



Le strade in calcestruzzo sono realizzate con materie prime locali, hanno una lunga vita utile e sono riciclabili al 100%



Concrete pavement recycling – motorway E17, De Pinte, Belgium, 2011 © L. Rens / FEBELCEM

Il calcestruzzo viene prodotto con **materie prime locali** ed è **riciclabile al 100%**. Alla fine della vita utile, il calcestruzzo può essere frantumato, ottenendo così aggregati – sabbia e ghiaia – da utilizzare per la produzione di nuovo calcestruzzo oppure per altre applicazioni legate a cemento e non come, ad esempio, i sottofondi stradali. In tutti i casi, si favorisce il **risparmio delle risorse naturali**.

Le miscele di calcestruzzo usate nelle costruzioni stradali possono essere realizzate con **cementi low-carbon** prodotti tramite l'utilizzo di materie di sostituzione (ceneri volanti, loppa) recuperate da altri settori industriali, garantendo comunque **pari prestazioni**

La demolizione selettiva e il riciclo consentono di separare gli **aggregati ottenuti da calcestruzzo riciclato di alta qualità**, provenienti, ad esempio, da pavimentazioni stradali, dagli aggregati provenienti da riciclo ordinari (es. provenienti da fondazioni ed edifici).

Gli aggregati da riciclo di alta qualità possono essere **riutilizzati per produrre calcestruzzo per nuove pavimentazioni stradali, altre infrastrutture o edifici**. Grazie all'attività di ricerca e ai progressi in campo tecnologico, il numero di applicazioni è in costante aumento, per pavimentazioni stradali, come pure per cordoli, cunette e barriere di sicurezza.

Gli aggregati da riciclo di livello qualitativo standard trovano impiego per lo più nella realizzazione di **strati di base ad alte prestazioni**, che sono indispensabili per realizzare pavimentazioni stradali, sia flessibili sia rigide, destinate a durare nel tempo. Si tratta di un valido esempio di riciclo a ciclo aperto, che rappresenta spesso il **modo più sostenibile** di recuperare tali aggregati.

Gli aggregati da riciclo sono in grado di riassorbire dall'atmosfera **fino al 20%** delle emissioni di CO₂ originariamente prodotte nella fase di fabbricazione del cemento. Si parla in questo caso di (ri)carbonatazione, un processo che migliora la qualità degli aggregati, rendendoli perfino più idonei al riciclo per la produzione di nuovo calcestruzzo.

Il progetto "Fastcarb" punta a verificare come si possa accelerare questo processo.

Infine, le nuove tecnologie dello **"smart crushing"** consentono di separare con maggiore precisione gli aggregati e la pasta di cemento indurita contenuti nel calcestruzzo frantumato. Ciò migliora la **qualità degli aggregati** e consente di riutilizzare il cemento riciclato nel processo di produzione del cemento oppure direttamente nella miscela di calcestruzzo.

APPROFONDIMENTO

RICICLABILITÀ

Ogni anno si producono in Europa circa 450-500 milioni di tonnellate di rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), un terzo dei quali è costituito da calcestruzzo. Per fortuna per il calcestruzzo, il riciclaggio non è tecnicamente difficile. Il calcestruzzo può essere recuperato al 100% dopo la demolizione!

Il riciclaggio del calcestruzzo offre due vantaggi principali: abbatte il consumo di materie prime naturali e riduce la quantità di rifiuti da conferire in discarica. Due sono le principali modalità di utilizzo del calcestruzzo riciclato:

- Come aggregato riciclato nella produzione di nuovo calcestruzzo
- Come aggregato riciclato nella realizzazione di sottofondi stradali e terrapieni. Il sottofondo può essere realizzato con materiale sciolto o legato a cemento (misto cementato, magroni ...).

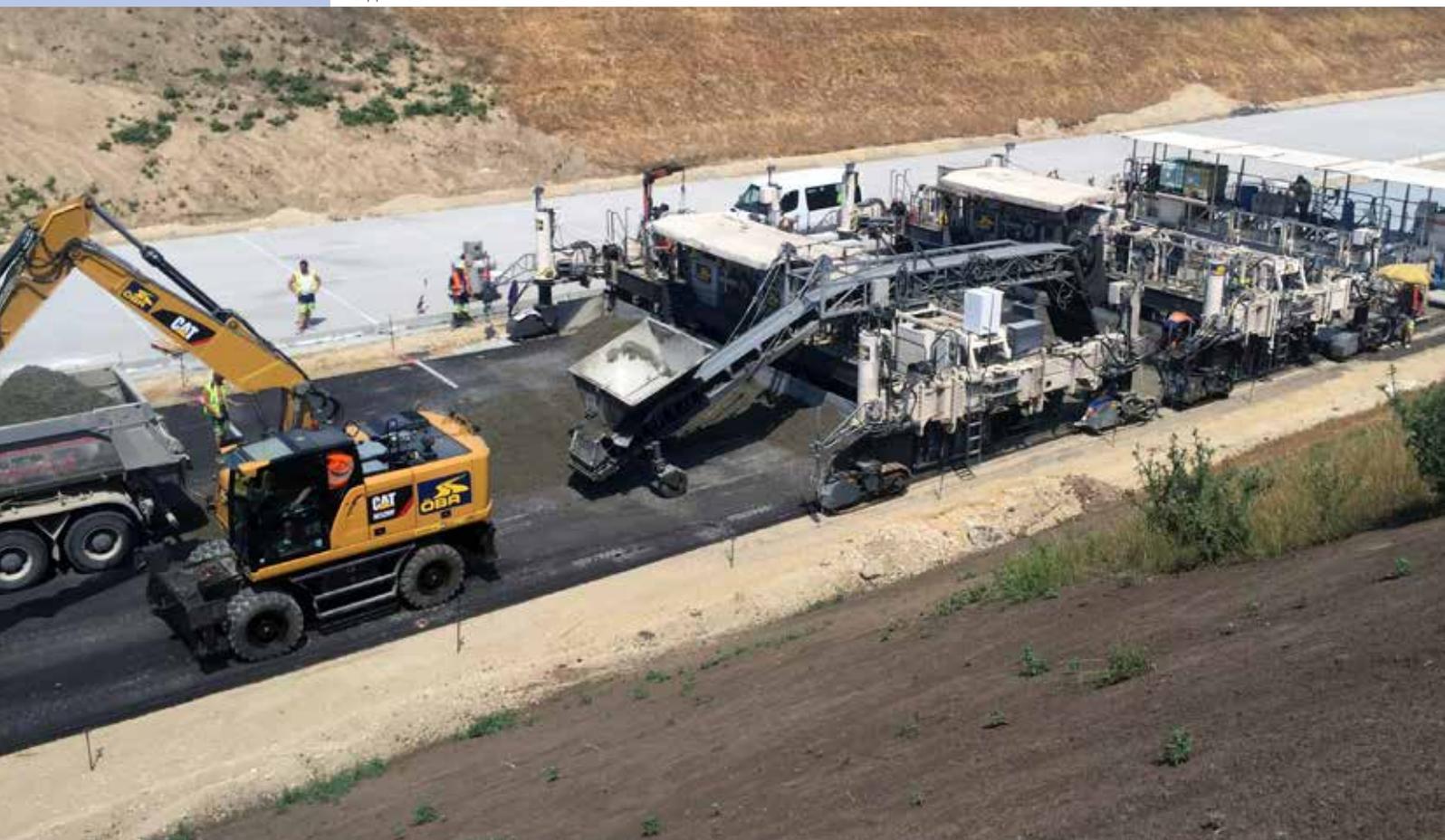
È chiaro che la produzione di calcestruzzo impone ai materiali riciclati requisiti più

rigorosi rispetto alla costruzione di strati non legati. È questo il motivo per cui gli aggregati ottenuti da riciclo di alta qualità, quali quelli provenienti, ad esempio, da pavimentazioni stradali in calcestruzzo, vengono utilizzati per la sostituzione di aggregati vergine nel nuovo calcestruzzo. La maggior parte delle applicazioni ha utilizzato finora gli aggregati da riciclo (in sostituzione del 60%, talvolta fino al 100%, degli aggregati grossi) nello strato inferiore delle pavimentazioni di tipo dual layer a lastre in calcestruzzo. Questa è stata la tecnica più comunemente impiegata per la costruzione delle autostrade austriache fin dal 1990. Oggi, grazie ai progressi compiuti dalla ricerca e in ambito tecnologico, il numero di applicazioni tende ad aumentare anche nella realizzazione di pavimentazioni a singolo strato, come pure di cordoli, cunette e barriere di sicurezza.

Costruzione di un'autostrada con pavimentazione in calcestruzzo a doppio strato a lastre non armate in Austria

Gli aggregati di qualità standard, provenienti da rifiuti da C&D (tranne le pavimentazioni),

Costruzione di un'autostrada con pavimentazione in calcestruzzo a doppio strato a lastre non armate in Austria



possono contenere quantità più elevate di laterizi, vetro o altri materiali. Il loro uso è consentito solamente per specifici tipi di calcestruzzo di classi di resistenza più bassa; tuttavia, possono trovare impiego anche nella realizzazione di strati di strati inferiori del corpo stradale molto performanti non legati o legati con cemento, che sono indispensabili per realizzare pavimentazioni stradali durabili, sia flessibili sia rigide. Si tratta di un valido esempio di riciclo a ciclo aperto, che rappresenta spesso il modo più sostenibile di recuperare tali aggregati.

Ciò dimostra anche l'importanza di una strategia basata sulla demolizione selettiva ad alto rendimento e sul riciclo allo scopo di separare gli aggregati da riciclo di alta qualità da quelli di qualità standard.

Un altro parametro fondamentale è la distanza di trasporto. L'elevato tenore in aggregati naturali nel calcestruzzo fa sì che i risultati dell'analisi del ciclo di vita (LCA) risentano in misura abbastanza considerevole della distanza di trasporto degli aggregati. Disporre localmente di questi materiali è perciò indispensabile.

In conclusione, la scelta dell'applicazione deve essere basata sull'equilibrio ottimale tra sostenibilità, disponibilità del materiale a livello locale e prestazioni tecniche a lungo termine.

RICARBONATAZIONE

Per ricarbonatazione del cemento s'intende il processo tramite il quale la CO₂ viene riassorbita dal calcestruzzo indurito. La carbonatazione è un processo lento che si verifica nel calcestruzzo quando la calce (idrossido di calcio) contenuta nella pasta di cemento si lega all'anidride carbonica atmosferica, formando così carbonato di calcio. Per le pavimentazioni stradali, si tratta di un processo che avviene molto lentamente durante la vita utile per via dell'alta qualità del calcestruzzo. La quantità di CO₂ assorbita è di appena 0,5-1 kg/m² di pavimentazione. Alla fine della vita utile, edifici e infrastrutture (strutture in calcestruzzo armato) vengono demoliti. Se il calcestruzzo viene successivamente frantumato, la superficie esposta

aumenta, con conseguente aumento del tasso di ricarbonatazione. Il tasso di ricarbonatazione è ancora più elevato se il calcestruzzo macinato viene lasciato all'aria prima di essere riutilizzato. Per trarre beneficio dal potenziale inglobamento della CO₂, il calcestruzzo frantumato deve essere esposto alla CO₂ atmosferica per diversi mesi prima di essere riutilizzato. Ciò deve essere preso in considerazione nel trattamento dei rifiuti da costruzione. La CO₂ inizialmente emessa nella fase di produzione del cemento può essere riassorbita fino al 20% se si applicano pratiche di riciclaggio adeguate.

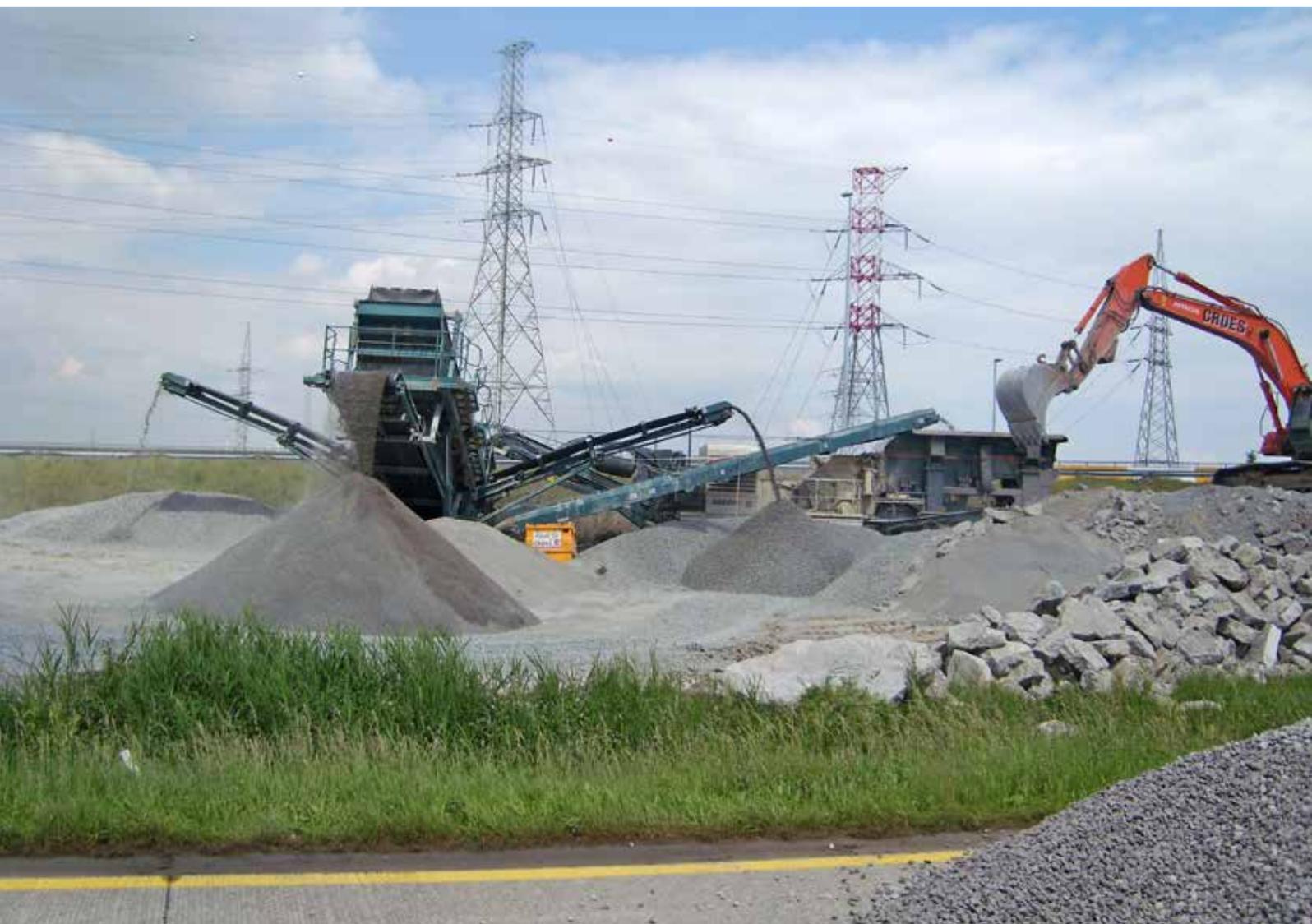
Il progetto FastCarb (<http://www.fastcarb.fr/> 2018-2020) mira ad accelerare il processo di carbonatazione utilizzando la CO₂ a temperatura e pressione più elevate. Prevede un approccio sperimentale di laboratorio e l'implementazione su scala industriale.

Inoltre, la carbonatazione ha un altro vantaggio: chiude i pori degli aggregati trattati, migliorando in tal modo la qualità e rendendoli persino più idonei al riutilizzo nel nuovo calcestruzzo.

SMART CRUSHING

Sono state studiate modalità di riciclo che consentono di separare la pasta di cemento indurita dagli aggregati originali. Eliminando la pasta di cemento indurita, gli aggregati da riciclo riprendono le stesse caratteristiche degli aggregati naturali, con conseguente analogo effetto sulle caratteristiche del calcestruzzo quali resistenza, modulo elastico, ritiro e deformazione viscosa (creep). Uno dei metodi per separare la pasta di cemento è stato elaborato nei Paesi Bassi. Si tratta di uno "smart crusher" con ganasce che si muovono in due direzioni. Ciò consente di separare il calcestruzzo frantumato in frazioni differenti di filler, sabbia e ghiaia. Di conseguenza, i nuovi aggregati così ottenuti sono molto più puliti e possono essere riutilizzati nel nuovo calcestruzzo.

Inoltre, le particelle fini ottenute possono essere utilizzate come materia prima secondaria nella produzione di clinker, come costituente per i cementi di miscela o come filler direttamente nella miscela di calcestruzzo.



Crushing and sieving installation at motorway N49, Zwijndrecht, Belgium. 2007 © AWW, Flemish Agency for Roads and Traffic

More environmental benefits from concrete roads can be found on EUPAVE's infographic "Concrete Pavements Make Roads More Sustainable" (2019), <https://www.eupave.eu/resources-files/infographic>

Bibliografia

<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/cement-recarbonation>

<https://fastcarb.fr/en/home/>

Lagerblad, B. (2005). Carbon dioxide uptake during concrete life cycle – State of the art. Swedish Cement and Concrete Institute. CBI Report2:2005, Stockholm

Müller, C., Palm, S., Reiner, J. (2015). Closing the loop: what type of concrete reuse is the most sustainable option? European Cement Research Academy, Technical Report A-2015/1860, Düsseldorf

Recarbonation. The view of the cement sector. (2020). CEMBUREAU, Doc 17540/JR/S

Rens, L. (2009). Concrete roads: a smart and sustainable choice. EUPAVE

Un béton "vert" est-il possible? (Is a « green » concrete possible?) (2020). IFSTTAR, articolo pubblicato