

# Ottimizzazione del contenuto di materiali fini nella malta e nel calcestruzzo al fine di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>

Master Builders Solutions Italia Spa

## Autori

Nicoletta Zeminian e Sandro Moro, Master Builders Solutions Spa  
Pascal Gonnon e Roberto Berardi, Omya, Italia

L'impiego sinergico di carbonato di calcio finemente macinato, dall'elevato grado di purezza, di Omya e degli innovativi additivi chimici MasterCO<sub>2</sub>re e di MasterX-Seed STE di Master Builders Solutions consente di ottimizzare il contenuto di materiale fine nella malta e nel calcestruzzo, influenzando notevolmente sulla sostenibilità, grazie ad emissioni di CO<sub>2</sub> ridotte e a un significativo risparmio di acqua. Il calcestruzzo è, a livello mondiale, il primo materiale prodotto dall'uomo e oggi responsabile per circa l'8% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>. Con l'aumento della popolazione e la crescente urbanizzazione, la quantità di calcestruzzo prodotto a livello mondiale continuerà ad aumentare in futuro, cosa non sostenibile per l'ambiente. L'industria del calcestruzzo non ha quindi altra scelta se non quella di adottare misure per ridurre l'impatto ambientale delle proprie attività e prendere provvedimenti per raggiungere gli ambiziosi obiettivi dell'Accordo sul clima di Parigi.

Essendo il cemento il principale responsabile delle emissioni del calcestruzzo, l'azione più importante che i produttori di calcestruzzo possono intraprendere è quella di ridurre la frazione di cemento Portland (OPC) e aggiungere materiali inorganici alternativi. Ma con cosa è possibile sostituire il cemento? I materiali cementizi supplementari (SCM) come ceneri volanti, loppa d'altoforno e pozzolane sarebbero la scelta preferibile in quanto la loro attività pozzolanica contribuirebbe allo sviluppo della resistenza e migliorerebbe la durabilità del calcestruzzo. Purtroppo, le ceneri volanti e la loppa d'altoforno granulata (GGBS) stanno lentamente scomparendo a causa della conversione delle centrali elettriche dalla combustione del carbone a tecnologie più ecologiche (eolica, solare, ecc.) o dell'aumento della produzione di acciaio da fonti riciclate. E ovviamente le pozzolane sono reperibili solo in poche zone geografiche. Per questo motivo, attualmente sono in fase di preparazione nuove norme per una nuova gamma di Materiali Cementizi Supplementari (SCM).

Sono queste le ragioni per cui l'attenzione si concentra su alcuni dei materiali naturali più abbondanti sulla terra: argilla e calcare [1]. Questi materiali minerali sono il modo più semplice ed economico per



ridurre al minimo l'impatto ambientale dei materiali da costruzione a base di cemento come il calcestruzzo. Negli ultimi anni, l'industria mineraria, e in particolare quella del carbonato di calcio, **ha sviluppato processi tecnici per offrire aggregati minerali a più alto valore aggiunto per le formulazioni di malte e calcestruzzi tecnici.** [2, 3, 4, 5, 6]. Allo stesso tempo, **la produzione di calcestruzzo a ridotto contenuto di cemento** non può avvenire senza il contributo di additivi chimici che consentono **una notevole riduzione dell'acqua d'impasto** mantenendo buone proprietà reologiche e il raggiungimento delle resistenze alla compressione desiderate.

Questo lavoro esplora il potenziale per lo sviluppo di malte e calcestruzzi con ridotte emissioni di gas serra riducendo il dosaggio di cemento Portland, abbassando il contenuto di acqua e aggiungendo una quantità adeguatamente studiata di carbonato di calcio finemente macinato (GCC).

La collaborazione tra Omya e Master Builders Solutions si concentra sullo sviluppo di soluzioni affidabili sulla base del Concetto di **calcestruzzo a prestazione equivalente** (secondo la norma EN 206) con una specifica combinazione di approcci fisici e chimici: mentre **si riduce notevolmente la frazione di cemento Portland, si ottiene l'ottimizzazione del contenuto totale di materiali fini** (cemento+GCC) [8, 9, 10] utilizzando **carbonato di calcio macinato con diversi gradi di finezza**, ovvero Betocarb HP e Betocarb F di Omya, che **interagiscono in maniera sinergica con il superfluidificante MasterCO<sub>2</sub>re** basato sulla tecnologia Intelligent Cluster System (ICS) di Master Builders Solutions, ottimizzando in questo modo la dispersione del legante e garantendo un adeguato mantenimento della lavorabilità.

Questa combinazione ha il **potenziale per ridurre la quantità di acqua e le emissioni di CO<sub>2</sub> associati all'utilizzo del cemento.** MasterCO<sub>2</sub>re, grazie alle sue ottime qualità reologiche, consente un'ulteriore riduzione dell'acqua. A completamento dell'effetto di MasterCO<sub>2</sub>re, **l'aggiunta Master X-Seed STE, accelerante di indurimento di nuova generazione** di Master Builders Solutions, garantisce l'aumento della resistenza alla compressione a lungo termine. Il suo meccanismo d'azione si basa sulla formazione di emicarboaluminato e monocarboaluminato, che sono considerati cristalli più forti tra i costituenti idrati del cemento [11]. **La sinergia tra il calcio carbonato GCC e Master X-Seed consente una maggiore efficienza nell'ottimizzazione delle miscele di calcestruzzo.**

Le pietre calcaree estratte oggi sono classificate in base alla loro mineralogia, durezza e purezza chimica [12]. La norma francese NF P 18-508 [7] ha definito una categoria Premium A per il carbonato di calcio macinato con una specifica ristretta di 3g/kg per il contenuto di argilla, superiore purezza e un'area superficiale minima. Entrambe le serie di specifiche sono riportate nella **tabella 1.**

Per il presente studio è stato utilizzato carbonato di calcio macinato fine, Betocarb F e Betocarb HP, per miscele di malta e di calcestruzzo. Le relative caratteristiche fisico-chimiche sono riportate nella **tabella 2** e comparate a quelle di polvere di calcare tradizionale.



Tabella 1: Panoramica delle specifiche più importanti in EN 197-1 e NF P 18-508

Prodotto	Pietra calcarea	Carbonato di calcio macinato
Norma	EN 197-1	NF P 18-508, categoria A
Contenuto di carbonato di calcio, %	>75	>95
CaCO <sub>3</sub> + MgCO <sub>3</sub> , %	–	>95
Valore di blu di metilene, g/kg (oz/lb)	<12 (0,19)	<3 (0,05)
Area superficiale Blaine, m <sup>2</sup> /kg, (ft <sup>2</sup> /lb)	–	>300 (1464)

Tabella 2: Proprietà del carbonato di calcio macinato utilizzato negli esperimenti

Prodotto	Betocarb HP	Betocarb F	Polvere di calcare
Passante a 63 µm (0,025in), %	89	100	86
Area superficiale Blaine, m <sup>2</sup> /kg (ft <sup>2</sup> /lb)	520 (2539)	1050 (5126)	330 (1611)
Carbonato di calcio, %	97,8	97,8	92,8
Valore di blu di metilene, g/kg (oz/lb)	1,0 (0,016)	1,0 (0,016)	3,6 (0,058)

L'approccio alle soluzioni sostenibili analizzato nell'ambito di questo lavoro è **stato testato in miscele di malta e calcestruzzo utilizzando diversi tipi di cemento.**

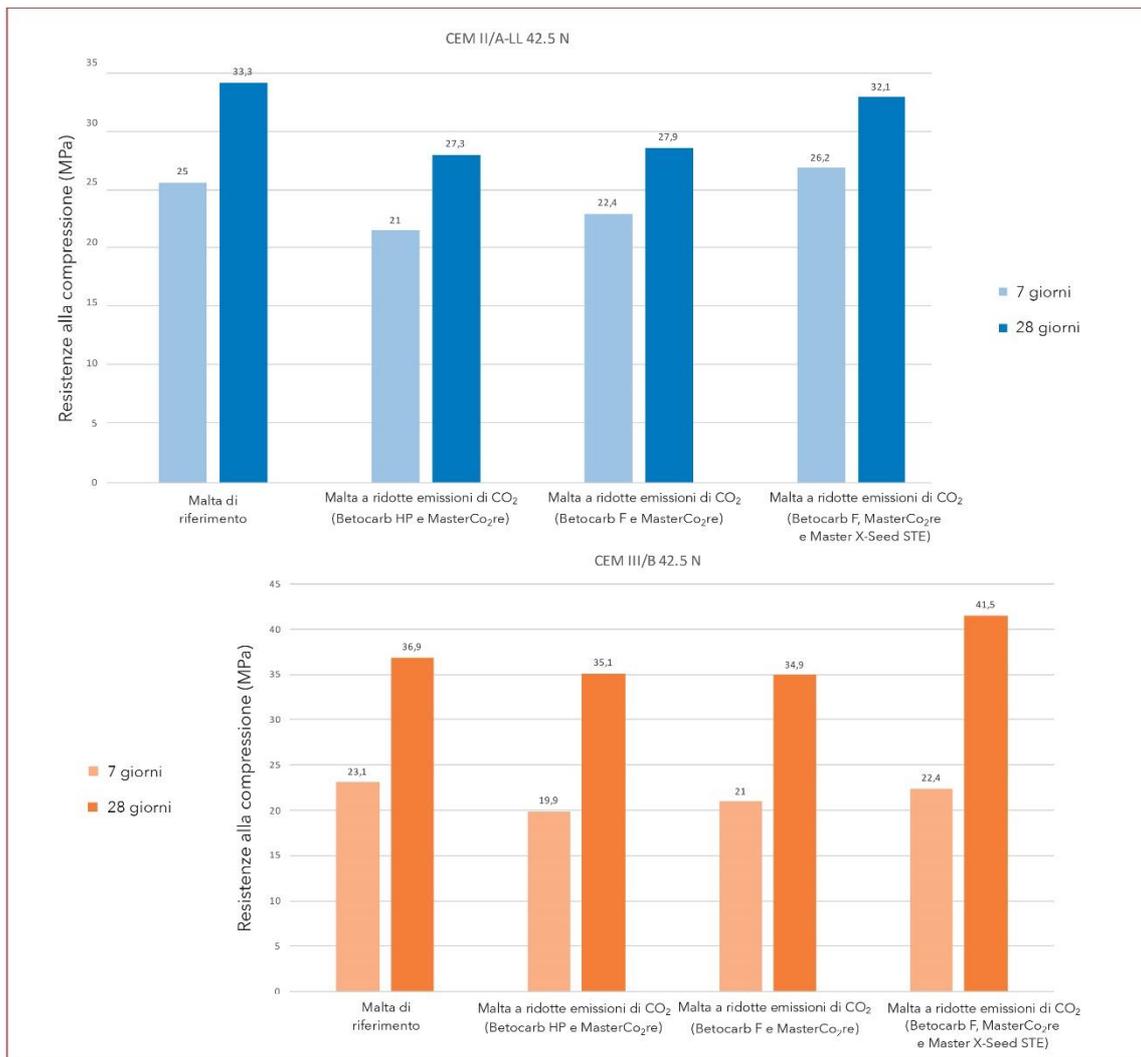
La composizione della malta analizzata è riportata **nella tabella 3**: il contenuto di cemento è stato ridotto del 31%, inoltre è stato notevolmente ridotto il contenuto di acqua e aggiunto carbonato di calcio macinato Betocarb HP e Betocarb F per ottimizzare il contenuto di materiale fine.

Tabella 3: Composizioni della malta

Componente	Malta di riferimento		Malta a ridotte emissioni di CO <sub>2</sub>	
	Peso (g)	Volume (l)	Peso (g)	Volume (l)
Cemento	290	0,097	200	0,067
Sabbia 0/4	1827	0,677	1772	0,656
GCC	–	–	200	0,074
Acqua	191	0,191	160	0,160
MasterCO <sub>2</sub> re	Aggiustato per ottenere la consistenza		Aggiustato per ottenere la consistenza	
Master X-Seed STE	–	–	1% del peso di (cemento+GCC)	

In tutte le malte è stata ottenuta la stessa consistenza aggiustando il dosaggio di MasterCO<sub>2</sub>re. I valori della resistenza alla compressione della malta sono riportati nelle **figg. 1 e 2**.





Figg. 1 e 2: Risultati sulle prove sulla malta

I risultati dimostrano i vantaggi dell'aggiunta di calcio carbonato macinato (GCC) per ottimizzare il contenuto totale di materiale fine se si effettua la riduzione sia del contenuto di cemento che di quello di acqua. L'effetto dell'accelerante di indurimento Master X-Seed STE sulla resistenza alla compressione a 28 giorni è considerevole e può più che compensare l'influsso della riduzione del contenuto di cemento Portland.

Lo stesso approccio è stato adottato per le miscele di calcestruzzo con due tipi di cemento (CEM II/A e CEM III/A); la frazione di cemento (OPC) è stata ridotta notevolmente così come il contenuto di acqua, come riportato nelle composizioni di miscela nella seguente **tabella 4**.

Tabella 4: Composizioni del calcestruzzo

Componente (kg/m <sup>3</sup> )	II/A-LL 42.5 N			III/A 42.5 N		
	Calcestruzzo di riferimento	Calcestruzzo a ridotte emissioni di CO <sub>2</sub> (MasterCO <sub>2</sub> re Betocarb F)	Calcestruzzo a ridotte emissioni di CO <sub>2</sub> (MasterCO <sub>2</sub> re + Betocarb F + MasterX-Seed STE)	Calcestruzzo di riferimento	Calcestruzzo a ridotte emissioni di CO <sub>2</sub> (MasterCO <sub>2</sub> re Betocarb F)	Calcestruzzo a ridotte emissioni di CO <sub>2</sub> (MasterCO <sub>2</sub> re + Betocarb F + MasterX-Seed STE)
Aggregati	1942	1872	1872	1942	1856	1856
Cemento (C)	290	215	215	290	200	200
Betocarb F	–	200	200	–	200	200
Acqua (W)	168	144	144	168	134	134
a/c	0,58	0,67	0,67	0,58	0,67	0,67
MasterCO <sub>2</sub> re	0,38	0,87	0,87	0,38	0,84	0,84
Master X-Seed STE	–	–	4,1	–	–	4,0

Il contenuto di materiale fine è stato ottimizzato con l'aggiunta di Betocarb F, un calcio carbonato fine, e la riduzione del contenuto di acqua si è ottenuta con il superfluidificante MasterCO<sub>2</sub>re mantenendo buone proprietà reologiche; Master X-Seed STE ha un ruolo determinante per ottenere le resistenze a 28 giorni desiderate. I risultati delle resistenze alla compressione dei calcestruzzi sono riportati nelle **figg. 3 e 4**. Con entrambi i cementi, il calcestruzzo a ridotte emissioni di CO<sub>2</sub> raggiunge le resistenze desiderate, nonostante il contenuto di cemento fortemente ridotto rispetto alla miscela di riferimento.



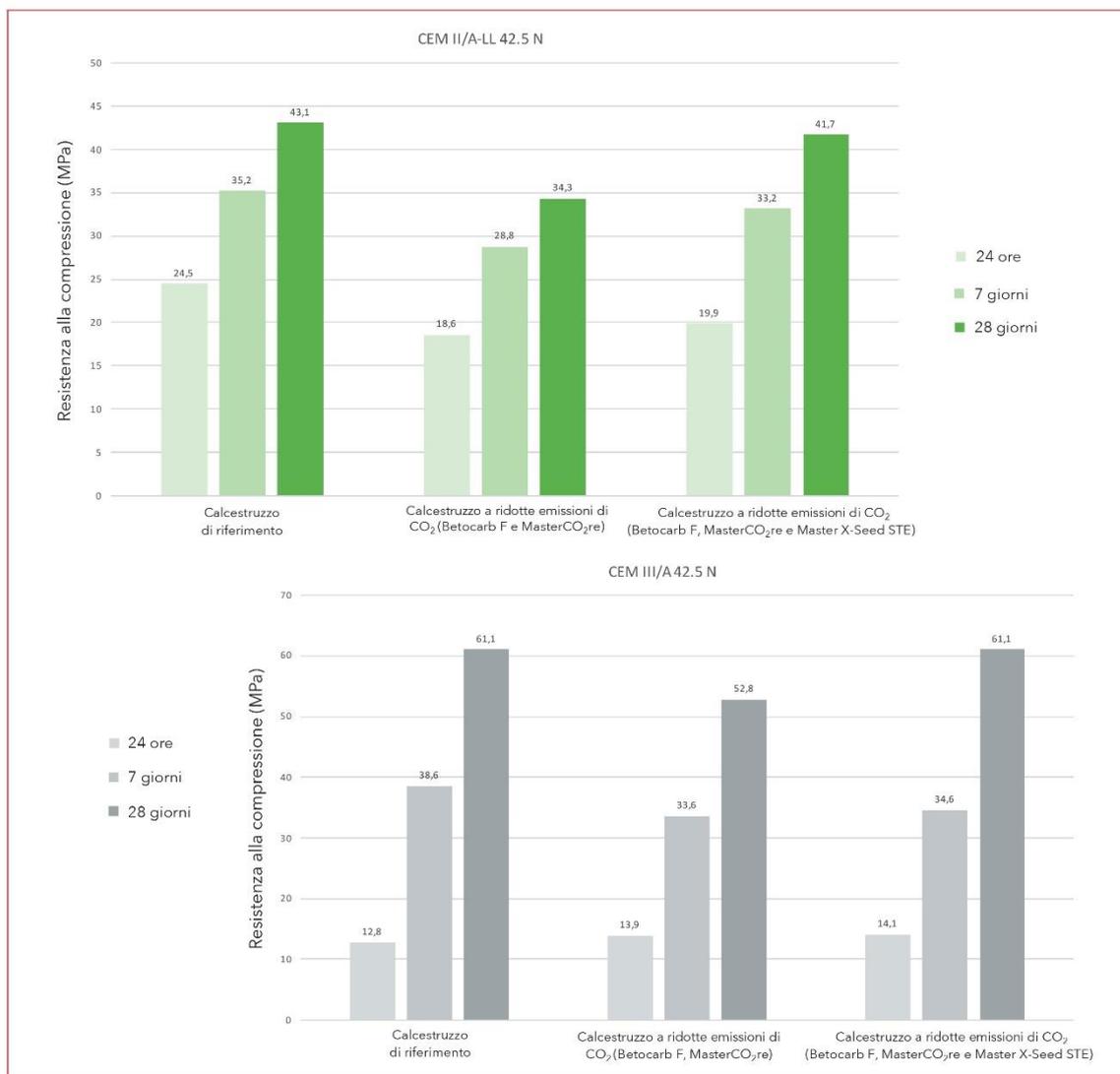


Fig. 3 e 4: Risultati dei test sul calcestruzzo

## Conclusioni

Questo lavoro conferma che l'aggiunta di carbonato di calcio finemente macinato dall'elevato grado di purezza, Betocarb HP e Betocarb F di Omya, oltre a ridurre l'acqua d'impasto, grazie alla combinazione con gli additivi innovativi basati sulla tecnologia Intelligent Cluster System di Master Builders Solutions, consente di dimensionare mix design di malte e calcestruzzi con un contenuto notevolmente inferiore di cemento Portland, buone proprietà reologiche e un adeguato mantenimento della lavorabilità. L'aggiunta dell'accelerante dell'indurimento di nuova generazione Master X-Seed STE è in grado di completare l'aumento delle resistenze alla compressione finali.

Questo approccio innovativo, basato sull'ottimizzazione di parametri fisici e chimici, si è dimostrato un



sistema praticabile e innovativo per lo sviluppo di malte e calcestruzzi sostenibili e valide proprietà estetiche, aprendo la strada ad un futuro più sostenibile per l'edilizia; i vantaggi per il pianeta in termini di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di risparmio di acqua potabile sono enormi.

- 1) Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub> cement-based materials industry, Copyright © United Nations Environment Programme, Paris 2017 (Revised Edition)
- 2) Next generation UHPFRC for sustainable structural applications, Amir Hajiesmaeili and Emmanuel Denarié, DSCS 2018: 2<sup>nd</sup> International Workshop on Durability and Sustainability of Concrete Structures, 6-7 June 2018, Russian Academy of Sciences
- 3) W. Huang, Effect of cement substitution by limestone on the hydration and microstructural development of ultra-high-performance concrete, Cement and concrete composites, 2017
- 4) Limestone filler for concrete, French research and practice, BERTRANDY, RPOITEVIN, 1993, Transport Research Laboratory
- 5) Effect of limestone filler as mineral addition in self-compacting concrete, G.De Scutter, 36<sup>th</sup> Conference on our world in concrete & structure, August 2011
- 6) Towards net zero carbon for concrete and mortar: Clinker substitution with ground calcium carbonate, P. Gonnon, D. Lootens, Cement and Concrete Composites 142 (2023)
- 7) Recherche collective Bétons avec additions. Béton B25, type Bâtiment. Rapport final, CEBTP, 1998. RMGC98-002.
- 8) Towards tailored cement-based materials with ground calcium carbonates, Denarie, International Conference on "Cement – Based Materials Tailored for a Sustainable Future" 7-8 May 2020 – Istanbul.
- 9) EFNARC, Specification and guidelines for self-compacting concrete. 2002 edition, 2002, ISBN 953973344
- 10) Influence des fillers calcaires sur la maniabilité des bétons, BERTRANDY, R. 1975, IFSTTAR.
- 11) CO<sub>2</sub>-efficient mix design with an innovative strengthenhancing concrete admixture, S. Moro, A. Olivo, F. Moratti, A. Dalla Libera, SOCAC 21, July 11-13, 2022 – Milan, Italy
- 12) "Industrial minerals laboratory manual: limestone," D. J. Harrison, Br. Geol. Surv. Tech. Rep. WG/92/29.

