

Cemento e calcestruzzo: il contributo alla sostenibilità e alla decarbonizzazione delle costruzioni

Roberto Cucitore¹

¹ *Italcementi S.p.A.*

Vi è altresì un tipo di polvere che per natura procura risultati ammirevoli. Si forma nella regione di Baia, nei campi di municipi che si trovano intorno al monte Vesuvio. Esso mescolato a calce e pietrame non solo assicura solidità agli altri impianti, ma anche i moli quando sono costruiti in mare si solidificano sotto acqua. E sembra che ciò accada (...)¹.

In poche righe Vitruvio descrive il calcestruzzo così come veniva concepito e realizzato dagli antichi romani. Qual è il senso e soprattutto il valore di questa citazione? Direi quello di invitarci ad una riflessione su una particolare declinazione del concetto di sostenibilità che troppo spesso viene sottovalutato se non dimenticato: la durabilità delle opere nel tempo.

Costruire un'opera avendo cura di minimizzarne l'impatto ambientale nel suo intero ciclo di vita è la buona prassi che si va affermando; pertanto, appare evidente che quanto maggiore è la durata del ciclo di vita dell'opera, tanto minore sarà il suo impatto sull'ambiente; infatti, sarà minore il numero di volte in cui questa opera dovrà essere ricostruita nei secoli.

Se è vero, quindi, che la sostenibilità deve avere basi solide, è altrettanto vero che deve essere a portata di mano. Il valore di un'opera si misura anche dalla disponibilità locale dei materiali utilizzati per realizzarla, da una filiera corta e radicata sul territorio. Anche da questo punto di vista il calcestruzzo è un materiale che centra in pieno l'obiettivo.

Dal punto di vista dell'impatto ambientale del calcestruzzo, non vi è dubbio che il cemento rappresenti un elemento determinante. Vediamo allora quali sono le fasi di produzione del cemento, per poter svolgere alcune riflessioni sulle possibili azioni di mitigazione dei relativi impatti ambientali.

La produzione del cemento ha avvio con l'estrazione di calcare e argilla o marna. Questi materiali, insieme ad alcuni correttivi minori quali, ad esempio, ossidi di ferro, vengono finemente macinati per ottenere una farina. Successivamente la farina è alimentata in un forno rotante alla temperatura di circa 1450 °C per ottenere il prodotto semilavorato denominato clinker. Infine, il clinker è

¹ Vitruvio, *De architectura*, II, 6, 1 - 15 a.c

macinato insieme a gesso e ad altri costituenti quali, ad esempio, calcare, pozzolana o loppa di altoforno per ottenere il cemento.

La componente che rappresenta la maggior parte delle emissioni di CO₂ nella produzione del cemento, circa l'80% del Global Warming Potential (GWP)², è costituita dalle Emissioni Dirette, ossia la somma delle emissioni dovute al processo di combustione nel forno e delle emissioni dovute al processo cosiddetto di decarbonatazione (o calcinazione). La combustione pesa per circa 1/3 delle emissioni dirette, mentre la decarbonatazione ne rappresenta all'incirca i restanti 2/3.

La riduzione delle emissioni di CO₂ da combustione si può perseguire mediante l'utilizzo di combustibili alternativi. Su questo fronte l'industria è spesso limitata dalla mancata concessione delle necessarie autorizzazioni, determinando così un forte disallineamento dell'Italia rispetto alla media dei paesi europei. Il tasso di sostituzione calorica con combustibili alternativi, per la produzione del clinker, è stato nel 2021 per l'Italia pari al 22,0%³ contro una media EU27 (dati per l'anno 2020) del 52,2%. Tra i paesi EU27, ad esempio, l'Austria, spesso assunta a modello di gestione delle politiche ambientali, ha registrato un tasso di sostituzione calorica con combustibili alternativi del 70,8%, più del triplo del tasso di sostituzione registrato in Italia.

Le emissioni da decarbonatazione sono invece costituite dalle emissioni durante la cottura associate alla trasformazione del carbonato di calcio CaCO₃ (calcare) in ossido di calcio CaO necessario per le reazioni di formazione del clinker. La riduzione di queste emissioni può passare attraverso l'utilizzo di materie prime derivanti da altri processi industriali e che sono apportatori di CaO già decarbonatata, cioè già priva della molecola di CO₂. Un altro metodo, certamente più efficace, per la riduzione delle emissioni di CO₂ da decarbonatazione è quello della cattura della CO₂ emessa. Ci sono diverse tecnologie che consentono di separare la CO₂ per ottenere un certo grado di purezza e poterla quindi catturare e mettere a deposito oppure riutilizzarla in altri processi. Si parla rispettivamente di CCS (Carbon Capture and Storage) oppure di CCUS (Carbon Capture Usage and Storage). Le tecnologie utilizzabili sono molteplici e l'industria del cemento sta sviluppando importanti investimenti. Tra questi in Europa, si segnala il sito produttivo di Brevik⁴ in Norvegia per il quale è previsto l'avvio nel 2024 del primo impianto industriale con una capacità di cattura del 50% della CO₂ prodotta.

Quanto fin qui esposto si riferisce alle azioni dell'industria di produzione del cemento per rendere disponibili i cementi necessari al mercato, riducendo le emissioni ad essi associati. Questo, tuttavia, è solo un tassello dell'intera strategia che è richiesta alla filiera delle costruzioni per la riduzione dell'impronta carbonica. In questa più ampia strategia giocano un ruolo determinante gli

² Valore delle emissioni di CO₂ determinato con EPD sul perimetro dalla culla al cancello (cradle-to-gate) e composto da Upstream, Emissioni Dirette, Emissioni Indirette.

³ Federbeton – Rapporto di sostenibilità 2021

https://www.federbeton.it/Portals/0/pubdoc/pubblicazioni/Rapporti/Rapporto_di_Sostenibilit%C3%A0_Federbeton_2021.pdf?ver=2022-10-10-123207-383

⁴ <https://www.brevikccs.com/en>

utilizzatori a valle del cemento, nel momento in cui accettassero di esplorare tutte le opzioni disponibili.

Proviamo a rendere concrete queste considerazioni mediante un esempio.

Il cemento più utilizzato in Italia è il cemento tipo II/A-L (oppure, in modo equivalente ai nostri scopi, II/A-LL) che rappresenta all'incirca il 50% dell'intera produzione nazionale⁵. L'analisi dei dati di produzione nazionale consente inoltre di affermare che la quasi totalità di questo cemento è prodotto in classe di resistenza 42.5 R. Possiamo quindi ritenere il CEM II/A-LL 42.5 R come il cemento più diffuso per la produzione di calcestruzzo in Italia. Se consideriamo ora un comune calcestruzzo in classe di resistenza Rck30, prodotto con il cemento CEM II/A-LL 42.5 R, possiamo a titolo esemplificativo stimare un valore di GWP pari a 280 kg/m³.

In Italia, tuttavia, sono disponibili sul mercato anche altri tipi di cemento e tra questi il cemento alla loppa di normale reperibilità denominato CEM III/A 42.5 N. La produzione con questo cemento di un comune calcestruzzo in classe di resistenza Rck30 porta ad un valore di GWP pari a 220 kg/m³, vale a dire una riduzione di CO₂ di oltre il 20%. Questo è un esempio del contributo che una singola scelta in fase progettuale può apportare alla decarbonizzazione della filiera.

C'è da chiedersi se è tutto così semplice come appare. In realtà una scelta di questo genere introduce delle variabili sul piano tecnico perché i cementi alla loppa di tipo CEM III, avendo un contenuto di clinker inferiore ai cementi di classe CEM II, sono caratterizzati da un più lento sviluppo delle resistenze iniziali. D'altra parte, presentano altri vantaggi quali un minore sviluppo di calore di idratazione o migliori caratteristiche di resistenza ad ambienti chimicamente aggressivi.

L'esempio considerato non rappresenta una scelta tra due alternative del tutto equivalenti, ma una scelta tra due alternative percorribili nel momento in cui si considerasse la possibilità di modificare le tradizioni d'uso.

Da un punto di vista più generale, questo esempio si inquadra nel tema della modifica del portfolio cementi per conseguire una riduzione del contenuto di clinker medio e abbattere il valore delle emissioni di CO₂ a parità di volume di calcestruzzo prodotto; numerosi sono i fronti aperti su questo tema.

Uno tra questi è il fronte normativo che ha visto la recente pubblicazione di una nuova norma, la EN 197-5, che introduce nuovi tipi di cemento a più basso contenuto di clinker. Questa norma non è armonizzata, non prevede quindi la possibilità di una marcatura CE. Per questa ragione la commercializzazione e l'uso di questi cementi in Italia passa attraverso il rilascio di un Certificato

⁵ Federbeton – Rapporto di filiera 2022

<https://www.federbeton.it/LinkClick.aspx?fileticket=EpmWJwg2mqo%3d&tabid=41&portalid=0&mid=898&forcedownload=true>

di Valutazione Tecnica (CVT) da parte del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici, in conformità alle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Un altro fronte è quello della innovazione, sul quale l'industria si sta spendendo per supportare l'utilizzo di cementi a basso contenuto di clinker anche al di fuori del solco della tradizione. In questo caso, riprendendo l'esempio del CEM III descritto prima, vengono proposte soluzioni per colmare il deficit di sviluppo iniziale delle resistenze, quando questo sia effettivamente rilevante. Tra le azioni di evoluzione del portfolio cementi in uso si devono anche annotare proposte per rimuovere il vincolo dei 28 giorni come scadenza di verifica della conformità del calcestruzzo e applicare scadenze più lunghe quando le esigenze progettuali e di cantiere rendono questa scelta ammissibile. Anche in questo caso il rischio da evitare è quello di continuare ad applicare la scadenza dei 28 giorni per ragioni esclusivamente legate alla tradizione.

Abbiamo detto che la sostenibilità non riguarda solo le emissioni di CO₂, ci sono ulteriori aspetti che ad essa contribuiscono e tra questi la circolarità gioca un ruolo rilevante. Ciò che appare interessante è che molte delle azioni che hanno un impatto positivo sulla riduzione delle emissioni di CO₂, hanno anche un benefico risvolto in termini di circolarità: l'utilizzo dei combustibili alternativi, l'impiego di materiali da altri processi industriali per la produzione del clinker, l'utilizzo di cemento a più basso contenuto di clinker grazie a materiali quali la loppa sono esempi in questo senso.

Sul fronte normativo, è stata recentemente pubblicata la norma EN 197-6 che introduce la possibilità di produrre cementi in cui si possono impiegare come costituenti principali i fini da aggregato riciclato. Questi costituenti sono indicati con la lettera F e danno origine a nuovi tipi di cemento con caratteristiche migliorate in termini di circolarità. Anche in questo caso si tratta di una norma non armonizzata e che prevede quindi il rilascio di un Certificato di Valutazione Tecnica (CVT) al pari della norma EN 197-5.

Si comprende, quindi, la rilevanza dei numerosi attori della filiera nel processo di riduzione dell'impatto di CO₂. In questo ambito, tuttavia, l'uomo trova un alleato in un processo naturale che riduce le emissioni di CO₂ sulla filiera: la carbonatazione del calcestruzzo. Il processo viene attivato dall'idrossido di calcio (Ca(OH)₂) presente nella massa del calcestruzzo e formato dalla idratazione del cemento. L'idrossido di calcio reagisce naturalmente con la CO₂ presente nell'aria per formare carbonato di calcio (CaCO₃) e acqua. In pratica, la reazione di decarbonatazione che avviene all'interno del forno per la produzione del clinker (passaggio da carbonato di calcio ad ossido di calcio), si ripete in direzione inversa nel calcestruzzo (passaggio da idrossido di calcio a carbonato di calcio) e una quota di CO₂ viene permanentemente legata nella massa del calcestruzzo; per questo motivo si identifica sempre più spesso questo fenomeno con il nome di ricarbonatazione. La quantificazione della CO₂ che partecipa al processo di ricarbonatazione è un esercizio complesso poiché è necessario considerare molteplici fattori quali, ad esempio, la porosità del calcestruzzo prodotto, la geometria degli elementi in calcestruzzo (rapporto superficie/volume), la loro esposizione e la presenza o meno di trattamenti superficiali. In

aggiunta, in un'ottica di ciclo di vita, deve essere considerato anche il processo di demolizione con conseguente aumento della superficie esposta e quindi di ricarbonatazione del calcestruzzo stesso.

L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) dell'ONU ha riconosciuto il processo naturale di ricarbonatazione come un fenomeno attivo nella rimozione di CO₂ dall'aria. Per quanto riguarda la quantificazione della CO₂ legata, si può fare riferimento alle valutazioni dell'istituto svedese IVL (Swedish Environmental Research Institute) che prudenzialmente stima la ricarbonatazione pari al 23%⁶ delle emissioni di CO₂ per decarbonatazione durante la produzione di clinker (20% durante la vita di esercizio e 3% durante la successiva fase end-of-life).

In conclusione, appare chiaro che la sfida della sostenibilità si può vincere solo insieme, come filiera, massimizzando sia i benefici degli investimenti dell'industria che quelli di una robusta evoluzione culturale in tema normativo e di progettazione del calcestruzzo.

⁶ www.ivl.se/projektwebbar/co2-concrete-uptake/calculation/calculation-of-co2-uptake.html