

# Ridurre l'impronta di carbonio con i carbonati di calcio ultrafini.

*Matteo Felitti, ENGINEERING & CONCRETE CONSULTING – Università degli Studi di Napoli – Federico II*

*Pascal Gonnon, OMYA INTERNATIONAL*

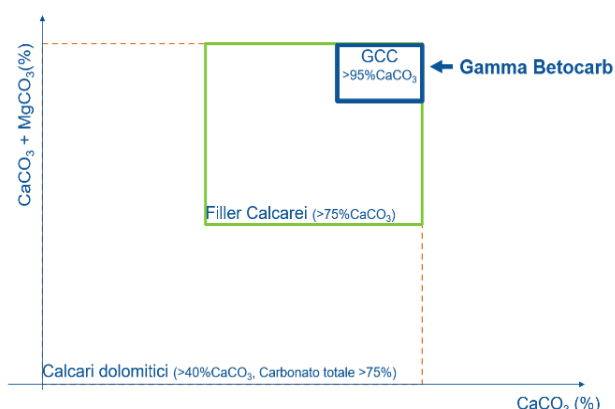
*Roberto Berardi, OMYA INTERNATIONAL*

## Introduzione

Una delle raccomandazioni dell'Agencia Internazionale dell'Energia (IEA) per raggiungere gli obiettivi di azzeramento delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2050 riguarda la riduzione del rapporto clinker-cemento. È ormai noto che la quota di CO<sub>2</sub> antropogenica globale attribuita alla produzione di cemento è stimata all'8%.

Quando si riduce il rapporto clinker/cemento con sostituti SCM (Supplementary Cementitious Materials), come GGBS, pozzolana naturale o ceneri volanti, possono emergere criticità prestazionali in termini di resistenza a breve termine, ma grazie a Betocarb UF, un carbonato di calcio naturale ultrafine a basso tenore di carbonio e ad alta purezza, è possibile accelerare l'idratazione del cemento fornendo siti di nucleazione, con un incremento di resistenza già a 5 ore. Il carbonato di calcio ultrafine non è reattivo come altre pozzolane, ma va a migliorare la reattività del cemento, in quanto la sua superficie specifica agisce come sito per la nucleazione e la crescita dei suoi prodotti di idratazione. Inoltre, avendo Betocarb UF una carbon footprint di 54kg CO<sub>2</sub>eq/t (CCA Europe – EPD - EN 15804), ovvero molto inferiore rispetto al cemento Portland, è possibile ottenere malte e calcestruzzi più sostenibili e a minor impatto ambientale.

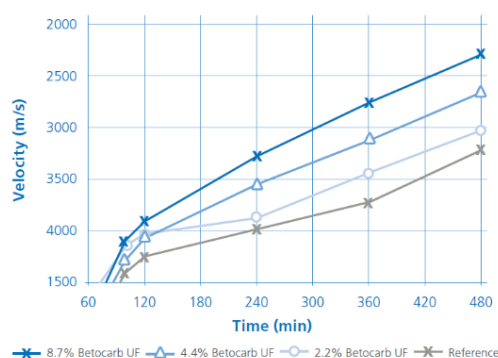
Betocarb UF fa parte della gamma Betocarb di Omya SpA, – calcari fini e ultrafini con un altissimo grado di purezza e contenuto minimo di sostanze nocive (MB < 3g/kg).



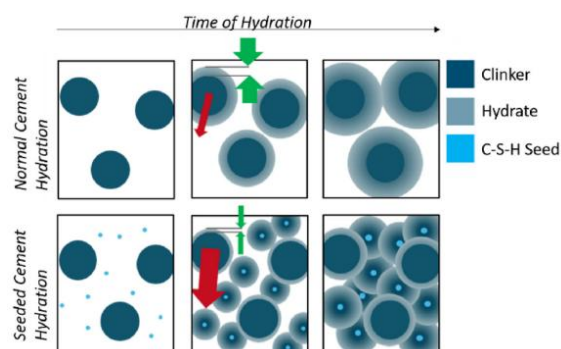
Fonte: Laboratori Omya in Egerkingen, Svizzera

Il carbonato di calcio macinato (GCC) è un'ottima soluzione per migliorare il rapporto costo-prestazioni dei sistemi cementizi malte, premiscelati e calcestruzzo sia preconfezionato che prefabbricato - sia in miscela diretta con cemento Portland che in combinazione ternaria con SCM, ottimizzando fluidità e viscosità, e riducendo l'impronta di carbonio. Inoltre, in funzione del grado di finezza, può dare un contributo interessante in termini di miglioramento di packing density, resistenze e durabilità.

In particolare, Betocarb UF non è semplicemente un filler calcareo, ma un carbonato di calcio puro ultrafine (BET > >4m2/g), in grado di accelerare l'idratazione del cemento già a 5 ore (test condotti presso i laboratori Omya di Egerkingen in Svizzera con apparato ultrasonico), e fornendo molteplici siti di nucleazione a seconda delle percentuali utilizzate, non solo andando a riempire i vuoti tra le particelle di cemento, ma migliorando sia le proprietà meccaniche che la durabilità del mix. L'effetto di questa proprietà è un incremento delle resistenze alle brevi scadenze.



Fonte: Laboratori Omya in Egerkingen, Svizzera



Fonte: John, Matschei, Stephan, 2018

### Test in malta con il metodo LG di Omya

Per valutare il contributo di Betocarb UF, Omya ha sviluppato una metodologia (denominata metodo LG) basata su malta CEN (1 parte cemento, 3 parti sabbia CEN, 0.5 parti di acqua) con varie tipologie di cemento (i.e. CEM I 52.5N, CEM II/A-LL 42.5R e CEM III/A 42.5N) e valori incrementali di Betocarb UF (2.8, 5.6 e 8.3%) in sostituzione della sabbia standard, a parità di contenuto di acqua.

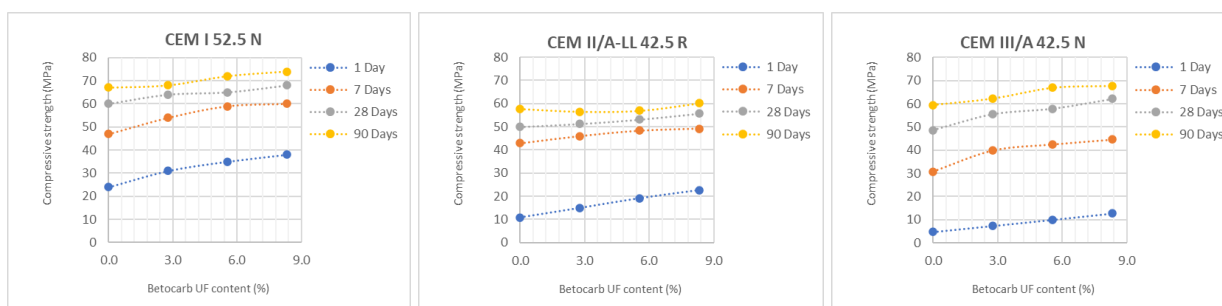
### Contenuto di cemento pari a 25%

Test	Sabbia CEN	CEM I 52.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
A	1350	450	0	0.0	225	1800	24	47	60	67
B	1300	450	50	2.8	225	1800	31	54	64	68
C	1250	450	100	5.6	225	1800	35	59	65	72
D	1200	450	150	8.3	225	1800	38	60	68	74

Test	Sabbia CEN	CEM II/A-LL 42.5R	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
E	1350	450	0	0.0	225	1800	11	43	50	58
F	1300	450	50	2.8	225	1800	15	46	51	57
G	1250	450	100	5.6	225	1800	19	48	53	57
H	1200	450	150	8.3	225	1800	23	49	56	60

Test	Sabbia CEN	CEM III/A 42.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g		g	g						
I	1350	450	0	0.0	225	1800	5	31	49	60
L	1300	450	50	2.8	225	1800	7	40	56	62
M	1250	450	100	5.6	225	1800	10	43	58	67
N	1200	450	150	8.3	225	1800	13	45	62	68

Le aggiunte di Betocarb UF aumentano le resistenze a 1 giorno di almeno del 30% in tutti e tre i casi



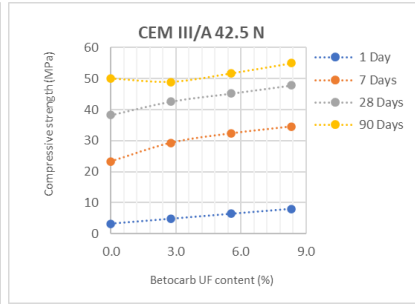
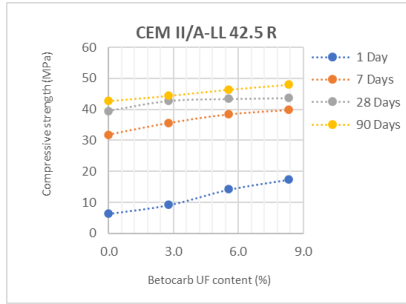
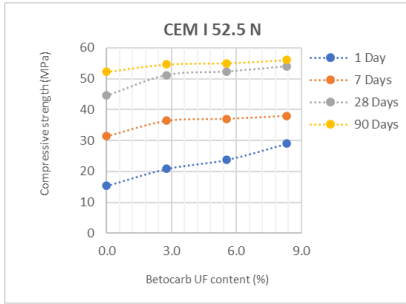
Questo accade anche per contenuto di cemento inferiori.

### Contenuto di cemento pari a 21%

Test	Sabbia CEN	CEM I 52.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g		g	g						
AA	1423	377	0	0.0	225	1800	15	31	45	52
BB	1373	377	50	2.8	225	1800	21	36	51	55
CC	1323	377	100	5.6	225	1800	24	37	52	55
DD	1273	377	150	8.3	225	1800	29	38	54	56

Test	Sabbia CEN	CEM II/A-LL 42.5R	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g		g	g						
EE	1423	377	0	0.0	225	1800	6	32	40	43
FF	1373	377	50	2.8	225	1800	9	36	43	44
GG	1323	377	100	5.6	225	1800	14	39	43	46
HH	1273	377	150	8.3	225	1800	17	40	44	48

Test	Sabbia CEN	CEM III/A 42.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g		g	g						
II	1423	377	0	0.0	225	1800	3	23	38	50
LL	1373	377	50	2.8	225	1800	5	29	43	49
MM	1323	377	100	5.6	225	1800	6	32	45	52
NN	1273	377	150	8.3	225	1800	8	35	48	55

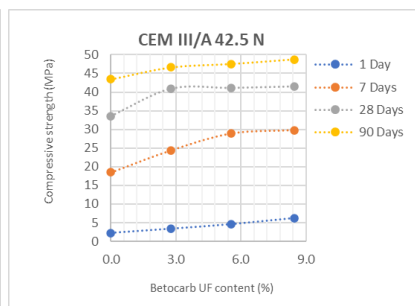
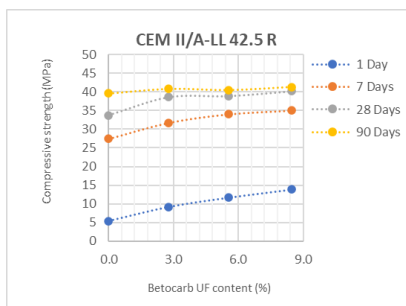
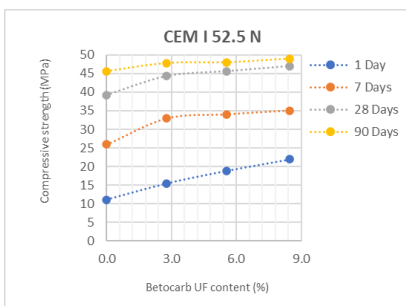


### Contenuto di cemento pari a 19%

Test	Sabbia CEN	CEM I 52.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
AAA	1454	346	0	0.0	225	1800	11	26	39	46
BBB	1404	346	50	2.8	225	1800	16	33	44	48
CCC	1354	346	100	5.6	225	1800	19	34	46	48
DDD	1304	346	150	8.3	225	1800	22	35	47	49

Test	Sabbia CEN	CEM II/A-LL 42.5R	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
EEE	1454	346	0	0.0	225	1800	5	27	34	40
FFF	1404	346	50	2.8	225	1800	9	32	39	41
GGG	1354	346	100	5.6	225	1800	12	34	39	41
HHH	1304	346	150	8.3	225	1800	14	35	40	41

Test	Sabbia CEN	CEM III/A 42.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
III	1454	346	0	0.0	225	1800	2	19	34	44
LLL	1404	346	50	2.8	225	1800	3	24	41	47
MMM	1354	346	100	5.6	225	1800	5	29	41	48
NNN	1304	346	150	8.3	225	1800	6	30	42	49

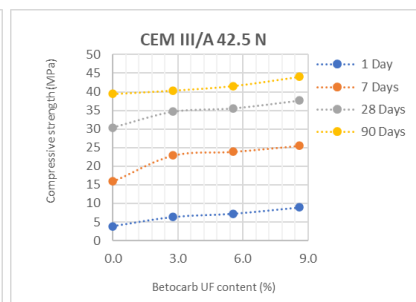
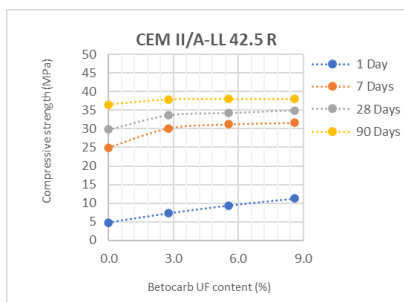
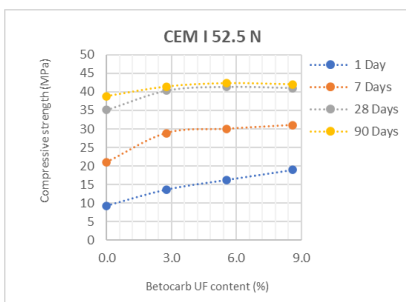


## Contenuto di cemento pari a 18%

Test	Sabbia CEN	CEM I 52.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
AAAA	1479	321	0	0.0	225	1800	9	21	35	39
BBBB	1429	321	50	2.8	225	1800	14	29	40	41
CCCC	1379	321	100	5.6	225	1800	16	30	41	42
DDDD	1329	321	150	8.3	225	1800	19	31	41	42

Test	Sabbia CEN	CEM II/A-LL 42.5R	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
EEEE	1479	321	0	0.0	225	1800	5	25	30	37
FFFF	1429	321	50	2.8	225	1800	7	30	34	38
GGGG	1379	321	100	5.6	225	1800	9	31	34	38
HHHH	1329	321	150	8.3	225	1800	11	32	35	38

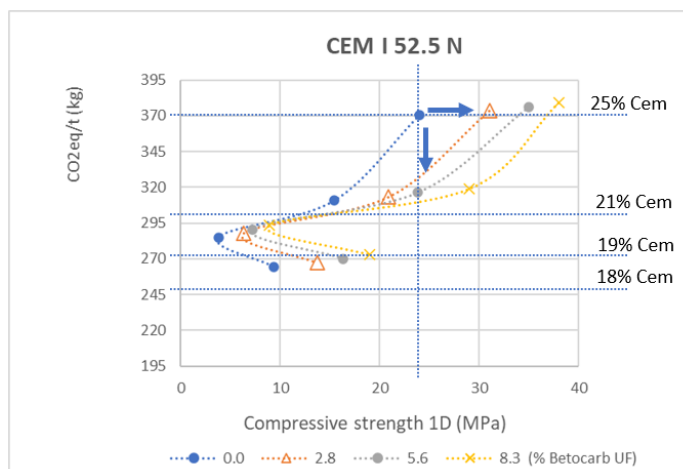
Test	Sabbia CEN	CEM III/A 42.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	1	7	28	90
	g	g	g	%						
IIII	1479	321	0	0.0	225	1800	4	16	30	40
LLLL	1429	321	50	2.8	225	1800	6	23	35	40
MMMM	1379	321	100	5.6	225	1800	7	24	36	42
NNNN	1329	321	150	8.3	225	1800	9	26	38	44



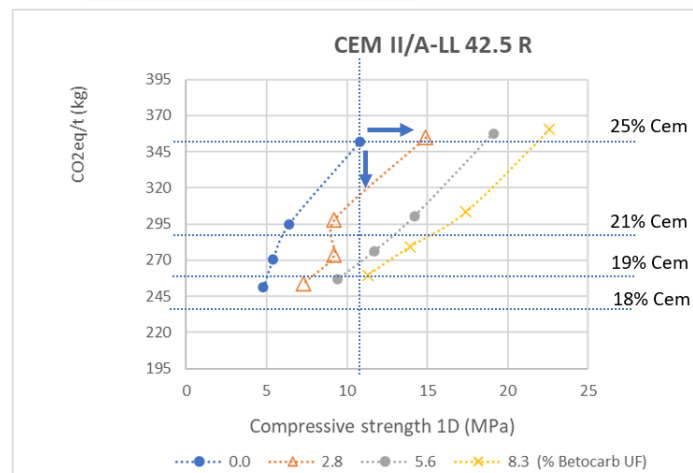
## Carbon Footprint

Grazie a Betocarb UF, è possibile decidere di migliorare le resistenze a breve termine a parità di CO2 eq/t, o ottenere le stesse resistenze ma con meno cemento e quindi minor CO2 eq/t e per tutte le tipologie di cemento testate.

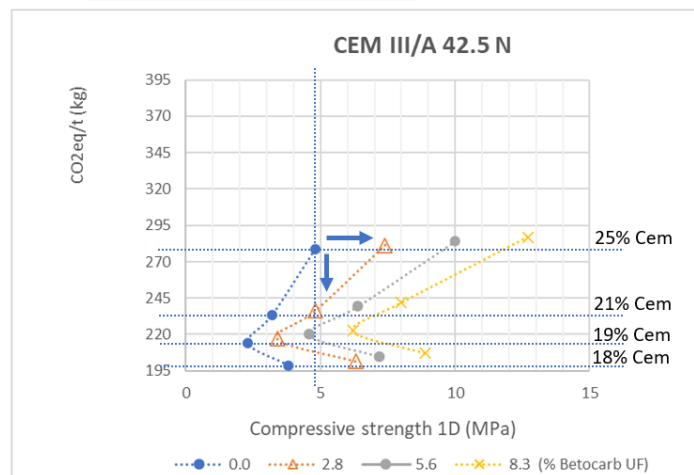
Test	Sabbia CEN	CEM I 52.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	CO2 eq/t	1
	g		g	%				
A	1350	450	0	0.0	225	1800	371	24
B	1300	450	50	2.8	225	1800	374	31
C	1250	450	100	5.6	225	1800	376	35
D	1200	450	150	8.3	225	1800	379	38
AA	1423	377	0	0.0	225	1800	311	15
BB	1373	377	50	2.8	225	1800	313	21
CC	1323	377	100	5.6	225	1800	316	24
DD	1273	377	150	8.3	225	1800	319	29
AAA	1454	346	0	0.0	225	1800	285	4
BBB	1404	346	50	2.8	225	1800	288	6
CCC	1354	346	100	5.6	225	1800	291	7
DDD	1304	346	150	8.3	225	1800	294	9
AAAA	1479	321	0	0.0	225	1800	265	9
BBBB	1429	321	50	2.8	225	1800	267	14
CCCC	1379	321	100	5.6	225	1800	270	16
DDDD	1329	321	150	8.3	225	1800	273	19



Test	Sabbia CEN	CEM II/A-LL 42.5R	Betocarb UF		Acqua	Totale	CO2 eq/t	1
	g		g	g				%
E	1350	450	0	0.0	225	1800	352	11
F	1300	450	50	2.8	225	1800	355	15
G	1250	450	100	5.6	225	1800	358	19
H	1200	450	150	8.3	225	1800	360	23
EE	1423	377	0	0.0	225	1800	295	6
FF	1373	377	50	2.8	225	1800	298	9
GG	1323	377	100	5.6	225	1800	300	14
HH	1273	377	150	8.3	225	1800	303	17
EEE	1454	346	0	0.0	225	1800	271	5
FFF	1404	346	50	2.8	225	1800	273	9
GGG	1354	346	100	5.6	225	1800	276	12
HHH	1304	346	150	8.3	225	1800	279	14
EEEE	1479	321	0	0.0	225	1800	251	5
FFFF	1429	321	50	2.8	225	1800	254	7
GGGG	1379	321	100	5.6	225	1800	257	9
HHHH	1329	321	150	8.3	225	1800	259	11



Test	Sabbia CEN	CEM III/A 42.5N	Betocarb UF		Acqua	Totale	CO2 eq/t	1
	g		g	g				%
I	1350	450	0	0.0	225	1800	279	5
L	1300	450	50	2.8	225	1800	281	7
M	1250	450	100	5.6	225	1800	284	10
N	1200	450	150	8.3	225	1800	287	13
II	1423	377	0	0.0	225	1800	233	3
LL	1373	377	50	2.8	225	1800	236	5
MM	1323	377	100	5.6	225	1800	239	6
NN	1273	377	150	8.3	225	1800	242	8
III	1454	346	0	0.0	225	1800	214	2
LLL	1404	346	50	2.8	225	1800	217	3
MMM	1354	346	100	5.6	225	1800	220	5
NNN	1304	346	150	8.3	225	1800	223	6
IIII	1479	321	0	0.0	225	1800	199	4
LLLL	1429	321	50	2.8	225	1800	201	6
MMMM	1379	321	100	5.6	225	1800	204	7
NNNN	1329	321	150	8.3	225	1800	207	9





## Bibliografia essenziale

- [1] Towards net zero carbon for concrete and mortar: Clinker substitution with ground calcium carbonate, P. Gonnon, D. Lootens, Cement and Concrete Composites 142 (2023).
- [2] Influence des fillers calcaires sur la maniabilité des bétons, BERTRANDY, R. 1975, IFSTTAR.
- [3] NF P18-508, Additions pour béton hydraulique - Additions calcaires - Spécifications et critères de conformité. 2012.
- [4] 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.
- [5] Limestone filler for concrete, French research and practice, BERTRANDY, R - POITEVIN, 1993, Transport Research Laboratory.
- [6] Recherche collective Bétons avec additions. Béton B25, type Bâtiment. Rapport final, CEBTP, 1998. RMGC98-002.
- [7] Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry, Copyright © United Nations Environment Programme, Paris 2017 (Revised Edition).
- [8] Industrial minerals laboratory manual: limestone, D. J. Harrison, Br. Geol. Surv. Tech. Rep. WG/92/29.
- [9] Nucleation seeding with calcium silicate hydrate – A review, E. John, T. Matschei, D. Stephan, Cement and Concrete Research, Volume 113, November 2018.
- [10] A Model Linking Compressive Strength and Porosity in Ternary System: Metakaolin, Limestone, Cement, P. Gonnon, D. Lutens, MDPI, March 2023.
- [11] Durable eco-concrete in Austria: Materials and mix design methods, J. Juhart, G.A. David , C. Nickel, G. Fischer, F. Mittermayr, P. Maydl – Institute of Technology and Testing of Building Materials, Graz University of Technology, Austria.
- [12] Use of selected GCC in digital formulation, P. Gonnon, T. Lys, 1st International Conference on Concrete and Digital Fabrication Digital Concrete 2018 – Zurich, Switzerland, 10-12 September 2018.