinerie, finalizzata alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> proprie degli impianti ed alla produzione di combustibili di origine rinnovabile, è certamente un'operazione complessa ma, probabilmente, meno complessa e costosa rispetto alla riconversione dell'industria automobilistica, aeronautica e navale, da condursi in parallelo ad un sostanziale adeguamento del comparto della produzione, dello stoccaggio, del trasporto e della distribuzione dell'energia elettrica. La riconversione del settore della raffinazione potrebbe risultare inoltre più rapida e controllabile in quanto localizzata in un numero limitato di grandi siti produttivi, già abituati per la loro natura e per la loro storia pregressa ad un costante adattamento all'evolversi del quadro tecnologico e normativo. La trasformazione di raffinerie in bio-raffinerie si è già dimostrata una via percorribile e profittevole, ma il raggiungimento di più ambiziosi obiettivi di decarbonizzazione richiede necessariamente di guardare a nuove tecnologie e nuovi combustibili.

Le possibili soluzioni da adottarsi rientrano principalmente nelle seguenti tre categorie:

Elettrificazione, mediante utilizzo di energia elettrica rinnovabile, delle forniture a

bassa, media e alta temperatura tramite utilizzo di pompe di calore o riscaldatori elettrici, finalizzata ad evitare le emissioni di CO<sub>2</sub> generate all'interno degli impianti di raffinazione dall'utilizzo di combustibili o stream di processo di origine fossile per sopperire alle esigenze termiche degli impianti stessi

Carbon Capture and Storage (CCS) della CO<sub>2</sub> generata dagli impianti di raffinazione  
Carbon Capture and Utilisation (CCU) della CO<sub>2</sub> generata dagli impianti di raffinazione per la produzione di e-fuel mediante l'utilizzo di energia elettrica rinnovabile

Esse possono essere adottate alternativamente, in funzione delle caratteristiche dell'impianto e del sito dove questo opera, per ridurre l'impronta carbonica della produzione di combustibili fossili, che rimangono comunque il principale prodotto della raffineria. Per una più sostanziale decarbonizzazione della produzione è necessario considerare invece la produzione di e-fuel a partire da CO<sub>2</sub> catturata da sorgenti emissive non evitabili (ad esempio dalla produzione della calce), da sorgenti biogeniche (ad esempio dalla produzione di biometano) o direttamente dall'atmosfera.

La disponibilità di idrogeno verde e di un impianto per la produzione di combustibili sintetici rappresentano in ogni caso gli elementi chiave per la potenziale riconversione di una raffineria. Per questa ragione il Progetto E-fuels, coordinato da Innovhub Stazioni Sperimentali per l'Industria e tecnicamente sviluppato dai gruppi GECOS e Energy & Strategy, afferenti entrambi al Politecnico di Milano, ha avuto come principale obiettivo lo studio di fattibilità per la realizzazione di un impianto pilota per la produzione di e-fuel liquidi, in grado di rappresentare una alternativa diretta a benzina, gasolio e jet fuel di origine fossile, tramite il processo Fisher Tropsch (FT).

Due diverse alternative impiantistiche sono state valutate e confrontate:

Nella soluzione e-fuel, il fuel gas di raffineria, viene bruciato per produrre calore utile e successivamente ne viene catturata la CO<sub>2</sub>. Questa viene poi miscelata con idrogeno verde; la miscela viene alimentata alla sezione di sintesi, dove viene

prodotto un generico combustibile e-fuel.

È inoltre possibile sfruttare della CO<sub>2</sub> addizionale derivante dai processi di raffineria, in modo da regolare la composizione del gas entrante la sintesi e/o aumentare la produttività del combustibile e-fuel.

Nella soluzione er-fuel (dove “er” si riferisce a “electrified reforming”), il fuel gas viene alimentato ad una sezione di reforming elettrificato con lo scopo di produrre un syngas ricco di H<sub>2</sub> e CO. Il syngas può essere poi miscelato con CO<sub>2</sub> addizionale derivante dai processi di raffineria. Il syngas viene infine inviato alla sezione di sintesi per la produzione del generico combustibile er-fuel. In questa casistica non è presente la caldaia convenzionale ed è dunque necessario introdurre un boiler elettrico in modo da compensare il mancato calore prodotto in origine dalla combustione del fuel gas.

La sezione di sintesi differisce in parte a seconda della configurazione adottata, in particolare:

Nell'ipotesi e-FT, la CO<sub>2</sub> catturata a valle della combustione del fuel gas è inviata ad un reattore insieme all'idrogeno verde per convertirla in CO. Nella sintesi FT l'idrogeno e il monossido di carbonio reagiscono per produrre idrocarburi di varia lunghezza, che prendono il nome di syncrude. Gli idrocarburi pesanti e in fase liquida alle condizioni operative di sintesi possono essere estratti dal fondo del reattore, mentre la frazione rimanente del syncrude deve essere raffreddata e frazionata ulteriormente per produrre idrocarburi di media lunghezza, idrocarburi leggeri e separare l'acqua generata nella sintesi dagli altri composti. In questo modo è possibile ottenere efficienze del carbonio (carbon efficiency CE) prossime all'unità. Il calore necessario a sostenere il reattore deriva da riscaldamento elettrico.

Nell'ipotesi er-FT, il fuel gas viene compresso e inviato ad un reattore di pre-reforming insieme a vapore acqueo e CO<sub>2</sub> addizionale derivante da processi di raffineria, per convertire in metano tutti gli idrocarburi presenti; quindi il syngas viene inviato ad un reattore di Steam Methane Reforming (SMR) elettrificato, per

convertire il metano in H<sub>2</sub> e CO. A seguito del raffreddamento e della rimozione dell'acqua condensata, il syngas entra in una sezione di lavaggio in modo da rimuoverne la CO<sub>2</sub> non convertita, che viene separata e ricircolata al reformer. Il syngas entra poi nel reattore FT da cui viene prodotto il syncrude, che viene quindi frazionato come nell'impianto e-FT.

Dai bilanci energetici condotti risulta che gli impianti er-fuel sono sempre caratterizzati da rendimenti energetici superiori rispetto alle controparti e-fuel, in quanto questi ultimi sono penalizzati dall'elevato consumo elettrico dell'elettrolizzatore e dalle sue perdite. La carbon efficiency (CE) risulta elevata e di circa il 90% in tutti gli impianti. Gli impianti er-fuel ottengono CE leggermente inferiori a causa del metano non convertito nel processo di reforming, che si comporta da inerte nell'unità di sintesi.

Su queste basi è possibile immaginare il percorso che una raffineria potrebbe intraprendere verso una progressiva decarbonizzazione:

Realizzazione di un impianto per la produzione di er-fuel mediante FT, così da ridurre immediatamente le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> incrementando al contempo la produzione e riducendo la propria impronta carbonica nel caso di utilizzo di energia rinnovabile, non necessariamente prodotta sul posto

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante l'adozione di elettrolizzatori di nuova generazione ad alta efficienza e inizio della transizione alla produzione parziale di e-fuel

Progressivo incremento della produzione di e-fuel mediante l'acquisizione di CO<sub>2</sub> di diversa provenienza (altri impianti industriali, atmosfera)

Un simile percorso può ovviamente risultare più o meno fattibile e costoso in funzione di una innumerevole serie di fattori che incidono in misura variabile sul bilancio finale. D'altro canto, molte sono anche le possibili soluzioni tecnologiche, processistiche e impiantistiche adottabili, che possono rendere percorribili strade alternative, ma tutte finalizzate al medesimo obiettivo di decarbonizzazione del settore della raffinazione e, con esso, fornire un significativo contributo alla

decarbonizzazione dell'intero comparto trasporti a livello globale.

*Autori:*

*Simone Casadei,*

*Davide Faedo, Angelo Lunghi*

*e Gabriele Migliavacca*

*(Innovhub Stazioni*

*Sperimentali Per L'industria)*

*Federico D'amore,*

*Matteo Carmelo Romano*

*(Dipartimento Di Energia,*

*Politecnico Di Milano)*

*Davide Perego*

*(Energy & Strategy,*

*Politecnico Di Milano)*



