

QUADERNI PER I PRODUTTORI
DI CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

n.6

LA PRODUZIONE DI CALCESTRUZZI CON ACQUA INDUSTRIALE RECUPERATA

Marzo 2024





indice

	PREMESSA	5
1	GESTIONE SOSTENIBILE DELL'ACQUA IN EDILIZIA: ATTUARE L'ECONOMIA CIRCOLARE	6
2	UTILIZZO DELLE ACQUE DI RECUPERO DEI PROCESSI DELL'INDUSTRIA DEL CALCESTRUZZO	7
3	PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM II/A-LL 42,5 R	12
4	PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM III/A 32,5 N LH	14
5	PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM IV/B(P) 32,5R	16
6	PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM IV/A(V) 42,5R	18
	CONCLUSIONI	21

PREMESSA

Fornire ai soci Atecap e, più in generale, agli attori del mondo del calcestruzzo, gli elementi necessari per una corretta interpretazione della Norma UNI EN 1008:2003 “Acqua d’impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell’idoneità dell’acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell’industria del calcestruzzo, come acqua d’impasto del calcestruzzo”.

Questo l’obiettivo del presente Quaderno e, nel contempo, consentire il regolare utilizzo di acque di processo nella produzione del calcestruzzo nel rispetto di una politica ambientale e della transizione ecologica. Come è noto, la composizione chimica dell’acqua ha una forte incidenza sul mix design del calcestruzzo.

La sostenibilità ambientale è sempre più parte integrante del settore delle costruzioni. Parlare di modelli di economia circolare significa prevedere il recupero e riutilizzo continuo delle risorse all’interno del ciclo produttivo, generando ulteriore valore e, idealmente, minimizzare l’utilizzo di risorse non rinnovabili come sabbia e ghiaia ma anche un altro bene sempre più prezioso quale l’acqua.

La tutela dell’ambiente e l’uso efficiente delle risorse sono una componente fondamentale nella gestione d’impresa. Pertanto, anche i produttori di calcestruzzo sono chiamati attivamente a prevenire, minimizzare e mitigare gli impatti ambientali generati dalle proprie attività e ad implementare efficaci misure volte alla riduzione della propria impronta ambientale derivante da un uso razionale ed efficiente delle risorse.

L’acqua è la risorsa naturale che più soffre problemi di sbagliata gestione, di eccessivo uso e la più sensibile all’inquinamento. Ad incrementare la sua vulnerabilità è la forte crescita di eventi climatici estremi che causano danni ai territori, alle attività produttive, alla salute dei cittadini e agli ecosistemi. In Italia ogni anno si consumano oltre 26 miliardi di m³ di acqua: il 55% circa della domanda proviene dal settore agricolo, il 27% da quello industriale e il 18% da quello civile.

Ridurre il consumo di acqua potabile là dove non strettamente richiesta, a favore delle acque non potabili (acque naturali di superficie e acque reflue opportunamente depurate) sia per scopi industriali che per altri impieghi, è uno degli obiettivi dell’agenda ONU 2030.

Nota metodologica. Nel Quaderno sono stati presi in considerazione cementi rappresentativi della gamma oggi esistente.

1.

GESTIONE SOSTENIBILE DELL'ACQUA IN EDILIZIA: ATTUARE L'ECONOMIA CIRCOLARE

Uno dei principi fondamentali della gestione sostenibile dell'acqua consiste nel considerare le acque di scarico come parte di un sistema completo e nell'esaminare non solo il trattamento e lo scarico delle acque reflue, ma anche l'intero processo di consumo delle risorse idriche.

Per essere sostenibile, un sistema di gestione delle acque deve provvedere a:

- uso efficiente dell'acqua
- riduzione del consumo della risorsa primaria
- ottimizzazione del processo di depurazione delle acque di processo
- riutilizzare al massimo le acque trattate





2.

UTILIZZO DELLE ACQUE DI RICUPERO DEI PROCESSI DELL'INDUSTRIA DEL CALCESTRUZZO

In base ai principi cardine contenuti negli impegni per la Sostenibilità 2030, e in accordo alla UNI EN 1008, è stata messa a punto una procedura-guida per la verifica all'idoneità dell'utilizzo delle acque naturali di superficie, di processo e acque combinate per la produzione del calcestruzzo.

L'acqua di impasto, compresa l'acqua di riciclo proveniente dal lavaggio delle betoniere e dal punto di carico, non dovrà contenere materie organiche o sali aggressivi od altri materiali che possono interferire con i processi di presa ed indurimento, influenzare le proprietà meccaniche e causare efflorescenze e macchie sulla superficie del calcestruzzo.

2.1

CAMPIONATURA FREQUENZA E VALUTAZIONE DELLE ACQUE DI RICUPERO

2.1.1 Campionamento (§ 5 UNI EN 1008)

Un campione d'acqua non minore di 0,5l, deve essere rappresentativo dell'acqua da utilizzare, correttamente indentificato e deve essere analizzato entro 2 settimane dal campionamento. La frequenza delle determinazioni sulle acque è stabilita concordemente a quanto specificato nella UNI EN 1008, precisamente nei paragrafi § A.5.1. e § 6.2.

A seconda del tipo di acqua e per tener conto dei possibili effetti dovuti alle fluttuazioni stagionali, nella tabella n. 1 sono riportate le frequenze per ogni tipo di acqua utilizzata.

Tabella n. 1

Tipo Acqua	Determinazione	Frequenza
Acqua di recupero da processi dell'industria del calcestruzzo	Massa volumica	Una volta al giorno a meno di tecnologie presenti in impianto (es. densimetro) (§ A.5.1 UNI EN 1008)
Acqua combinata (miscela di acqua di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo e acqua proveniente da altre fonti)	Massa volumica	Una volta al giorno a meno di tecnologie presenti in impianto (es. densimetro) (§ A.5.1 UNI EN 1008)
Acqua potabile	Nessuna prova	Nessuna prova (§ 6.2 UNI EN 1008)
Acqua di origine sotterranea Acqua Naturale di superficie Acque reflue industriali Acque di recupero da processi dell'industria del calcestruzzo Acque combinate	Analisi previste per l'idoneità	Sottoporre a prova prima del primo impiego e successivamente su base mensile fino a stabilire un chiaro quadro della fluttuazione della composizione dell'acqua. Successivamente, si può adottare una frequenza minore (§ 6.2 UNI EN 1008)
Acqua marina o salmastra (solo per getti senza armatura o altri elementi metallici inglobati)	Analisi previste per l'idoneità	Sottoporre a prova prima del primo impiego e successivamente una volta all'anno e quando necessario (§ 6.2 UNI EN 1008)

2.1.2 Valutazione della idoneità delle acque (§ 4.2 UNI EN 1008)

L'idoneità all'utilizzo dell'acqua di recupero dai processi dell'industria del calcestruzzo o di sue combinazioni (es. con acque provenienti da altre fonti), deve essere conforme a:

- Requisiti per ispezione preliminare (vedi tabella n. 2)
- Requisiti per le sostanze dannose (vedi tabella n. 2)
- Tempi di presa e resistenza (vedi tabella n. 3)

2.1.2.1 Requisiti per ispezione preliminare e per sostanze dannose contenute nell'acque utilizzate per produzione del calcestruzzo (§ 4.2 UNI EN 1008)

Tabella n. 2

	Caratteristica	Unità	Limiti di Accettabilità UNI EN 1008
Requisiti per Ispezione preliminare	Oli e grassi	-	Assenti-solo tracce visibili
	Detergenti	-	Assenti-Scomparsa della schiuma entro 2'
	Colore	-	Incolore - Giallo pallido o più pallido
	Sostanze in Sospensione	ml/l	Sedimento massimo 4 ml
	Odore	-	Nessun odore - leggero odore di cemento
	pH	-	≥ 4
	Sostanza Umica	Colore	Nessun colore- Marrone giallognolo o più pallido
Requisiti per le sostanze dannose	Solfati (SO ₄ ²⁻)	mg/l	≤ 2000 mg/l
	Cloruri (Cl ⁻)	mg/l	≤ 1000 mg/l
	Alcali - Sodio Eq. Tot (come Na ₂ O)	mg/l	< 1500 mg/l
	Acido Solfidrico	mg/l	-
	Nitrati (come NO ₃ ⁻)	mg/l	≤ 500 mg/l
	Fosfati (come P ₂ O ₅ ⁻)	mg/l	≤ 100 mg/l
	Piombo (come Pb ²⁺)	mg/l	≤ 100 mg/l
	Zinco (come Zn ²⁺)	mg/l	≤ 100 mg/l
Zuccheri	mg/l	≤ 100 mg/l	

L'acqua esaminata e non conforme a uno o più requisiti indicati in tabella, potrà essere utilizzata solo se può essere dimostrata la sua idoneità per la produzione del calcestruzzo, ovvero valutandone i tempi di presa e resistenza, vedi rispettivamente i § 2.1.2.1 e § 2.1.2.2.

2.1.2.2 Valutazione dei Tempi di presa (§ 4.4 UNI EN 1008)

I test sui tempi di presa (inizio e fine) con sola acqua di recupero da processi dell'industria del calcestruzzo o combinata con acqua proveniente da altre fonti devono essere confrontati con i tempi ottenuti utilizzando l'acqua reference distillata/deionizzata e rientrare nei limiti specificati nella tabella n. 3.

Tabella n. 3

Determinazione	Limiti di accettazione
Tempo inizio presa	> 1h < (tempo maggiorato del 25% del test con acqua reference)
Tempo fine presa	< 12h < (tempo maggiorato del 25% del test con acqua reference)

2.1.2.3 Valutazione delle Resistenze Meccaniche (§ 4.4 UNI EN 1008)

Le prove di resistenza a compressione secondo UNI EN 1008 vanno confrontati tra provini in calcestruzzo o malta confezionati con acqua in esame e acqua reference a 7 giorni di maturazione ed essere conformi ai limiti riportati nella tabella n. 4.

Tabella n. 4

Determinazione	Limiti di accettazione
Rc MALTA a 7gg	> 90% dell'Rc media dei provini confezionati con acqua reference
Rc CALCESTRUZZO 7gg	> 90% dell'Rc media dei provini confezionati con acqua reference

2.1.2.4 Combinazioni di acque per la produzione calcestruzzo e loro valutazione

I test di valutazione sopra elencati, devono necessariamente essere eseguiti confrontando le prestazioni dell'acqua combinata di seguito denominata "Riciclo" con quella Reference distillata/deionizzata (vedi § 4.4 di UNI EN 1008).

La composizione dell'acqua di riciclo dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche delle varie fonti utilizzate.

Al fine di massimizzare l'utilizzo e quindi la sostenibilità, si propone di studiare almeno le tre seguenti composizioni:

Tabella n. 5

	Acqua Reference	Acqua "Riciclo"
Comb reference	100%	0%
Comb 1	50%	50%
Comb 2	0%	100%

- **Acqua Reference** = acqua potabile utilizzata in impianto o acqua distillata o acqua deionizzata
- **Acqua di Riciclo** = acqua industriale, acqua di processo, acqua combinata di processo + acqua naturale di superficie

Le resistenze a compressione dei provini in calcestruzzo/malta confezionati utilizzando le acque con Comb 1 e Comb 2, in accordo alle indicazioni riportate nella UNI EN 1008 dovranno avere uno scostamento max rispetto alla Comb Reference max del $\pm 10\%$ vedi grafico 1.

Confronto Resistenze Meccaniche

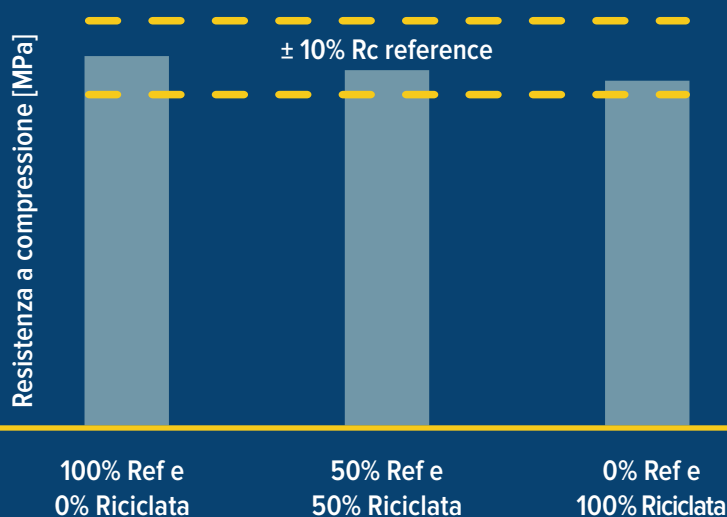


Grafico n. 1

3.

PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM II/A-LL 42,5 R

Le prove sono state eseguite impiegando un CEM II/A-LL 42,5 R con 3 differenti combinazioni di acqua: 100% acqua deionizzata (reference), miscela 50%-50% di acqua deionizzata-riciclo e 100% acqua di riciclo. Nel caso di presenza di acqua di riciclo, per le malte ed i calcestruzzi si è provveduto a modificare il quantitativo di acqua e parte solida secondo quanto riportato nel prospetto A.1 della UNI 1008:2003.

Nelle paste è stato variato soltanto il quantitativo di acqua. Pertanto, tutte le metodologie di prova indicate nelle tabelle di seguito, sono da considerarsi applicate con tale metodo. In tabella n. 6 sono riportati i risultati delle prove su malta e pasta.

Tabella n. 6

		inizio presa (min)	Fine presa (min)	Acqua impasto (%)	"flow (%)"	"RC1 (MPa)"	"RC2 (MPa)"	"RC7 (MPa)"
		UNI EN 196-3		UNI 7044		UNI EN196-1		
100% acqua deionizzata (reference)	1° test	150	300	27,5	111	14,9	26,3	38,8
	2° test	130	300	27,5	108	14,4	26,2	38,1
	3° test	140	300	27,5	109	14,1	26,2	39,2
	Media	140,0	300,0	27,5	109,3	14,5	26,2	38,7
50% deionizzata - 50% riciclo	1° test	135	275	28	95	15,8	27,9	40,3
	2° test	130	295	28	97	15,2	27,7	40
	3° test	120	295	28	96	15,4	27,9	40,5
	Media	128,3	288,3	28,0	96,0	15,5	27,8	40,3
Verifica requisiti UNI 1008		IP>1h soddisfatto verifica IP < (IP reference + 25%) 128 < 175 soddisfatto	FP<12h soddisfatto verifica FP < (FP reference + 25%) 288<375 soddisfatto					Verifica RC7 > 90% RC7 reference 40,3>34,8 soddisfatto
100% riciclo	1° test	125	205	27,8	91	17,1	29,8	41,6
	2° test	115	290	27,8	94	17,3	30,5	41,9
	3° test	110	285	27,8	94	17,2	29,8	41,6
	Media	116,7	260,0	27,8	93,0	17,2	30,0	41,7
Verifica requisiti UNI 1008		IP>1h soddisfatto verifica IP < (IP reference + 25%) 116,7 < 175 soddisfatto	FP<12h soddisfatto verifica FP < (FP reference + 25%) 260<375 soddisfatto					Verifica RC7 > 90% RC7 reference 41,7>34,8 soddisfatto

Per il confezionamento delle prove in calcestruzzo, è stato impiegato un additivo superfluidificante al fine dell'ottenimento delle lavorabilità riportate. In base ai risultati ottenuti si è provveduto a verificare i requisiti indicati nella UNI 1008 riferite ai tempi di presa in pasta ed alle resistenze meccaniche a 7 giorni in malta e calcestruzzo.

In tabella n. 7 sono riportati i risultati delle prove su calcestruzzo.

Tabella n. 7

		"RC7 (MPa)"	"MV7 (kg/m3)"	"slump (mm)"	"aria (%)"
		UNI EN 12390-3	UNI EN 12390-7	UNI EN 12350-2	UNI EN 12350-7
100% acqua deionizzata (reference)	1° test	45,4	2393	210	1,3
	2° test	44,6	2464	220	1,7
	3° test	45,0	2382	230	1,5
	media	45,0	2413	220	1,5
50% deionizzata - 50% riciclo	1° test	44,2	2410	220	1,8
	2° test	43,8	2364	210	1,8
	3° test	44,5	2371	220	2,5
	Media	44,2	2382	217	2,0
Verifica requisiti UNI 1008		Verifica RC7 > 90% RC7 reference 44,2>40,5 soddisfatto			
100% riciclo	1° test	43,5	2377	200	2,2
	2° test	44,1	2400	210	2,2
	3° test	45,5	2380	205	2,9
	Media	44,4	2386	205	2,4
Verifica requisiti UNI 1008		Verifica RC7 > 90% RC7 reference 44,4>40,5 soddisfatto			

4.

PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM III/A 32,5 N LH

Esempio della valutazione dei tempi di presa e delle resistenze meccaniche dell'acqua combinata su malta (§ 4.4 UNI EN 1008:2003).

Nell'ambito della valutazione d'idoneità dell'acque di riciclo, si riportano, come esempio, una serie di prove effettuate su acqua combinata e acqua reference. In base alle norme di riferimento, UNI EN 196-3 e UNI EN 196-1 sono state condotte rispettivamente le valutazioni dei tempi di inizio e fine presa su pasta cementizia e quelle di resistenza meccanica a 7 giorni di maturazione su provini in malta.

Per il confezionamento di tutti i provini è stato utilizzato come legante un cemento III/A 32,5 N LH. I test reference sono stati realizzati utilizzando acqua distillata, mentre i test di valutazione dell'acqua combinata è stata utilizzata la miscela contenente 80% acqua di rete e 20 % acqua di processo.

Nella tabella n. 8 sono riportati i risultati delle prove sopra discusse.

Tabella n. 8

		Inizio presa (min)	Fine presa (min)	Rm 7d (MPa)
		UNI EN 196-3		UNI EN196-1
Ref. n. 1	100% Acqua distillata	285	368	28,25
Ref. n. 2	100% Acqua distillata	280	360	28,36
Ref. n. 3	100% Acqua distillata	290	365	29,25
Ref. n. 4	100% Acqua distillata	280	375	28,62
Media Reference		284	367	28,62
Test n. 1	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	290	375	28,13
Test n. 2	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	285	370	28,13
Test n. 3	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	300	370	29,54
Test n. 4	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	355	360	28,57
Media Test		307	369	28,59
		Ok	Ok	Ok
Differenza Test / Reference		307 < 355 (Inizio presa Ref +25%)	369 < 458 (Fine presa Ref +25%)	ΔR_c (Med.Test – Media Ref.) < al 10% di R _c Ref

Analogamente alla valutazione d' idoneità eseguita su malta, sono stati condotti i test in calcestruzzo prendendo a riferimento un mix design avente classe di consistenza S4.

In base alle norme di riferimento, UNI 7123 e UNI EN 12390-3, sono state condotte rispettivamente le valutazioni dei tempi di inizio e fine presa su calcestruzzo e le determinazioni delle resistenze meccaniche a 7 giorni di maturazione su provini in calcestruzzo.

Come per i test in malta, anche per i test in calcestruzzo è stato impiegato il cemento III/A 32,5 N LH.

Per i test reference è stata impiegata l'acqua distillata, mentre per i test di valutazione dell'acqua combinata è stata utilizzata la miscela composta dall' 80% acqua di rete e 20% acqua di processo.

In tabella n. 9 sono riportati i risultati delle prove in calcestruzzo.

Tabella n. 9

	Mix Calcestruzzo	Inizio presa (h:min)	Fine presa (h:min)	Rm 7d (MPa)
		UNI 7123	UNI EN 12390-3	
Ref. n. 1	100% Acqua distillata	08:15	11:25	37,9
Ref. n. 2	100% Acqua distillata	08:05	11:15	37,8
Ref. n. 3	100% Acqua distillata	08:15	11:20	38,3
Ref. n. 4	100% Acqua distillata	08:20	11:15	39,0
Media Reference		08:14	11:19	38,2
Test n. 1	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	08:20	11:30	37,7
Test n. 2	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	08:10	11:22	37,7
Test n. 3	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	08:00	11:10	37,8
Test n. 4	80% Acq di rete + 20% Acq Processo	08:25	11:25	38,4
Media Test		08:19	11:22	37,9
Differenza Test / Reference		Ok 8:19 < 10:21 (Inizio presa Ref +25%)	Ok 11:22 < 12 h	Ok 0,3 < 3,82 ΔR_c (Med.Test – Media Ref.) < al 10% di Rc Ref

5.

PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM IV/B(P) 32,5R

La resistenza media a compressione dopo 7 giorni, dei provini di malta, confezionati con l'acqua in esame, deve essere almeno del 90% della resistenza dei corrispondenti provini confezionati con l'acqua distillata o deionizzata. Si riporta la legenda per le tabelle 8, 9, 10 e 11: **RIC**: Acqua di riciclo **DIST**: Acqua deionizzata (Merck ELIX 3 - conducibilità H2O <0,03 mS/m a 20°C).

Resistenza a compressione volume acqua costante

Tabella n. 10

UNI EN 196-1	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Spandimento UNI 7044	%	81	76	60	56	49
RC1 gg	MPa	10,24	11,25	12,05	13,56	13,94
RC2gg	MPa	21,26	22,76	24,1	25,53	27,29
RC 7 gg (1)	MPa	34,6	35,55	37,01	38,17	40,74
RC 7 gg (2)	MPa	33,65	35,74	36,78	38,83	39,38
RC 7 gg (3)	MPa	34,31	35,74	36,08	37,03	39,97
MEDIA 7 gg	MPa	34,19	35,68	36,62	38,01	40,03
Indice resistenza a 7 gg	-	-	104	107	111	117

Resistenza a compressione volume acqua corretto (parte in sospensione)

Tabella n. 11

UNI EN 196-1	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Spandimento UNI 7044	%	81	79	81	81	83
RC1 gg	MPa	10,24	10,56	10,09	10,41	10
RC2gg	MPa	21,26	22,36	21,8	20,74	21,21
RC 7 gg (1)	MPa	34,6	33,96	34,56	34,23	33,54
RC 7 gg (2)	MPa	33,65	34,74	34,61	34,81	32,82
RC 7 gg (3)	MPa	34,31	34,7	35,09	33,18	33,86
MEDIA 7 gg	MPa	34,19	34,47	34,75	34,07	33,4
Indice resistenza a 7 gg	-	-	101	102	100	98

Tempo di presa (inizio-fine) volume acqua costante

Tabella n. 12

UNI EN 196-3	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Tempo Inizio presa (1)	Minuti	185	185	180	175	165
Tempo Fine presa (1)		285	285	255	235	225
Tempo Inizio presa (2)	Minuti	175	180	165	160	160
Tempo Fine presa (2)		285	270	240	220	225
Tempo Inizio presa (3)	Minuti	170	170	160	175	160
Tempo Fine presa (3)		270	275	240	235	220
MEDIA Inizio Presa	Minuti	177	178	168	170	162
MEDIA Fine Presa	Minuti	280	277	245	230	223

Tempo di presa (Inizio-Fine) consistenza 6±2 rif. UNI EN 196-3

Tabella n. 13

UNI EN 196-3	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Tempo Inizio presa (1)	Minuti	185	170	190	185	175
Tempo Fine presa (1)		285	270	260	265	255
Tempo Inizio presa (2)	Minuti	175	180	180	180	175
Tempo Fine presa (2)		285	260	290	265	265
Tempo Inizio presa (3)	Minuti	170	175	175	175	160
Tempo Fine presa (3)		270	280	270	255	275
MEDIA Inizio Presa	Minuti	177	175	182	180	170
MEDIA Fine Presa	Minuti	280	270	273	265	265

6.

PROVE SU MALTA E CALCESTRUZZO CON LEGANTE CEM IV/A(V) 42,5R

La resistenza media a compressione dopo 7 giorni, dei provini di malta, confezionati con l'acqua in esame, deve essere almeno del 90% della resistenza dei corrispondenti provini confezionati con l'acqua distillata o deionizzata. Si riporta la legenda per le tabelle 12, 13, 14 e 15: **RIC**: Acqua di riciclo **DIST**: Acqua deionizzata (Merck ELIX 3 - conducibilità H₂O <0,03 mS/m a 20°C).

Resistenza a compressione volume acqua costante

Tabella n. 14

UNI EN 196-1	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Spandimento UNI 7044	%	110	106	94	92	80
RC1 gg	MPa	17,7	17,58	19,31	20,19	20,74
RC2gg	MPa	28,38	28,31	29,85	30,64	32,17
RC 7 gg (1)	MPa	40,17	39,23	40,02	41,3	42,27
RC 7 gg (2)	MPa	39,18	40,1	41,31	41,96	42,12
RC 7 gg (3)	MPa	40,64	39,6	40,25	42,22	41,84
MEDIA 7 gg	MPa	40	39,64	40,53	41,82	42,08
Indice resistenza a 7 gg	-	-	99	101	105	105

Resistenza a compressione volume acqua corretto (parte in sospensione)

Tabella n. 15

UNI EN 196-1	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Spandimento UNI 7044	%	110	111	107	106	105
RC1 gg	MPa	17,7	17,61	17,93	18,07	18,35
RC2gg	MPa	28,38	28,63	27,91	28,3	28,53
RC 7 gg (1)	MPa	40,17	41,28	40,25	39,65	38,9
RC 7 gg (2)	MPa	39,18	40,39	39,71	38,94	38,25
RC 7 gg (3)	MPa	40,64	39,7	40,71	38,25	37,89
MEDIA 7 gg	MPa	40	40,45	40,22	38,95	38,35
Indice resistenza a 7 gg	-	-	101	100	97	96

Tempo di presa (inizio-fine) volume acqua costante

Tabella n. 16

UNI EN 196-3	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Tempo Inizio presa (1)	Minuti	165	160	140	135	125
Tempo Fine presa (1)		235	225	190	175	170
Tempo Inizio presa (2)	Minuti	170	165	140	140	120
Tempo Fine presa (2)		235	220	195	180	165
Tempo Inizio presa (3)	Minuti	165	165	150	130	130
Tempo Fine presa (3)		225	220	210	180	170
MEDIA Inizio Presa	Minuti	167	163	143	135	125
MEDIA Fine Presa	Minuti	232	222	198	178	168

Tempo di presa (Inizio-Fine) consistenza 6±2 rif. UNI EN 196-3

Tabella n. 17

UNI EN 196-3	UM	DIST. 100%	Miscela DIST80% RIC20%	Miscela DIST 50% RIC50%	Miscela DIST20% RIC80%	RIC. 100%
Tempo Inizio presa (1)	Minuti	165	175	180	160	170
Tempo Fine presa (1)		235	240	250	225	225
Tempo Inizio presa (2)	Minuti	170	170	165	155	155
Tempo Fine presa (2)		235	230	235	225	215
Tempo Inizio presa (3)	Minuti	165	170	170	175	155
Tempo Fine presa (3)		225	230	225	220	210
MEDIA Inizio Presa	Minuti	167	172	172	163	160
MEDIA Fine Presa	Minuti	232	233	237	223	217

CONCLUSIONI

Dalle prove effettuate, purché tali acque risultino rispondenti ai requisiti di norma e che il produttore sia in grado di verificarne l'equivalenza, è stata riscontrata l'assenza di impatto negativo derivante dall'aggiunta di acqua proveniente dai processi di recupero nelle centrali di betonaggio per la produzione del calcestruzzo.

Al fine di ridurre il consumo di un bene primario come l'acqua e incrementare al massimo la sostenibilità, si suggerisce di studiare percentuali di utilizzo di acqua combinata come riportato nella tabella numero 5 e indirizzare lo studio ai tipi di calcestruzzo maggiormente prodotti nella specifica centrale di betonaggio.

Per ottenere risultati con impiego di acqua proveniente dai processi di recupero simili a quelli registrati utilizzando acqua distillata occorre una conoscenza e competenza tecnologica da parte del produttore affinché le miscele possano essere opportunamente tarate per tenere in debita considerazione le diverse variabili che intercorrono nel processo (contenuto di sospensione, temperatura dell'acqua in ingresso, ecc. ecc.) che potrebbero avere effetti sulla lavorabilità del materiale.

Il Quaderno, oltre a costituire una guida auspicabilmente utile, offre un esempio concreto di come sia possibile realizzare pratiche ambientali virtuose, per le quali resta imprescindibile il know-how del produttore di calcestruzzo.

ATECAP
ASSOCIAZIONE TECNICO ECONOMICA
DEL CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

Via Paolo Emilio, 32 • 00192 Roma

t: +39 06 42016103

www.atecap.it

