



Valutazione Tecnica Europea

**ETA 17/0908
del 24.05.2018**



(Traduzione in italiano realizzata dall'ITeC. Versione originale in inglese. In caso di dubbi o controversie, dovrà considerarsi sempre la versione originale).

Parte generale

Organismo di Valutazione Tecnica che emette l'ETA: ITeC

L'ITeC è stato designato in conformità con l'Articolo 29 del Regolamento (UE) N. 305/2011 ed è membro dell'EOTA (European Organisation for Technical Assessment).

Nome commerciale del prodotto da costruzione

Pozzolanica Solena

Area a cui appartiene il prodotto

26 – Prodotti correlati con calcestruzzo, malta e boiaccia.

Produttore

SOLENA s.r.l.
Via C. Cattaneo 62
IT-23900 Lecco
Italia

Stabilimento di produzione

Via Strada Statale dei Giovi 80
Paderno Dugnano
IT-20037 Milano
Italia

Questa Valutazione Tecnica Europea contiene

14 pagine

Questa Valutazione Tecnica Europea si emette in conformità al Regolamento (UE) 305/2011, sulla base di

Documento di Valutazione Europea 260009-00-0301 *Ceneri di processo provenienti da inceneritori municipali per rifiuti solidi come additivo di tipo II per la produzione di calcestruzzo, malta e boiaccia.*

Questa ETA sostituisce

ETA 17/0908 del 19.12.2017

Commenti generali:

Valutazione Tecnica Europea emessa in spagnolo dall'Istituto di Tecnologia della Costruzione della Catalogna (ITeC). Le traduzioni in altre lingue dovranno corrispondere interamente al documento originale emesso.

La riproduzione della presente Valutazione Tecnica Europea, inclusa la sua trasmissione per mezzi elettronici, deve essere integrale.

Parti specifiche della Valutazione Tecnica Europea

1 Descrizione tecnica del prodotto

Pozzolanica Solena è un'aggiunta di tipo II ottenuta dal trattamento fisico e chimico delle ceneri pesanti degli inceneritori di rifiuti solidi urbani (rifiuti domestici così come rifiuti di origine commerciale, industriale e istituzionale che, per loro natura e composizione sono simili ai rifiuti domestici, esclusi i rifiuti pericolosi).

Il processo di trattamento è caratterizzato dalla micronizzazione a umido delle particelle minerali, dall'elevato livello di separazione dei rottami metallici inizialmente presenti nel prodotto e, in particolare, dal fatto che il prodotto finito è privo di alluminio metallico e conseguentemente non determina più formazione di idrogeno¹.

Il prodotto finito (che, dopo la micronizzazione a umido in forma di slurry, viene sottoposto ad una fase di parziale disidratazione) è un aggregato umido di aspetto sabbioso e avente una dimensione granulometrica pari a circa da 0 mm a 6 mm, costituito di particelle elementari aggregate in cluster. L'acqua presente nel prodotto deve essere considerata come acqua di idratazione nel disegno del calcestruzzo.

Il prodotto viene normalmente utilizzato in combinazione con fluidificanti o superfluidificanti e, in particolari condizioni, dipendenti dagli altri costituenti del calcestruzzo, del disegno della miscela, ecc., può richiedere l'aggiunta di antischiuma² al fine di evitare l'intrappolamento di un eccesso di aria. La forma granulare può richiedere tempi di mescolamento aggiuntivi al fine di disperdere le particelle.

Il prodotto è registrato REACH e il suo EC number è 939-997-0.

Relativamente al confezionamento, al trasporto ed allo stoccaggio, è responsabilità del produttore adottare adeguate misure e informare i suoi clienti circa le misure per il trasporto e lo stoccaggio che ritiene necessarie.

Si presuppone che il prodotto venga utilizzato secondo le istruzioni del produttore o (in assenza delle istruzioni stesse) in accordo alle pratiche usuali delle costruzioni professionali.

2 Specifiche d'uso(i) previsto(i) in conformità con l'EAD applicabile

Pozzolanica Solena ha, come destinazione d'uso, quello di essere utilizzata come aggiunta di tipo II nel calcestruzzo strutturale gettato in opera o prefabbricato, conformemente a EN 206. Può anche essere usata in malte e boiacche.

Pozzolanica Solena è destinata ad essere utilizzata in combinazione con il cemento Portland (CEM I) e con il cemento Portland composito (CEM II/A) con le percentuali indicate nell'annesso A. Le classi di esposizione determinate sono indicate nell'annesso B.

3 Prestazioni del prodotto e riferimento ai metodi di valutazione

Le prestazioni della aggiunta tipo II Pozzolanica Solena, in relazione ai requisiti di base delle opere da costruzione (nel seguito RB), sono stati determinati secondo l'EAD 260009-00-0301 *Ceneri di processo provenienti da inceneritori municipali per rifiuti solidi come additivo del tipo II per la produzione di calcestruzzo, malta e boiacca*. Le caratteristiche essenziali della Pozzolanica Solena sono incluse nella tavola 3.1.

¹ La formazione di idrogeno possa causare problemi di espansione nel calcestruzzo fresco, questo è un fenomeno ben noto di delle ceneri pesanti derivanti dall'incenerimento di rifiuti domestici (MIBA).

² Il prodotto viene normalmente additivato con una certa quantità di antischiuma presso lo stabilimento di produzione. Tuttavia, in certi calcestruzzi, in ragione principalmente dei superfluidificanti ed anche del disegno della miscela e degli altri costituenti (cemento, aggregati, ecc.), è necessario aggiungere quantità addizionali di antischiuma.

Requisiti di base	Caratteristica essenziale	Prestazione			
BWR 1 Resistenza meccanica e stabilità	Composizione ⁽¹⁾	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	53,55 %		
		Solfati totali (SO ₃) (≤ 3 %)	0,57 %		
		Cloruri totali (Cl ⁻)	0,15 %		
		Cloruri solubili in acqua (Cl ⁻)	0,09 %		
		Fosfati totali (P ₂ O ₅) (≤ 5 %)	1,21 %		
	Indice di attività ⁽²⁾	A 28 giorni (≥ 75 %)	90,5 %		
		A 90 giorni (≥ 85 %)	92,4 %		
	Finezza	Setacciatura a umido (≤ 12,0 % in massa)	1,6 %		
		Per diffrazione laser	D(v;0,5) = 6,45 μm		
	Espansione/ritiro ⁽³⁾	Malta di riferimento	- 0,99 %		
		Malta valutata	- 0,74 %		
	Contenuto di umidità ⁽¹⁾		20,8 %		
	Perdita al fuoco ⁽¹⁾		5,3 %		
	Massa volumica		2.631 kg/m ³		
	Tempo di presa		Tempo di presa iniziale	Tempo di presa finale	Tempo limite di presa
		Malta di riferimento	2 h 20 min	3 h 15 min	--
Malta valutata	2 h 30 min	3 h 30 min	≤ 4 h 40 min		
Resistenza a compressione		Vedi l'allegato A			
Profondità di penetrazione dell'acqua in pressione		Vedi l'allegato B1			
Resistenza relativa alla carbonatazione		Vedi l'allegato B2			
Resistenza alla diffusione dei cloruri		Vedi l'allegato B3			
Resistenza ai solfati		Vedi l'allegato B4			

Note:

- (1) Percentuale in massa.
- (2) Rapporto percentuale fra la resistenza a compressione della malta valutata e quella della malta di riferimento.
- (3) Percentuale di variazione in altezza della malta valutata e della malta di riferimento rispetto ai relativi valori iniziali.

Tavola 3.1: Prestazioni della Pozzolonica Solena.

4 Valutazione e verifica della costanza delle prestazioni (VVCP) del sistema applicato, con riferimento alla base legale

In conformità con la Decisione 1999/469/EC, come modificata dalla Commissione Europea³ con Decisione 2001/596/EC, si utilizza il sistema di VVCP (si consulti il regolamento delegato (UE) N° 568/2014 che modifica l'Allegato V del Regolamento (UE) 305/2011) indicato nella seguente tabella.

Prodotto	Uso previsto	Sistema
Pozzolonica Solena	Aggiunta di tipo II per calcestruzzo, malta e boiaccia	1+

Tavola 4.1: Sistema VVCP applicabile.

5 Dettagli tecnici necessari all'implementazione del sistema VVCP, come previsto nell'EAD applicabile

Tutti i dettagli tecnici necessari all'implementazione del sistema di VVCP, vengono stabiliti dal *Piano di Controllo* depositato presso ITeC⁴, con il quale il controllo di produzione di fabbrica deve essere conforme.

Qualsiasi modifica venga effettuata lungo il processo di produzione del prodotto, deve essere notificata e se necessario andranno revisionati i relativi documenti in accordo con il *Piano di Controllo*.

Emesso a Barcellona il 24 maggio 2018.

dall'Istituto di Tecnologia della Costruzione della Catalogna.



Ferran Bermejo Nualart

Direttore Tecnico, ITeC

³ Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (GUUE) L184/27 dell'25/06/1999.

Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (GUUE) L209/33 dell'02/08/2011.

⁴ Il Piano di Controllo è una parte confidenziale dell'ETA e può averne accesso solamente l'organismo notificato da certificazione coinvolto nel processo di valutazione e verifica della costanza delle prestazioni.

ALLEGATO A: RESISTENZA A COMPRESSIONE E VALORE K

Cemento	Tempo di maturazione (giorni)	Acqua / Cemento (ω_a) ⁽¹⁾	k funzione di ω_r	Minimo valore k
60 % CEM I 52.5R + 40 % Pozzolonica Solena	7	0,40	$\frac{-0,267}{\omega_r} + 0,988$	0,32
		0,50		0,45
		0,60		0,54
	28	0,40	$\frac{-0,471}{\omega_r} + 1,429$	0,25
		0,50		0,49
		0,60		0,64
	90	0,40	$\frac{-0,223}{\omega_r} + 1,158$	0,60
		0,50		0,71
		0,60		0,79
80 % CEM I 52.5R + 20 % Pozzolonica Solena	7	0,40	$\frac{0,109}{\omega_r} + 0,696$	0,97
		0,50		0,91
		0,60		0,88
	28	0,40	$\frac{0,247}{\omega_r} + 0,457$	1,08
		0,50		0,95
		0,60		0,87
	90	0,40	$\frac{-0,318}{\omega_r} + 1,638$	0,84
		0,50		1,00
		0,60		1,11
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	7	0,40	$\frac{-0,633}{\omega_r} + 1,776$	0,20
		0,50		0,52
		0,60		0,73
	28	0,40	$\frac{-0,227}{\omega_r} + 1,137$	0,57
		0,50		0,68
		0,60		0,76
	90	0,40	$\frac{-0,200}{\omega_r} + 1,127$	0,63
		0,50		0,73
		0,60		0,79
85 % CEM II/A-LL 42.5R + 15 % Pozzolonica Solena	7	0,40	$\frac{-0,787}{\omega_r} + 2,340$	0,37
		0,50		0,77
		0,60		1,03
	28	0,40	$\frac{0,322}{\omega_r} + 0,446$	1,25
		0,50		1,09
		0,60		0,98
	90	0,40	$\frac{0,145}{\omega_r} + 0,744$	1,11
		0,50		1,03
		0,60		0,99

Note:

⁽¹⁾ Il rapporto acqua/cemento della malta valutata (ω_a) è lo stesso rapporto acqua/cemento della malta di riferimento (ω_r).

Tavola A1: Valori k.

ALLEGATO B: DURABILITÀ EQUIVALENTE

Schema dei test per la valutazione della durabilità equivalente:

Cementi utilizzati nell'ambito della valutazione		Classe di esposizione
Riferimento	Valutazione	
CEM II/A-LL 42.5R	70 % CEM II/A-LL 42.5R	XC4 + XD3 + XS3
CEM IV/A (V) 42.5R ⁽¹⁾	+ 30% Pozzolonica Solena	XC4 + XD3 + XS3 + XA3

Note:

- ⁽¹⁾ Il cemento di riferimento e quello utilizzato nell'ambito della valutazione non sono gli stessi per la valutazione della classe di esposizione XA3. Il CEM IV/A 42.5R è stato necessario per valutare le classi di esposizione XC4 + XD3 + XS3 + XA3. Non ha senso tecnicamente usare CEM IV/A 42.5R + 40% Pozzolonica Solena come cemento sul quale eseguire la valutazione, per il fatto che questo cemento contiene una elevata percentuale di pozzolana ed anche per il fatto che il produttore non è interessato all'aggiunta di Pozzolonica Solena al CEM IV.

Tavola B0: Schema dei test per la valutazione della durabilità equivalente.**ALLEGATO B1: PROFONDITÀ DI PENETRAZIONE DELL'ACQUA SOTTO PRESSIONE**

Calcestruzzo	Rapporto acqua/cemento	Profondità di penetrazione (massimo/medio) dell'acqua sotto pressione (EN 12390-8) [mm]			
		Campione			Valore medio
		1	2	3	
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	17 / 8	17 / 9	17 / 9	17 / 9
	$\omega_2 = 0,45$	18 / 11	19 / 12	18 / 11	18 / 11
	$\omega_3 = 0,47$	19 / 11	20 / 12	19 / 11	19 / 11
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	9 / 6	9 / 6	12 / 8	10 / 7
	$\omega_2 = 0,45$	11 / 8	10 / 9	13 / 10	11 / 9
	$\omega_3 = 0,47$	16 / 9	15 / 8	15 / 9	15 / 9
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,38$	12 / 7	10 / 7	14 / 9	12 / 8
	$\omega_2 = 0,40$	15 / 10	15 / 9	14 / 9	15 / 9
	$\omega_3 = 0,41$	16 / 10	17 / 10	16 / 9	16 / 10

Tavola B1: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione.

ALLEGATO B2: RESISTENZA RELATIVA ALLA CARBONATAZIONE

La resistenza relativa alla carbonatazione dopo 186, 273 e 365 giorni viene visualizzata rispettivamente nelle tabelle B2.1, B2.2 e B2.3. L'evoluzione della profondità della carbonatazione nel tempo viene visualizzata nella tabella B2.4. Si prevede di continuare il test e di effettuare misurazioni a 547 e 730 ($\pm 2\%$) giorni.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Campione	Dopo 186 giorni				Valore medio	
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A	1,8	1,9	1,9	4,0 ⁽¹⁾	1,9	1,8
		1B	1,6	1,6	1,5	1,9	1,7	
	$\omega_2 = 0,45$	4A	2,3	2,3	2,7	2,5	2,5	2,3
		4B	2,3	2,4	2,3	1,5	2,1	
	$\omega_3 = 0,47$	7A	2,5	3,7	2,5	2,5	2,8	2,8
		7B	3,0	2,2	2,7	3,2	2,8	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A	1,5	2,5	2,2	2,6	2,2	2,2
		2B	2,5	1,9	1,5	2,7	2,2	
	$\omega_2 = 0,45$	5A	2,8	2,8	2,7	2,9	2,8	2,8
		5B	2,5	2,8	2,2	3,4	2,7	
	$\omega_3 = 0,47$	8A	3,5	2,6	2,5	3,5	3,0	3,0
		8B	3,8	1,2	3,8	2,7	2,9	
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,38$	3A	2,5	2,3	2,5	2,9	2,6	2,6
		3B	2,5	3,2	2,5	2,7	2,7	
	$\omega_2 = 0,40$	6A	1,3	3,5	1,1	3,7	2,4	2,7
		6B	2,7	3,7	2,0	3,4	3,0	
	$\omega_3 = 0,41$	9A	2,5	2,5	2,5	3,0	2,6	3,0
		9B	3,5	3,5	3,2	3,5	3,4	

Note:

- (1) In conformità con CEN/TS 12390-10, i valori di penetrazione della CO₂ per i quali i valori misurati di Δd_k sono maggiori o uguali a 4 mm non devono essere inclusi nel calcolo della profondità di carbonatazione media. Vedere la figura 2 del CEN/TS 12390-10 per il significato di Δd_k .

Tavola B2.1: Profondità della carbonatazione a 186 giorni.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Campione	Dopo 273 giorni				Valore medio	
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A	1,7	0,7	2,4	1,7	1,6	1,8
		1B	1,2	1,9	1,8	2,6	1,9	
	$\omega_2 = 0,45$	4A	7,7 ⁽¹⁾	2,0	3,1	1,6	2,2	2,4
		4B	4,3	2,0	1,9	2,0	2,6	
	$\omega_3 = 0,47$	7A	3,8	3,6	3,2	4,1	3,7	3,5
		7B	2,9	3,2	3,4	3,6	3,3	

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Campione	Dopo 273 giorni				Valore medio	
			A	B	C	D		
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A	2,5	2,3	2,1	1,6	2,1	2,3
		2B	2,9	2,5	2,9	2,0	2,6	
	$\omega_2 = 0,45$	5A	6,0 ⁽¹⁾	3,9	2,9	2,7	3,2	3,1
		5B	2,4	4,1	3,8	2,1	3,1	
	$\omega_3 = 0,47$	8A	4,0	4,3	3,2	4,7	4,1	3,7
		8B	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4	
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,378$	3A	3,3	3,4	3,0	2,3	3,0	2,9
		3B	3,3	2,7	2,6	2,6	2,8	
	$\omega_2 = 0,396$	6A	3,2	3,8	2,6	3,0	3,1	3,2
		6B	2,8	3,4	3,3	3,9	3,3	
	$\omega_3 = 0,414$	9A	4,4	4,3	3,6	3,1	3,9	3,7
		9B	3,7	4,2	3,9	2,8	3,6	

Note:

- (1) In conformità con CEN/TS 12390-10, i valori di penetrazione della CO₂ per i quali i valori misurati di Δd_k sono maggiori o uguali a 4 mm non devono essere inclusi nel calcolo della profondità di carbonatazione media. Vedere la figura 2 del CEN/TS 12390-10 per il significato di Δd_k .

Tavola B2.2: Profondità della carbonatazione a 273 giorni.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Campione	Dopo 365 giorni				Valore medio	
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A	1,8	1,2	2,6	1,5	1,8	1,8
		1B	1,4	2,5	1,4	1,6	1,7	
	$\omega_2 = 0,45$	4A	3,0	4,0	2,6	4,5	3,5	3,1
		4B	2,8	3,5	1,8	2,7	2,7	
	$\omega_3 = 0,47$	7A	3,4	4,2	3,6	3,2	3,6	3,5
		7B	3,2	3,3	3,3	3,5	3,3	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A	3,6	3,9	2,5	2,9	3,2	2,9
		2B	2,5	2,0	3,3	2,6	2,6	
	$\omega_2 = 0,45$	5A	3,5	3,2	3,9	2,9	3,4	3,2
		5B	2,8	3,2	3,2	2,5	2,9	
	$\omega_3 = 0,47$	8A	3,3	4,3	4,2	4,8	4,2	4,3
		8B	4,0	4,9	4,1	4,9	4,5	
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,378$	3A	3,4	3,4	3,0	3,6	3,3	3,3
		3B	3,5	2,3	3,5	3,7	3,3	
	$\omega_2 = 0,396$	6A	3,8	2,3	4,1	3,3	3,4	3,3
		6B	1,8	1,2	2,6	1,5	3,1	
	$\omega_3 = 0,414$	9A	1,4	2,5	1,4	1,6	4,7	4,5
		9B	3,0	4,0	2,6	4,5	4,3	

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]					
		Campione	Dopo 365 giorni				Valore medio
			Faccia del campione				
		A	B	C	D		

Tavola B2.3: Profondità della carbonatazione a 365 giorni.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (valore medio) (d_{km}) [mm] in conformità con al tempo di esposizione in giorni				
		186	273	365	457	730
100 % CEM IV 42.5R	0,43	1,8	1,8	1,8	--	--
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,43	2,2	2,3	2,9	--	--
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	0,378	2,6	2,9	3,3	--	--
100 % CEM IV 42.5R	0,45	2,3	2,4	3,1	--	--
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,45	2,8	3,1	3,2	--	--
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	0,396	2,7	3,2	3,3	--	--
100 % CEM IV 42.5R	0,47	2,8	3,5	3,5	--	--
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,47	3,0	3,7	4,3	--	--
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	0,414	3,0	3,7	4,5	--	--

Tavola B2.4: Evoluzione della profondità della carbonatazione nel tempo.

ALLEGATO B3: RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DEI CLORURI

Calcestruzzo	Rapporto acqua/cemento	Penetrazione dei cloruri mediante misura colorimetrica da bordo sinistro a bordo destro(EN 12390-11) [mm]						
		Campione	Punto di misura					Valore medio
			1	2	3	4	5	
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A'	17	12	10	10	10	12
	$\omega_2 = 0,45$	4A'	15	10	14	16	22	15
	$\omega_3 = 0,47$	7A'	17	25	11	18	18	18
100 % CEM II/A- LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A'	12	20	13	17	19	16
	$\omega_2 = 0,45$	5A'	9	10	10	17	15	12
	$\omega_3 = 0,47$	8A'	19	18	15	23	19	19
70 % CEM II/A- LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,38$	3A'	8	10	10	6	6	8
	$\omega_2 = 0,40$	6A'	5	10	15	3	5	8
	$\omega_3 = 0,41$	9A'	8	15	8	7	7	9

Tavola B3.1: Penetrazione dei cloruri.

Campione	Livello di riferimento in acqua potabile	Contenuto di cloruri [%] nel calcestruzzo							
		Alla profondità [mm] di:							
		0 – 3	3 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 15	15 – 18	18 – 21	21 – 24
1A'	< 0,010	0,643	0,380	0,240	0,129	0,065	< 0,058	< 0,029	0
4A'	< 0,011	0,463	0,283	0,143	0,082	0,041	0,026	0,018	0
7A'	0,016	0,343	0,233	0,167	0,084	0,033	0,037	0,018	0
2A'	< 0,010	0,567	0,333	0,213	0,167	0,098	0,048	0,024	0
5A'	0,016	0,370	0,270	0,207	0,120	0,072	0,034	< 0,029	0
8A'	0,012	0,390	0,257	0,210	0,133	0,051	0,036	0,014	0
3A'	0,014	0,370	0,213	0,101	0,055	< 0,033	0	0	0
6A'	0,012	0,273	0,180	0,093	0,038	0,022	0	0	0
9A'	0,012	0,260	0,157	0,097	0,042	0,021	0	0	0

Note:

- I valori in corsivo sono stati estrapolati.

Tavola B3.2: Profilo quantitativo della penetrazione dei cloruri.

ALLEGATO B4: RESISTENZA AI SOLFATI

Soluzione al 4,4 % di Na₂SO₄ a 20 °C (conservazione in soluzione solfatica a 20 °C)							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	12,24	40,10	160,04	--	166,3	2.139	29.178
14	12,15	40,04	160,17	0,812	166,4	2.149	32.408
28	12,24	40,13	160,10	0,375	167,5	2.147	33.265
56	12,06	40,18	160,12	0,500	168,4	2.194	35.359
90	12,13	40,07	160,08	0,250	168,3	2.187	37.589
180	12,16	40,01	159,96	-0,500	168,5	2.185	38.066

Soluzione al 4,4 % di Na₂SO₄ a 20 °C (conservazione in soluzione solfatica a 20 °C)							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolonica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	15,42	39,92	160,19	--	217,0	2.203	31.021
14	15,37	39,99	160,44	1,560	216,2	2.196	33.427
28	15,38	39,96	160,34	0,936	217,1	2.205	34.867
56	15,38	39,90	160,18	-0,062	217,5	2.217	36.108
90	15,29	39,94	160,32	0,812	217,7	2.228	38.366
180	15,29	39,99	160,20	0,062	217,6	2.224	40.194

Tavola B4.1: Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione in soluzione solfatica a 20 °C).

Soluzione al 4,4 % Na₂SO₄ a 5 °C (conservazione in soluzione solfatica a 5°C).							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	13,49	40,15	160,10	--	172,6	1.978	25.402
14	13,43	40,17	160,01	-0,562	172,4	1.985	26.295
28	13,44	40,19	160,07	-0,187	173,5	1.994	28.378
56	13,11	40,12	160,16	0,375	174,7	2.062	29.975
90	13,11	40,15	160,33	1,437	174,6	2.055	30.661
180	14,26 ⁽¹⁾	40,28 ⁽¹⁾	160,33 ⁽¹⁾	1,437	194,5 ⁽¹⁾	2.102 ⁽¹⁾	31.766 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Uno dei tre campioni si è rotto nell'ultimo periodo.

Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio dei 3 campioni) per 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolanica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	12,82	40,19	159,96	--	181,3	2.191	31.797
14	12,67	40,07	160,00	0,250	180,6	2.221	34.052
28	12,79	40,06	160,10	0,875	181,4	2.210	35.166
56	12,42	40,04	159,94	-0,125	182,1	2.296	37.465
90	12,52	40,12	159,90	-0,375	181,9	2.263	37.902
180	12,63	40,17	159,60	-2,250	182,0	2.245	39.773

Tavola B4.2: Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione in soluzione solfatica a 5°C).

Soluzione satura di Ca(OH) ₂ a 20 °C (conservazione di riferimento a 20 °C).							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	13,29	39,92	160,14	--	179,8	2.127	27.491
14	12,95	40,14	160,13	-0,062	179,2	2.162	29.261
28	13,12	39,94	160,41	1,686	180,6	2.160	31.037
56	13,12	39,88	160,19	0,312	180,7	2.165	32.487
90	13,04	39,96	160,18	0,250	181,4	2.185	34.529
180	12,99	39,95	160,13	-0,063	181,4	2.196	35.691

Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolanica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	10,95	40,05	159,92	--	162,2	2.326	35.118
14	10,93	40,18	160,09	1,063	163,3	2.323	35.520
28	10,98	40,03	159,96	0,250	163,9	2.331	37.771
56	10,92	40,04	159,99	0,438	164,4	2.350	39.254
90	10,87	40,01	159,98	0,375	164,0	2.356	41.108
180	10,88	40,09	160,03	0,688	164,2	2.351	41.825

Tavola B4.3: Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione di riferimento a 20 °C).

Soluzione satura di Ca(OH)₂ a 5 °C (conservazione di riferimento a 5 °C).							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	11,71	39,84	159,45	--	157,6	2.118	23.354
14	11,69	39,94	160,09	4,014	158,1	2.115	25.072
28	11,72	39,97	160,10	4,077	159,3	2.126	25.326
56	11,82	39,94	160,00	3,449	160,2	2.121	26.444
90	11,76	39,57	160,01	3,512	160,7	2.158	27.476
180	11,71	39,95	160,06	3,826	160,6	2.145	28.173
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolonica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	12,02	39,85	160,38	--	162,7	2.132	26.963
14	11,95	39,99	160,14	-1,497	163,3	2.148	28.661
28	11,93	39,85	160,29	-0,561	164,5	2.171	30.226
56	11,90	39,87	160,30	-0,499	165,8	2.190	31.239
90	11,86	39,75	160,35	-0,187	165,8	2.207	31.795
180	11,98	39,89	160,29	-0,561	166,3	2.182	33.451

Tavola B4.4: Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione di riferimento a 5 °C).