



**L'IMPIEGO DI AGGREGATI RICICLATI E  
ARTIFICIALI  
NEL CALCESTRUZZO**  
Stato dell'arte e prospettive

Webinar Formativo | 17 e 28 Giugno 2021



**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI  
BERGAMO**

# ***Gli aggregati Non Naturali fra luci ed ombre***

**Dott. Giorgio Ferrari**



---

**L'IMPIEGO DI AGGREGATI RICICLATI E ARTIFICIALI NEL CALCESTRUZZO**  
**Stato dell'arte e prospettive**  
*Webinar Formativo | 17 e 28 Giugno 2021*



**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI  
BERGAMO**

## Gli aggregati Non Naturali fra luci ed ombre

Gli **AGGREGATI NON NATURALI** rappresentano una vasta categoria di materiali che possono rappresentare un'importante risorsa nell'ambito dell' **ECONOMIA CIRCOLARE** in sostituzione degli **AGGREGATI NATURALI**

**AGGREGATO NATURALE** – Aggregato di origine minerale sottoposto unicamente a lavorazione meccanica.

D.M. 17/01/2018  
UNI EN 12620 (2013)  
UNI EN 206 (2014)  
UNI 11104 (2015)

### AGGREGATO NON NATURALE

- **Aggregato Industriale** – Aggregato di origine minerale derivante da un processo industriale che implica una modificazione termica o di altro tipo.
- **Aggregato Riciclato** – Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato in edilizia.
- **Aggregato di Recupero** – Aggregato risultante da calcestruzzo non utilizzato nelle costruzioni.

D.M. 17/01/2018  
UNI EN 12620 (2013)  
UNI EN 206 (2014)  
UNI 11104 (2015)

UNI EN 206 (2014)  
UNI EN 12620 (2013)  
UNI 11104 (2015)



## Gli aggregati di recupero (Reclaimed aggregates)

Per varie ragioni, non tutto il calcestruzzo preconfezionato prodotto, viene gettato e posto in opera.

Una quota variabile, stimata in circa il **3 per cento** della produzione totale, rientra con l'autobetoniera all'impianto di betonaggio, rappresentando il cosiddetto calcestruzzo reso o calcestruzzo di ritorno (returned concrete).

Nel **2019** la produzione di calcestruzzo in Italia è stata di **28.4 milioni di m<sup>3</sup>** (rapporto di filiera 2019 Federbeton) e quindi la quota di calcestruzzo reso è stata di circa **850.000 m<sup>3</sup>** (**2 milioni di tonnellate**).

Il calcestruzzo reso può essere trasformato in aggregati (aggregati di recupero) che possono essere utilizzati per la produzione di calcestruzzo secondo le modalità previste dalla norma europea EN 206 (2014 ) e dalla norme UNI 12620 (2013) e UNI 11104 (2015).



## Gli aggregati di recupero (Reclaimed aggregates)

UNI EN 206 (2014)

### 5.2.3.3 Aggregato di recupero

- 1) L'aggregato di recupero può essere utilizzato come aggregato per il calcestruzzo purché sia utilizzato solo internamente dal produttore o un gruppo di produttori;
- 2) L'aggregato di recupero non deve essere aggiunto in quantità maggiori del 5 % in massa dell'aggregato totale se non suddiviso in classi granulometriche;
- 3) Nel caso in cui le quantità degli aggregati lavati di recupero siano maggiori del 5 % in massa dell'aggregato totale, esse devono essere divise in aggregati grossi e fini separati e conformi alla EN 12620;
- 4) Nel caso in cui le quantità degli aggregati frantumati di recupero siano maggiori del 5 % in massa dell'aggregato totale, esse devono essere trattate come aggregati riciclati.



## Gli aggregati di recupero (Reclaimed aggregates)

UNI 11104 (2015)

### 4.3 Aggregati [Riferimento UNI-EN 206:2014 punto 5.1.3]

L'idoneità è stabilita per:

- Aggregati naturali normali, aggregati pesanti e loppa d'altoforno raffreddata ad aria conformi alla UNI 8520-2 e alla UNI 12620;
- Aggregati leggeri conformi alla UNI 11013 e alla UNI EN 13055-1;
- Aggregati di recupero definiti nei punti 3.1.2.14 e 3.1.2.15 e utilizzati in conformità della UNI EN 206:2014;
- Aggregati industriali e riciclati conformi alla UNI 8520-2 e alla UNI EN 12620.



---

## Gli aggregati di recupero (Reclaimed aggregates)

UNI 11104 (2015)

### 4.3 Aggregati [Riferimento UNI-EN 206:2014 punto 5.1.3]

L'idoneità è stabilita per:

- Aggregati naturali normali, aggregati pesanti e loppa d'altoforno raffreddata ad aria conformi alla UNI 8520-2 e alla UNI 12620;
  - Aggregati leggeri conformi alla UNI 11013 e alla UNI EN 13055-1;
  - Aggregati di recupero definiti nei punti 3.1.2.14 e 3.1.2.15 e utilizzati in conformità della UNI EN 206:2014;
  - Aggregati industriali e riciclati conformi alla UNI 8520-2 e alla UNI EN 12620.
- 
- 3.1.2.14 – Aggregati lavati di recupero, ottenuti mediante lavaggio del calcestruzzo fresco.



## Gli aggregati di recupero (Reclaimed aggregates)

UNI 11104 (2015)

### 4.3 Aggregati [Riferimento UNI-EN 206:2014 punto 5.1.3]

L' idoneità è stabilita per:

- Aggregati naturali normali, aggregati pesanti e loppa d'altoforno raffreddata ad aria conformi alla UNI 8520-2 e alla UNI 12620;
  - Aggregati leggeri conformi alla UNI 11013 e alla UNI EN 13055-1;
  - Aggregati di recupero definiti nei punti 3.1.2.14 e 3.1.2.15 e utilizzati in conformità della UNI EN 206:2014;
  - Aggregati industriali e riciclati conformi alla UNI 8520-2 e alla UNI EN 12620.
- 
- 3.1.2.14 – Aggregati lavati di recupero, ottenuti mediante lavaggio del calcestruzzo fresco.
  - 3.1.2.15 – Aggregati frantumati di recupero, ottenuti mediante frantumazione del calcestruzzo indurito che non è stato precedentemente utilizzato nella costruzione.



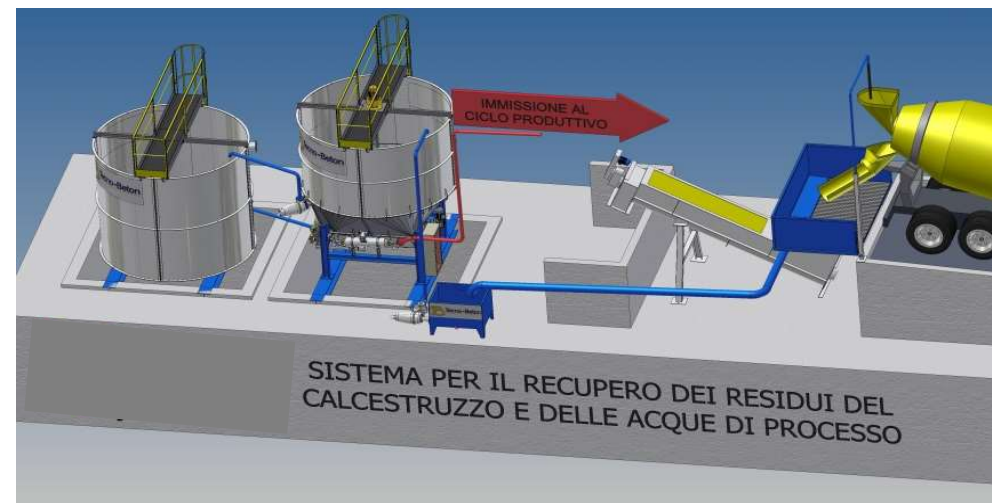


## I processi di recupero degli aggregati dal calcestruzzo reso

### RECUPERO PER LAVAGGIO CON ACQUA

Il calcestruzzo viene alimentato in una coclea e lavato con grandi volumi d'acqua ( $1.5 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{m}^3 \text{ CLS}$ ) per separare gli aggregati dalla pasta di cemento.

L'acqua di lavaggio viene raccolta in vasche e, dopo sedimentazione, può essere riutilizzata per lavaggi e come acqua di impasto.



Investimento: medio-alto

Gestione: complessa

Rifiuti: SI (fanghi sedimentazione vasche)

I processi di recupero degli aggregati dal calcestruzzo reso

RECUPERO PER FRANTUMAZIONE

Il calcestruzzo reso viene scaricato a terra e lasciato indurire. Successivamente, viene frantumato e trasformato in aggregati.

Viene raramente applicato all'impianto di produzione.

Più spesso, la frantumazione avviene in impianti esterni, con relativi costi di trasporto e aumento dell'impatto ambientale.



## I processi di recupero degli aggregati dal calcestruzzo reso

### RECUPERO A SECCO

Il recupero a secco viene eseguito mediante l'uso di additivi direttamente nell'autobetoniera che rientra all'impianto.

Il CLS reso viene trasformato istantaneamente in un materiale granulare che, dopo indurimento, può essere utilizzato come aggregato.



#### **1st STEP**

**PARTE B**  
3 minuti di mescolamento



#### **2nd STEP**

**PARTE A**  
3-4 minuti di mescolamento



## I processi di recupero degli aggregati dal calcestruzzo reso

### RECUPERO A SECCO

**National technical approval**

**Deutsches Institut für Bautechnik DIBt**

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten  
Bautechnisches Prüfamt  
Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts  
Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Date: 9 Jan 2019 Reference: 142-1.3.210-19/17

Approval number:  
Z-3.210-2153

Validity  
from: 9 January 2019  
to: 9 January 2024

Applicant:  
Mapel S.p.A.  
Via Caffaro, 22  
20158 MILAN  
ITALY

Subject of approval:  
"Re-Con Zero Evo" recycling aid

The subject of approval named above is herewith granted a national technical approval (*allgemeine bauaufsichtliche Zulassung*).  
This decision contains six pages.

Translation authorised by DIBt

**DIBt**

DIBt | Kolonnenstraße 30 B | D-10629 Berlin | Tel.: +49 30 78723-0 | Fax: +49 30 78723-200 | E-Mail: dibt@dib.de | www.dib.de

**Deutsches Institut für Bautechnik DIBt**

**National technical approval**  
No. Z-3.210-2153

Page 3 of 6 | 9 January 2019

## II SPECIAL PROVISIONS

### 1 Subject of approval and field of use

#### 1.1 Subject of approval

The national technical approval covers the production and use of the "Re-Con Zero Evo" recycling aid used to produce a reclaimed aggregate.

By adding the "Re-Con Zero Evo" recycling aid to the truck mixer or another suitable mixing device, a coarse aggregate with a high-strength coating is produced from the remaining concrete in a granulating process.

#### 1.2 Field of use

The "Re-Con Zero Evo" recycling aid may be used to produce reclaimed aggregates (from remaining concrete) based on DIN EN 206-1<sup>1</sup>, Clause 5.2.3.3, under the conditions of this national technical approval.

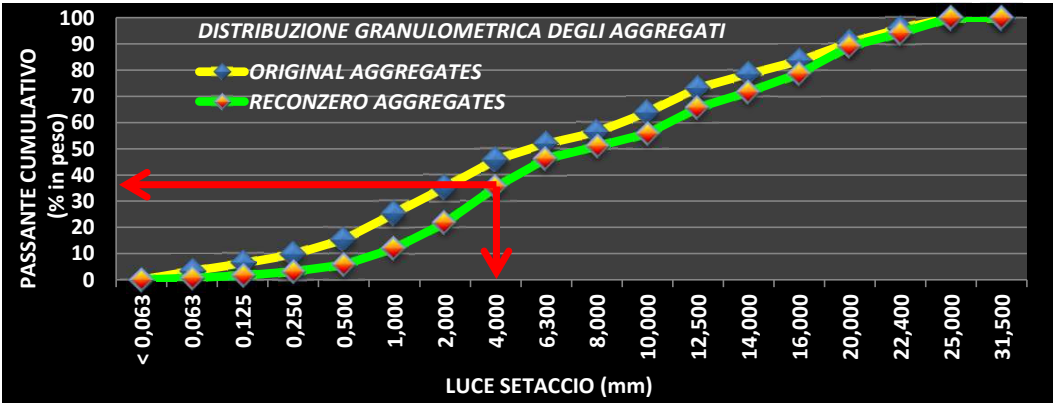
In deviation from DIN 1045-2<sup>2</sup>, Clause 5.2.3.3, the aggregates do not have to be washed out. The aggregates may be used as recycled aggregates for the production of concrete in accordance with DIN EN 206-1<sup>1</sup> in conjunction with DIN 1045-2<sup>2</sup> in compliance with the DAfStb Guideline "Concrete in accordance with DIN EN 206-1 and DIN 1045-2 with recycled aggregates in accordance with DIN EN 12620"<sup>3</sup>.





I processi di recupero degli aggregati dal calcestruzzo reso

RECUPERO A SECCO



Densità (stufa)	Assorb. H <sub>2</sub> O		Res. Framm.	Perd. cicli gelo/dis.	Cl <sup>-</sup> idrosol.	Cl <sup>-</sup> solub. in acido	Zolfo tot.	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> sol. acido
EN 1097-6	DIN 1045-2	DIN 1045-2	EN 1097-2	EN 1367-1	EN 1744-1	EN 1744-5	EN 1744-1	EN 1744-1
g/cm <sup>3</sup>	10m %	24h %	SZ <sub>8/12</sub> %	%	%	%	%	%
2.22	5.6	6.6	23	27	<0.005	<0.04	<0.5	<0.8



Il calcestruzzo con gli aggregati di recupero con processo «a secco».



Recycling aid



- A** CEMI42.5N
  - B** CEMI52.5N
  - C** CEMII/A-LL 42.5N
  - D** CEMII/B-S 42.5N
  - E** CEMIII/A 42.5N
  - F** CEMI52.5N + 21.5%FA
- W/C<sub>eq</sub> = 0.60**

28 gg

5% in peso

Riferimento

Agg	CEMI 42.5N	AGG RECUPERO	NAT AGG	W/C	ARIA	DENSITA'	FLOW SPREAD
	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>		%	Kg/m <sup>3</sup>	mm
A	323	79	1711	0.60	1.2	2330	530
B	324	79	1711	0.60	0.9	2330	540
C	323	79	1711	0.60	1.2	2340	550
D	323	79	1711	0.60	1.2	2325	530
E	323	79	1711	0.60	1.2	2341	540
F	323	79	1711	0.60	0.7	2337	530
NAT	321	0	1801	0.60	1.2	2332	530



Il calcestruzzo con gli aggregati di recupero con processo «a secco».



Recycling aid



- A** CEMI42.5N
  - B** CEMI52.5N
  - C** CEMII/A-LL 42.5N
  - D** CEMII/B-S 42.5N
  - E** CEMIII/A 42.5N
  - F** CEMI52.5N + 21.5%FA
- W/C<sub>eq</sub> = 0.60**

28 gg



5% in peso

Riferimento

Agg.	R <sub>COMPRESS</sub> (MPa)			R <sub>FLESS</sub> (MPa)	Mod. El. St. (kN/mm <sup>2</sup> )	Prof. Carb. (cm)
	2gg	28gg	90gg	90gg	28gg	140gg
A	24.8	46.0	51.8	3.41	28.9	2.5
B	23.6	44.4	50.8	3.48	29.9	2.0
C	23.9	45.8	52.4	3.67	28.9	2.5
D	22.8	43.6	49.7	3.14	29.2	2.5
E	24.2	43.9	51.8	3.53	30.6	2.5
F	23.8	45.6	52.6	3.46	30.0	2.0
NAT	24.0	45.0	50.8	3.38	29.1	2.5



### La sostenibilità del processo di recupero «a secco»

- Il recupero a secco viene eseguito direttamente all'impianto di produzione, quindi non richiede il trasporto del materiale all'esterno.
- Il recupero del calcestruzzo reso è quantitativo e non si producono rifiuti, né liquidi né solidi.

I benefici del recupero «a secco» rispetto allo smaltimento a discarica sono stati calcolati mediante il metodo LCA.

- Non servono impianti di trattamento.
- E' vantaggioso, perché si abbattano i costi dello smaltimento rifiuti e i costi di approvvigionamento degli aggregati.

PARAMETRO	U.M.	IMPATTO/Ton CLS RESO	
		RECUPERO "A SECCO"	DISCARICA
Global Warming Potential (GWP <sub>100</sub> )	kg CO <sub>2</sub> eq.	6.75	116
Eutrophication Pot. (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	0.0058	0.13
Acidification Pot. (AP)	kg of S eq.	0.021	0.56
Ozone layer Depletion Pot. (ODP)	kg CFC-11 eq.	4.4E-07	3.7E-08
Depl. abiotic res. (ADP elements)	kg Sb eq.	1.27E-05	1.33E-05
Depl. of abiotic res. (ADP fossil fuel)	MJ	56	1609





### Considerazioni conclusive

- Il panorama normativo relativo all'impiego nel calcestruzzo degli aggregati non naturali, e degli aggregati di recupero in particolare, lascia ancora delle aree interpretative non definite;
- Permangono dal punto di vista tecnico elementi che fanno tuttora preferire l'utilizzo dell'aggregato naturale rispetto a quello non naturale;
- La soluzione ottimale deve soddisfare i seguenti requisiti:
  - a) sicurezza e qualità;
  - b) fattibilità economica;
  - c) impatto ambientale complessivo.
- E' importante continuare ad investire nella ricerca per migliorare le proprietà strutturali e microstrutturali degli aggregati non naturali.





Grazie

Per l'attenzione!

[www.mapei.com](http://www.mapei.com)

