



**Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza**  
Società consortile partecipata dal Politecnico di Milano

per

**AITEC**

Associazione Italiana Tecnico Economica del Cemento

**Riciclo Chimico dei rifiuti  
e industria del cemento**

*Rapporto finale*

**Ingg. M. G. Botti, A. Conversano, D. Di Bona, M. Rossi, F. Viganò**

**Responsabile scientifico**

**Prof. Stefano Consonni**

*Ordinario di Sistemi per l'Energia e l'Ambiente  
Dipartimento di Energia - Politecnico di Milano*

**Piacenza**

**25 maggio 2022**

## EXECUTIVE SUMMARY

Nella ricerca di modalità sostenibili per la gestione dei rifiuti, il più possibile conformi allo spirito della “circularità” che ispira buona parte delle recenti direttive nazionali ed europee, il concetto di “Riciclo Chimico” (in seguito indicato anche come *Waste-to-Chemicals* – WtC) sta incontrando crescente interesse a livello istituzionale e presso associazioni di categoria. Nella fattispecie, la promozione e diffusione del riciclo chimico come tecnologia abilitante rientra tra i temi oggetto di riflessione per la definizione di una “Strategia per la Plastica”.

L’aspettativa è quella di realizzare con il riciclo chimico un percorso che, sul piano industriale, contribuisca a estrarre dai rifiuti in plastica il massimo in termini di utilizzo circolare delle risorse, riducendo al tempo stesso l’impatto ambientale.

D’altro canto, il riciclo chimico è potenzialmente applicabile a rifiuti plastici non riciclabili meccanicamente, che oggi sono utilizzati, congiuntamente ad altre tipologie di rifiuti, per produrre Combustibile Solido Secondario (CSS) impiegato nell’industria del cemento in sostituzione di combustibili fossili. **La co-combustione di CSS rappresenta un efficace strumento di decarbonizzazione dell’industria del cemento**, già ampiamente adottato in Italia e con ulteriore potenzialità d’espansione, come mostrano le consuetudini operative di altri Paesi.

Alla luce delle numerose iniziative di sviluppo attualmente in atto, la verifica della praticabilità industriale delle tecnologie di riciclo chimico si concluderà verosimilmente nel breve periodo. La verifica della validità energetico-ambientale o, in altre parole, della sostenibilità della strategia di riciclo chimico dei rifiuti plastici può essere preliminarmente condotta già ora, sulla base delle informazioni allo stato reperibili circa le tecnologie potenzialmente già disponibili o in fase di sviluppo. Tale verifica deve essere condotta confrontando i potenziali benefici derivanti dall’applicazione di queste tecnologie di riciclo chimico con i benefici che sono già attualmente generati dall’impiego degli stessi rifiuti plastici nella produzione di CSS per co-combustione in cemeniteria. Il confronto, mostrato graficamente in Figura I, deve adottare, cioè, un approccio di tipo LCA (*Life Cycle Assessment*), dove a parità di effetti utili prodotti (cemento da un lato e prodotto chimico dall’altro), si valutano i consumi di risorse e gli impatti ambientali associati a due opzioni di impiego dei rifiuti plastici:

- nella prima opzione, rappresentativa della situazione attuale, i rifiuti plastici sono impiegati per la produzione di CSS che, utilizzato in co-combustione in cemeniteria, evita parte del consumo di combustibile fossile convenzionale (petcoke) – al contempo, i prodotti chimici sono ottenuti per via convenzionale da fonti fossili;
- nella seconda opzione, tesa a rappresentare una possibile affermazione futura delle tecnologie di riciclo chimico, queste ultime sono impiegate per ottenere la stessa quantità di prodotti chimici della prima opzione partendo dai medesimi rifiuti plastici, mentre la stessa produzione di cemento è generata utilizzando solo combustibile fossile convenzionale.

Pertanto, accanto agli effetti diretti (consumo di risorse e impatto ambientale) prodotti dalla combinazione di tecnologie considerate in ognuna delle due opzioni, devono essere considerati anche gli effetti indiretti (come il consumo di elettricità dei processi WtC e gli impatti ambientali associati alla sua produzione), così come gli effetti evitati (per esempio quelli associati al minor consumo di petrolio in raffineria conseguente a minori quantitativi di petcoke consumati).

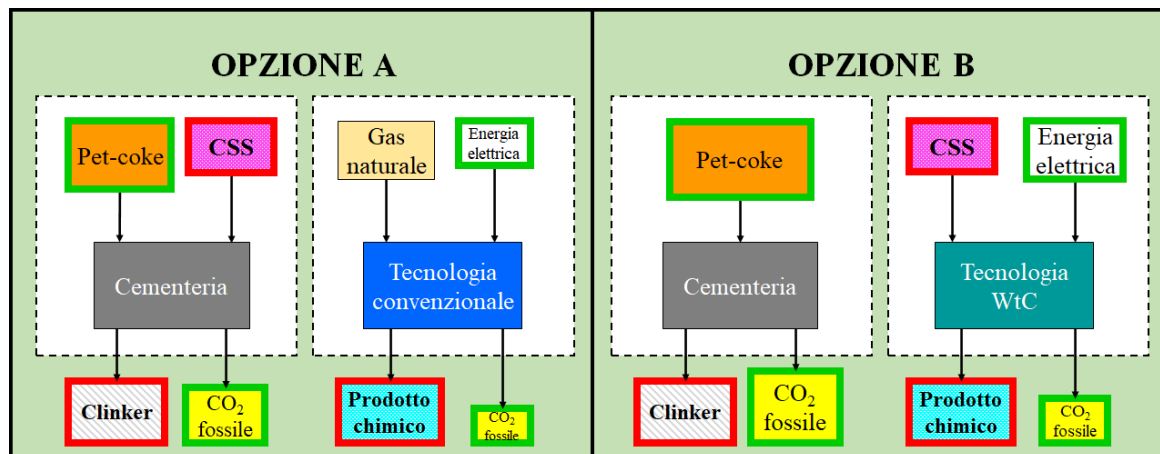


Figura I – Quadro riassuntivo dell’approccio LCA. Contorno rosso = quantità che rimane costante per entrambe le opzioni – contorno verde = quantità variabile tra le opzioni A e B con dimensione del riquadro rappresentativa del quantitativo.

Il presente studio parte da una rassegna delle tecnologie di riciclo chimico commercialmente disponibili, riassumendo le informazioni che è stato possibile reperire, con la finalità di definire per ogni tecnologia i principali aspetti di forza e di debolezza. Sulla base delle informazioni raccolte e dell’esperienza degli autori nei settori della gestione rifiuti e delle tecnologie di conversione termochimica, sono stati definiti alcuni criteri di valutazione delle principali caratteristiche delle tecnologie recensite, assegnando a ognuna di esse un giudizio qualitativo nella forma di punteggio. Sono state considerate caratteristiche quali il numero di realizzazioni, la taglia di tali realizzazioni, la necessità di particolari reagenti, la produzione di residui, etc. Con il medesimo spirito, è stato assegnato a ogni criterio un peso, in modo da ottenere, sommando i vari giudizi così pesati, una graduatoria, che ha portato a selezionare le due tecnologie “più promettenti” per sottoporle a ulteriori approfondimenti.

La rassegna delle tecnologie e la successiva valutazione qualitativa hanno mostrato che **le tecnologie di riciclo chimico allo stato commercialmente disponibili sono poche e basate su processi di gassificazione**. Sono tecnologie poco diffuse nonostante in alcuni casi sia stata dimostrata l’effettiva funzionalità del processo a scala industriale. Le informazioni disponibili sono incomplete e l’interlocuzione con gli sviluppatori o i detentori del *know-how* tecnologico, quando possibile, porta spesso a reticenze giustificate con la protezione di segreti industriali. Nessuna di queste tecnologie dimostra di essere un successo commerciale.

Per le due tecnologie selezionate è stata effettuata la valutazione di sostenibilità ispirata ai principi LCA sopra descritta, dalla quale è emerso che **è più sostenibile utilizzare i rifiuti plastici (attraverso la produzione di CSS) in cementeria piuttosto che in tali processi di riciclo chimico**.

Svariate **altre tecnologie di riciclo chimico basate**, in questo caso, **su pirolisi sono in fase di sviluppo** da parte di vari soggetti industriali. Si tratta di tecnologie per la quali sono stati realizzati impianti pilota o dimostratori con capacità di trattamento teorica di alcune migliaia di tonnellate di rifiuti all’anno. La maggior parte di questi soggetti proponenti ha pianificato e, in alcuni casi, anche contrattualizzato la realizzazione di impianti a scala industriale che, tuttavia, allo stato non risultano ancora essere in fase di costruzione.

Gli approfondimenti effettuati sulle due tecnologie commerciali di riciclo chimico hanno evidenziato un forte legame tra le prestazioni conseguibili e le caratteristiche del rifiuto trattato, suggerendo l'applicabilità preferenziale di tali tecnologie a rifiuti caratterizzati da elevato contenuto energetico, ben superiore a quanto mediamente riscontrato per il CSS utilizzato in cementeria.

Questa situazione risulta ancor più esacerbata nel caso delle tecnologie di riciclo chimico basate su pirolisi, che appaiono adatte a trattare solo rifiuti particolarmente "pregiati", ossia caratterizzati da elevato contenuto energetico / di carbonio.

**L'applicabilità delle tecnologie di riciclo chimico appare, pertanto, tendenzialmente limitata a rifiuti con considerevole contenuto di plastica**, anche superiore a quanto si riscontra nel plasmix prodotto dalla selezione dei rifiuti plastici da raccolta differenziata.

**Tali tipologie di rifiuti plastici concorrono alla produzione di Combustibile Solido Secondario (CSS) per la co-combustione in cementeria.** Si tratta delle frazioni più "pregiate" di rifiuto attualmente utilizzate allo scopo di stabilizzare le caratteristiche del CSS, consentendone così l'impiego in cementeria. Oltre a tali frazioni, il CSS per cementeria assorbe soprattutto significativi quantitativi di rifiuti di minor potere calorifico, come il Rifiuto Solido Urbano (RSU) indifferenziato. La disponibilità di rifiuti plastici per incrementare i livelli qualitativi di rifiuti meno "pregiati" è pertanto cruciale per l'uso del CSS in cementeria, per massimizzarne l'impiego complessivo ed evitare il ricorso alla discarica; tali frazioni, infatti, allo stato attuale delle tecnologie impiegate, non potrebbero essere impiegate nei processi di riciclo chimico.

**Mentre il riciclo chimico basato su gassificazione si rivela meno sostenibile dell'impiego dei rifiuti nella produzione di cemento, le tecnologie basate su pirolisi**, attualmente in fase di sviluppo, **conseguono livelli di sostenibilità comparabili a quelli della produzione di CSS per co-combustione in cementeria.**

Si rileva, tuttavia, che mentre la co-combustione di CSS in cementeria è una pratica consolidata, di dimostrata efficacia, caratterizzata da assenza di scarti e con ulteriori margini di espansione (come dimostrano le consuetudini operative di altri Paesi), le tecnologie di riciclo chimico in via di sviluppo non sono ancora dimostrate a livello industriale; non è scontato che tale dimostrazione sia raggiunta e, in caso positivo, richiederanno comunque ulteriori significativi sforzi tecnici ed economici per raggiungere la maturità commerciale. Inoltre, **non appaiono idonee ad assorbire tutte le tipologie di rifiuti che attualmente confluiscono nella produzione di CSS per cementeria.** Sottraendo, piuttosto, solo le tipologie più "pregiate" di rifiuti alla produzione di CSS, potrebbero limitare la possibilità d'impiego di tale combustibile nell'industria del cemento, compromettendo l'assorbimento di altre frazioni (come l'RSU indifferenziato) di rifiuti che attualmente trovano nella produzione di CSS per cementeria un'efficace e sostenibile modalità di gestione. In questo scenario, tali frazioni potrebbero solamente essere destinate al conferimento in discarica, alla termovalorizzazione o all'export.

Infine, si è rilevato che **eventuali sinergie tra i processi di riciclo chimico e di produzione del cemento** potrebbero teoricamente e unicamente basarsi sull'impiego dei residui solidi a volte prodotti dai primi e che potrebbero presentare caratteristiche tali da renderli compatibili con l'uso in cementeria come combustibile alternativo. Si tratta, tuttavia, di potenzialità da verificare e che, in ogni caso, anche nell'ipotesi di una futura ampia diffusione dei processi di riciclo chimico, **sarebbe poco significativa per il settore del cemento.**