



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato dei lavori pubblici

## Ente acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**  
**CIG- 7291196547- CUP: I86B05000050002**

### PROGETTO ESECUTIVO

#### OGGETTO DELL'ELABORATO

Capitolato speciale d'appalto  
Strutture in c.a. ed opere di consolidamento

#### ID ELABORATO

**A.2.2.5**

SCALA

-

CODIFICA ELAB

A.2.2.5-ENAS539Acsa018R5

**Responsabile dell'integrazione delle prestazioni  
specialistiche e coordinatore di progetto:**  
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

**Responsabile progettazione strutturale e geotecnica:**  
Ing. Pietro Diliberto (S.T.P. s.r.l.)  
Collaboratori:  
Ing. Ettore Galbo (H.E. s.s.)

**Responsabile della progettazione idraulica:**  
Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)  
Collaboratori:  
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)  
Prof. Ing. Gabriele Freni  
Ing. Fulvio Galbo (H.E. s.s.)  
Ing. Piera De Luca (H.E. s.s.)

**Il Responsabile Unico del Procedimento**  
**Ing. Stefano Serra**

**Responsabile della progettazione impianti elettrici e TLC:**  
Ing. Giovanni Gabellone (H.E. s.s.)

**Responsabile rilievi GPS/LS:**  
Geom. Alberto Bianco  
Collaboratori:  
Geom. Lorenzo Verme (H.E. s.s.)

**Responsabile coordinamento sicurezza in fase di progetto:**  
Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)  
Collaboratori:  
Ing. Giampiero Pili (S.T.P. s.r.l.)  
Ing. Giovambattista Lombardo (H.E. s.s.)



(Capogruppo Mandataria)



(Mandante)



Prof. Ing. Gabriele Freni  
(Mandante)



Dott. Geol. Mario Strinna  
(Mandante)



Società cooperativa  
(Mandante)

5	Dicembre 2019	ulteriori osservazioni verificatore	FG	FG	PD
4	ottobre 2019	controdeduzioni verificatore	DG	FG	PD
3	settembre 2019	osservazioni verificatore	DG	FG	PD
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	RED.	VER.	APPR.



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RIPRISTINI SUPERFICIALI DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO. ....</b>	<b>5</b>
2.1	PREMESSA.....	5
2.2	IL RIPRISTINO CORTICALE.....	6
2.2.1	<i>Idroscarifica .....</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Preparazione delle superfici. ....</i>	<i>7</i>
2.2.3	<i>Ripristino degli spessori di calcestruzzo idroscarificati con malta premiscelata tissotropica a ritiro compensato opportunamente additivata. ....</i>	<i>7</i>
2.3	FINITURE SUPERFICIALI .....	10
2.3.1	<i>Finitura Impermeabilizzante, sulle superfici a contatto con l’acqua .....</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Finitura Anticarbonatazione, sulle superfici a contatto con gli agenti atmosferici; .....</i>	<i>14</i>
2.3.3	<i>Finitura delle superfici non a contatto con agenti atmosferici. ....</i>	<i>17</i>
2.4	IL RIPRISTINO STRUTTURALE .....	17
2.5	IDRODEMOLIZIONE .....	17
2.5.1	<i>Preparazione delle superfici. ....</i>	<i>18</i>
2.5.2	<i>Pulizia, reintegro e passivazione delle armature metalliche. ....</i>	<i>19</i>
2.5.3	<i>Ripristino degli spessori di calcestruzzo idrodemoliti con malta premiscelata tissotropica a ritiro compensato. ....</i>	<i>20</i>
<b>3</b>	<b>PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO.....</b>	<b>23</b>
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	23
3.2	SICUREZZA E VALUTAZIONE DEI RISCHI .....	24
3.3	REQUISITI GENERALI DI BASE PER I COMPONENTI (INGREDIENTI).....	25
3.3.1	<i>Cementi.....</i>	<i>25</i>
3.3.2	<i>Aggiunte.....</i>	<i>26</i>
3.3.3	<i>Ceneri volanti.....</i>	<i>26</i>
3.3.4	<i>Fumo di silice .....</i>	<i>28</i>
3.3.5	<i>Filler calcarei .....</i>	<i>28</i>
3.3.6	<i>Aggregati.....</i>	<i>28</i>
3.3.7	<i>Acqua di impasto .....</i>	<i>31</i>
3.3.8	<i>Additivi.....</i>	<i>31</i>
3.4	REQUISITI DI BASE PER IL CALCESTRUZZO ALLO STATO FRESCO E INDURITO .....	32
3.4.1	<i>Le classi di resistenza .....</i>	<i>32</i>



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

3.4.2	Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati.....	32
3.4.3	Rapporto acqua/cemento .....	32
3.4.4	Lavorabilità .....	33
3.4.5	Acqua di bleeding .....	34
3.4.6	Contenuto d'aria .....	34
3.4.7	Durabilità.....	34
3.4.8	Tipi di conglomerato cementizio a prestazione garantita (UNI-EN 206-1 o SN EN 206-1; UNI 11104).....	35
3.4.9	Tipi di conglomerato cementizio a prestazione garantita: requisiti aggiuntivi e opzionali.....	36
3.4.10	Tipi di conglomerato cementizio a composizione richiesta (UNI-EN 206-1) 36	
3.5	QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	37
3.5.1	Requisiti del fornitore .....	37
3.5.2	Progetto preliminare di pre-qualifica del calcestruzzo.....	38
3.6	ORDINE E CONSEGNA DEL CALCESTRUZZO.....	39
3.6.1	Ordine del calcestruzzo.....	40
3.6.2	Consegna del calcestruzzo .....	40
3.7	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SUL CALCESTRUZZO FRESCO E INDURITO .....	41
3.7.1	Verifiche sul calcestruzzo allo stato fresco .....	41
3.8	I CONTROLLI SUL CALCESTRUZZO INDURITO .....	44
3.9	VERIFICA DELLA RESISTENZA CARATTERISTICA ED EVENTUALE CONTESTAZIONE .....	46
3.9.1	Procedura in caso di non conformità dei controlli di accettazione.....	46
3.9.2	Applicazione della penale e della riduzione del prezzo .....	46
3.9.3	Verifiche di sicurezza strutturali .....	47
3.9.4	Scelta del Laboratorio Ufficiale.....	47
3.10	VERIFICHE DI SICUREZZA IN CASO DI NON CONFORMITÀ DEI CONTROLLI DI ACCETTAZIONE 47	
3.11	ALTRE CONDIZIONI .....	48
<b>4</b>	<b>ACCIAI PER CEMENTO ARMATO.....</b>	<b>50</b>
4.1	PRODOTTI QUALIFICATI .....	51
4.2	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....	51
4.3	RETI E TRALICCI ELETTRICALI.....	54
4.4	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....	54
4.5	ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE .....	55



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

---

4.5.1	<i>Profilati d'acciaio.....</i>	<i>55</i>
4.5.2	<i>forniture e documentazione di accompagnamento.....</i>	<i>56</i>
4.5.3	<i>Centri di trasformazione .....</i>	<i>56</i>
4.6	CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO .....	57



## **1 INTRODUZIONE**

Il presente capitolo, allegato del CSA Parte II, tratta delle strutture in conglomerato cementizio armato e degli interventi di ripristino corticale e di consolidamento strutturale.

In particolare, vengono trattate le modalità per l'accettazione del calcestruzzo e dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato e dei materiali per il consolidamento, sia superficiale che strutturale.



## **2 RIPRISTINI SUPERFICIALI DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO.**

### **2.1 PREMESSA**

In tutti e tre i siti d'intervento sono stati previsti interventi di ripristino dei paramenti interni ed esterni delle strutture in Cemento Armato già presenti e non soggette con il presente progetto da demolire.

Infatti, così come evidenziato dalla campagna d'indagine diagnostica (Giugno 2013) eseguita dall'Ente in fase di esecuzione del Progetto Definitivo e, successivamente, dalla restituzione dei rilievi eseguiti con Laser Scanner a corredo del presente Progetto Esecutivo tali superfici, in particolare quelle delle vasche di arrivo e di accumulo, si presentano in condizioni di significativo degrado generato, in particolare, dai processi di carbonatazione instauratisi nel tempo, che si presentano con differenti profondità a seconda che si trovino o meno a contatto degli agenti atmosferici, o a diretto contatto con l'acqua invasata.

Precisamente, per quelle a diretto contatto con gli agenti atmosferici, sono risultate profondità medie di carbonatazione comprese tra 0,5 e 6 cm, mentre, per le superfici sottobattente a diretto contatto dell'acqua, le indagini eseguite dall'Ente hanno evidenziato una profondità di carbonatazione più contenuta, fino a 2 cm.

E' di tutta evidenza che su ampie zone delle superfici a diretto contatto degli agenti atmosferici, una volta venuta meno la funzione protettiva dello spessore del copriferro, si sono innescati anche fenomeni di deterioramento e riduzione della sezione resistente della armature in acciaio, in misura, peraltro, non valutabile compiutamente se non a seguito dell'eliminazione del calcestruzzo degradato attraverso la lavorazione di idro-demolizione.

In funzione di quanto sopra descritto, il presente progetto esecutivo ha previsto due tipologie di intervento di ripristino sui paramenti superficiali in Cemento Armato, precisamente:

1. il Ripristino Corticale;
2. il Ripristino Strutturale.



## **2.2 II RIPRISTINO CORTICALE**

Il ripristino Corticale dovrà essere eseguito sia sulle superfici sottobattente a diretto contatto dell'acqua che su quelle a contatto o meno con gli agenti atmosferici. Le lavorazioni previste consistono:

- Nell'esecuzione di una **Idroscarifica** delle superfici da trattare;
- Nella **preparazione delle superfici** idroscarificate e successiva esecuzione del **Ripristino degli spessori** di calcestruzzo eliminato, previsto mediamente pari a 1 cm., attraverso l'applicazione di idonee malte opportunamente additivate;
- Nell'esecuzione di una **Finitura superficiale** valutata in funzione della loro esposizione (all'acqua, agli agenti atmosferici o meno).

Di seguito si esplicitano le caratteristiche tecnico-prestazionali delle lavorazioni, forniture e le loro modalità applicative alle quali l'Appaltatore dovrà ottemperare in fase di esecuzione dei lavori.

### **2.2.1 Idroscarifica**

Attraverso l'Idroscarifica, l'Appaltatore dovrà eseguire la rimozione selettiva di uno spessore medio di calcestruzzo ammalorato pari ad 1,00 cm. Verrà eseguita da personale specializzato, su superfici orizzontali, verticali e/o inclinate, con l'impiego di motopompe a pressione media di 500 bar, mediante lance speciali con ugelli d'uscita rotanti con l'ausilio di idonei ponteggi appositamente predisposti.

Di volta in volta, l'Appaltatore dovrà applicare pressioni di esercizio tali da idroscarificare lo spessore medio previsto fino a raggiungere, ad insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, la parte in calcestruzzo idonea ad accogliere i successivi trattamenti di ripristino. Avrà inoltre l'onere del montaggio degli impianti normali e speciali in cantiere, della loro movimentazione nell'ambito dello stesso, della manutenzione al funzionamento ordinario e straordinario delle apparecchiature, dello smontaggio e del rientro in sede a fine intervento. Restano compresi inoltre, a carico dell'Appaltatore, la custodia e guardiana, in particolare delle apparecchiature di idroscarifica, nonché la mano d'opera specializzata per l'azionamento delle stesse, il carburante ed il lubrificante. Risulta compreso nel prezzo la protezione e la pulizia delle superfici limitrofe, del fondo vasca, dei pozzetti e delle caditoie esistenti nelle zone d'intervento (quest'ultima eseguita in particolare a fine lavoro) ivi compreso l'eventuale aggettamento delle acque di lavorazione nelle zone in cui non è possibile smaltirle in fogna, nonché il convogliamento a terra dell'acqua e dei materiali idroscarificati al fine di preservare gli eventuali locali e manufatti sottostanti; in tal



senso sarà onere dell'Appaltatore il posizionamento di idonei teli di protezione in materiale plastico.

L'idroscarifica dovrà essere eseguita con ogni precauzione necessaria al fine di evitare ogni danno a persone, cose e strutture avendo particolare cura di evitare la proiezione verso l'esterno del materiale di risulta.

### **2.2.2 Preparazione delle superfici.**

Preliminarmente al ripristino degli spessori di calcestruzzo ammalorato eliminati attraverso l'idroscarifica, l'Appaltatore dovrà:

- assicurarsi che le superfici si presentino con un fondo solido, resistente e ruvido, nonché garantire la loro perfetta pulizia da polvere, ruggine, lattime di cemento, grassi, olii, e/o altri eventuali residui;
- bagnare a saturazione con acqua il sottofondo ed attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso usando, se del caso, anche aria compressa.

### **2.2.3 Ripristino degli spessori di calcestruzzo idroscarificati con malta premiscelata tissotropica a ritiro compensato opportunamente additivata.**

Una volta eseguite le attività preparatorie sopraindicate, l'Appaltatore dovrà procedere con l'applicazione di una idonea malta premiscelata a ritiro compensato, tissotropica, monocomponente a base cementizia, composta da leganti idraulici resistenti ai solfati, fibre sintetiche, inibitori di corrosione organici, additivi speciali espansivi, ritentori d'acqua e aggregati selezionati, secondo le caratteristiche tecnico prestazionali riportate nelle successive tabelle. La malta individuata e proposta dall'Appaltatore alla Direzione dei Lavori, dovrà rispondere ai principi e caratteristiche di cui alla EN 1504-9 ed ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 *“Riparazione strutturale e non strutturale”* per le malte strutturali di classe R4.

La tipologia di malta proposta dovrà garantire l'applicazione a spruzzo garantendo facilità di pompaggio anche per lunghe distanze e/o notevoli prevalenze.

Una volta miscelata con acqua, assumerà una consistenza tissotropica che dovrà mantenersi per lungo tempo, così da non indurire all'interno delle tubazioni della pompa. Dovrà inoltre garantire una facile lavorabilità, idonea all'applicazione in verticale senza generare fenomeni di colatura, anche per spessori significativi e senza l'uso di cassetture.

Dovendo inoltre garantire il corretto svolgersi dei fenomeni espansivi all'aria, l'Appaltatore dovrà additivare la malta in fase d'impasto miscelandola con speciali





additivi (più avanti esplicitati), in grado di ridurre sia il ritiro plastico che quello idraulico. L'additivo dovrà consentire una migliore stagionatura della malta riducendo l'evaporazione rapida dell'acqua dalla malta, così favorendo lo sviluppo delle reazioni di idratazione e la diminuzione dei fenomeni fessurativi. In tal senso, l'additivo individuato e proposto dall'Appaltatore dovrà consentire una riduzione percentuale dei fenomeni di ritiro finale compresi tra il 20 ed il 50% rispetto a quelli che si avrebbero con la medesima malta non additivata.

Una volta completata la presa, la malta dovrà presentare: i) elevatissime resistenze meccaniche alla flessione e compressione; ii) modulo elastico, coefficiente di dilatazione termica, di permeabilità al vapore acqueo simili a quelli di un calcestruzzo di alta qualità; iii) impermeabilità all'acqua; ivi) ottima adesione al paramento in calcestruzzo ed elevata resistenza all'usura per abrasione.

Dovrà potersi applicare a spruzzo con intonacatrice di idonee caratteristiche (pistoni o vite senza fine, escluse le macchine a miscelazione continua), o a spatola e/o cazzuola, in verticale e/o intradossi di solai. Dovrà essere applicata per strati successivi di spessore generalmente non superiori a 50 mm. cadauno, avendo cura di lasciare ruvida la superficie del precedente. Le applicazioni successive, tipicamente, non potranno avvenire oltre le 2 ore da quella precedente (con una temperatura di 23°).

L'Appaltatore è obbligato a presentare alla Direzione Lavori la propria proposta di fornitura e, una volta accettata dalla Direzione Lavori, dovrà scrupolosamente uniformarsi a tutte le prescrizioni e modalità indicate dal produttore della malta nelle relative schede tecniche.

Dopo l'applicazione della malta, si dovrà porre particolare attenzione alla sua stagionatura intendendo con ciò che l'Appaltatore dovrà porre in essere tutte le attività e/o presidi quali, ad esempio, la nebulizzazione di acqua dopo 8-10 ore, da ripetersi ogni 3-4 ore durante i primi due giorni al fine di limitare, in particolare nelle stagioni calde e/o nelle giornate ventose, l'evaporazione rapida dell'acqua d'impasto, così evitando fenomeni di fessurazione superficiale dovuti al ritiro plastico.



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
 Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
 Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**  
 Progetto esecutivo

<b>PRESTAZIONI FINALI (acqua d'impasto 17%)</b>			
<b>Caratteristica prestazionale</b>	<b>Metodo di prova</b>	<b>Requisiti in accordo alla EN 1504-3 per malte di classe R4</b>	<b>Prestazione prodotto</b>
<b>Resistenza a compressione (MPa):</b>	EN 12190	> 45 (dopo 28 gg)	> 20 (dopo 1 g) > 50 (dopo 7 gg) > 60 (dopo 28 gg)
<b>Resistenza a flessione (MPa):</b>	EN 196/1	non richiesto	> 4 (dopo 1 g) > 7 (dopo 7 gg) > 8 (dopo 28 gg)
<b>Modulo elastico a compressione (GPa):</b>	EN 13412	≥ 20 (dopo 28 gg)	27 (dopo 28 gg)
<b>Adesione su calcestruzzo (supporto di tipo MC 0,40 – rapporto a/c = 0,40) secondo EN 1766 (MPa):</b>	EN 1542	≥ 2 (dopo 28 gg)	> 2 (dopo 28 gg)
<b>Espansione contrastata (µm/m):</b>	UNI 8147 mod.	non richiesto	> 400 dopo 1 g (*)
<b>Prova di inarcamento:</b>	//	non richiesto	convesso (*)
<b>Resistenza alla fessurazione:</b>	“O Ring Test”	non richiesto	nessuna fessura dopo 180 gg (*)
<b>Resistenza alla carbonatazione accelerata:</b>	EN 13295	profondità di carbonatazione ≤ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c = 0,45) secondo UNI 1766	specifica superata
<b>Impermeabilità all'acqua – profondità di penetrazione - (mm):</b>	EN 12390/8	non richiesto	< 5
<b>Assorbimento capillare (kg/m²·h<sup>0,5</sup>):</b>	EN 13057	< 0,5	< 0,25
<b>Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio – tensione di adesione (MPa):</b>	RILEM-CEB-FIP RC6-78	non richiesto	> 25
<b>Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542 (MPa):</b> - cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti: - cicli temporaleschi: - cicli termici a secco:	EN 13687/1 EN 13687/2 EN 13687/4	≥ 2 (dopo 50 cicli) ≥ 2 (dopo 30 cicli) ≥ 2 (dopo 30 cicli)	> 2 > 2 > 2
<b>Resistenza al gelo-disgelo in presenza di sali - scagliatura (g/m²):</b>	EN 12390/9	non richiesto	< calcestruzzo di riferimento (XF4) (**)



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

<b>Classe di esposizione:</b>	EN 206/1	non richiesto	X0 XC1, XC2, XC3, XC4 XD1, XD2, XD3 XS1, XS2, XS3 XF1, XF2, XF3, XF4 (**) XA1
<b>Reazione al fuoco:</b>	EN 13501-1	Euroclasse	A1

Come sopra indicato, la malta di ripristino dovrà essere opportunamente miscelata con un additivo, esente da cloruri, capace di consentire l'espansione della malta anche all'aria durante i primi giorni di stagionatura, contribuendo significativamente alla riduzione della comparsa di microfessurazioni garantendo, al contempo, un bassissimo valore di ritiro idraulico finale. Tale comportamento si esplica attraverso la riduzione della tensione superficiale dell'acqua presente all'interno dei pori capillari e, conseguentemente, dell'intensità delle forze che agiscono sulle pareti degli stessi, riducendo significativamente il ritiro.

L'additivo individuato, e proposto dall'Appaltatore alla Direzione Lavori, dovrà essere conforme alla normativa UNI 11641:2016 "Additivi riduttori di ritiro del calcestruzzo (SRA) e compatibile con gli additivi superfluidificanti tradizionali (a base di naftalensolfonato) che nuovi acrilici di ultima generazione e con tutti i cementi previsti dalla normativa UNI EN 197/1.

**VALORI TIPICI DI RIFERIMENTO**

<b>Consistenza:</b>	liquido
<b>Colore:</b>	Trasparente
<b>Massa volumica (gr/cm3):</b>	<b>0,91</b>

## **2.3 Finiture superficiali**

In funzione della tipologia di contatto, sono state previste differenti tipologie di finiture delle superfici sottoposte a Ripristino Corticale, più precisamente:

### **2.3.1 Finitura Impermeabilizzante, sulle superfici a contatto con l'acqua**

Le superfici sottoposte a Ripristino Corticale a diretto contatto dell'acqua (fondo e pareti di vasche, sottobattente) dovranno essere rese impermeabili attraverso



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*  
Progetto esecutivo

l'applicazione di uno specifico "sistema impermeabilizzante" a base di Poliurea pura, composto:

- Dalla preliminare applicazione di un Primer epossicementizio tricomponente in grado di reticolare sulle superfici di applicazione anche umide, formando uno strato compatto (Barriera al vapore) idoneo a ricevere la posa delle successive applicazioni. Il paramento atto a riceverlo dovrà essere solido, resistente, perfettamente pulito in assenza di parti friabili e di acqua libera (velo) e, possibilmente, dovrà aver esaurito la sua stagionatura e la maggior parte dei ritiri

PRESTAZIONI FINALI (a +23°C - 50% U.R.)			
<b>Adesione al calcestruzzo (N/mm<sup>2</sup>):</b>	> 3 (rottura del calcestruzzo)		
<b>Temperatura di esercizio:</b>	da -35°C a +100°C		
	<b>comp. A</b>	<b>comp. B</b>	<b>comp. C</b>
<b>Colore:</b>	bianco	bianco	bianco
<b>Consistenza:</b>	liquido	liquido	polvere
<b>Massa volumica (g/cm<sup>3</sup>):</b>	1,1	1,3	-
<b>Classificazione di pericolo secondo Direttiva 1999/45/CE:</b>	Irritante	Non pericoloso	irritante
	Prima dell'uso consultare il paragrafo "Istruzioni di sicurezza per la preparazione e la messa in opera" e le informazioni riportate sulla confezione e sulla Scheda di Sicurezza		
<b>Viscosità Brookfield (mPa.s):</b>	9.000 (albero 5 - giri 10)	15.000	-

- Dalla successiva applicazione di un Primer epossidico bicomponente fillerizzato, additivato con polvere di Quarzo, per il trattamento della superficie prima della posa del trattamento impermeabilizzante a base di poliurea; dovrà essere applicato a rullo o spatola metallica e, al fine di migliorare l'adesione del successivo supporto impermeabilizzante, dovrà essere miscelato con sabbia di Quarzo (fino al 50% in peso in funzione della temperatura) che dovrà essere nuovamente applicata con una specifica "semina a rifiuto" sul primer una volta applicato.

PRESTAZIONI FINALI			
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti EN 13813	Prestazione prodotto
<b>Forza di adesione (N/mm<sup>2</sup>):</b>	UNI EN 13892-8; 2004	≥ 1,5	3,20



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

<b>Reazione al fuoco:</b>	EN 13501-1	da A1 <sub>fl</sub> a F <sub>fl</sub>	B <sub>fl</sub> -s1
<b>Resistenza a compressione (N/mm<sup>2</sup>):</b>	EN 196-1	-	63 (7 gg a +23°C)
<b>Durezza Shore D:</b>	DIN 53505	-	78 (7 gg a +23°C)

- Dall'applicazione finale di una membrana bicomponente a base di resine Poliureiche pure, priva di solventi, ad immediata impermeabilità, con grande resistenza chimica, elevatissime caratteristiche di elasticità e resistenza alla lacerazione, costituente una membrana impermeabilizzante (2 mm.) ad alte prestazioni. Dovrà garantire anche l'applicazione in verticale e, una volta reticolato, costituire un rivestimento impermeabile continuo adattabile a qualsiasi forma geometrica del supporto senza fessurarsi anche a basse temperature (elevate caratteristiche di resistenza a trazione, a lacerazione ed elevata capacità di crack-bridging). Dovrà ottemperare: i) alla EN 1504-9 ed ai requisiti della EN 1504-2 rivestimento (C) secondo i principi PI, MC, PR, RC e IR; ii) Dovrà essere resistente alla penetrazione delle radici secondo CEN/TS 14416 ed EN 13948; iii) dovrà essere idonea la contatto con acqua potabile secondo DM 174/04. Dovrà inoltre potersi applicare con pompa industriale bi-mixer ad alta pressione con controllo di flusso e temperatura e dotata di pistola autopulente.

Caratteristiche meccaniche dopo 7 giorni a +23°C (spessore 2 mm)		
- resistenza a trazione (ISO 37) (N/mm <sup>2</sup> ):	> 20	
- allungamento a rottura (ISO 37) (%):	> 300	
- resistenza alla lacerazione (ISO 34-1) (N/mm):	> 80	
<b>Durezza (DIN 53505):</b>	Shore A = 90	Shore D = 45
<b>Temperatura di transizione vetrosa (°C):</b>	-46	

PRESTAZIONI FINALI (spessore 2 mm)			
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti in accordo alla EN 1504-2	Prestazione del prodotto
<b>Permeabilità al vapore acqueo:</b>	EN ISO 7783-2	Classe I sD < 5 m Classe II 5 m ≤ sD ≤ 50 m Classe III sD > 50 m	Classe I (sD medio = 2,9 m)
<b>Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua:</b>	EN 1062-3	w < 0,1 kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	w medio = 0,01 kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>
<b>Permeabilità alla CO<sub>2</sub>:</b>	EN 1062-6	sD > 50 m	sD = 285 m
<b>Prova di aderenza per trazione diretta:</b>	EN 1542	<b>Sistemi flessibili</b> senza traffico: ≥ 0,8 N/mm <sup>2</sup>	4,7 N/mm <sup>2</sup>



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
 Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
 Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**  
 Progetto esecutivo

		con traffico: $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$	
<b>Crack-bridging statico a -10°C espresso come larghezza massima della fessura:</b>	EN 1062-7	da classe A1 ( $> 0,1 \text{ mm}$ ) a classe A5 ( $> 2,5 \text{ mm}$ )	Classe A5 ( $> 2,5 \text{ mm}$ )
<b>Crack-bridging dinamico a +23°C:</b>	EN 1062-7	da classe B1 a classe B4.2	Classe B4.2
<b>Resistenza all'urto:</b>	EN ISO 6272-1	Dopo il carico nessuna fessura e delaminazione Classe I: $\geq 4 \text{ Nm}$ Classe II: $\geq 10 \text{ Nm}$ Classe III: $\geq 20 \text{ Nm}$	Classe III
<b>Resistenza a shock termico (1x):</b>	EN 13687-5	Dopo i cicli termici a) nessun rigonfiamento, fessurazione e delaminazione b) prova di aderenza per trazione diretta media ( $\text{N/mm}^2$ ) <b>Sistemi flessibili</b> senza traffico: $\geq 0,8 \text{ N/mm}^2$ con traffico: $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$	$3,6 \text{ N/mm}^2$
<b>Resistenza all'abrasione (prova Taber):</b>	EN ISO 5470-1	Perdita di peso minore di 3000 mg con mola abrasiva H22/rotazione 1000 cicli/carico di 1000 g	perdita di peso $< 200 \text{ mg}$
<b>Esposizione agli agenti atmosferici artificiali:</b>	EN 1062-11	Dopo 2000 h di intemperie artificiali: nessun rigonfiamento secondo EN ISO 4628-2 nessuna fessurazione secondo EN ISO 4628-4 nessuna scagliatura secondo EN ISO 4628-5 Leggera variazione di colore, perdita di lucentezza e sfarinamento possono essere accettabili.	nessun rigonfiamento, fessurazione e scagliature (viraggio del colore)
<b>Resistenza all'attacco chimico severo:</b>	EN 13529	Riduzione della durezza minore del 50% quando misurata in base al metodo Shore della EN ISO 868, 24 h dopo aver rimosso il rivestimento dall'immersione nel liquido di prova - classe I: 3 gg senza pressione classe II: 28 gg senza pressione classe III: 28 gg con pressione	NaCl 20%: classe II CH <sub>3</sub> COOH 10%: classe II H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 20%: classe II KOH 20%: classe II CH <sub>3</sub> OH: classe I mix (60% toluene, 30% xilene, 10% metilnaftalene): classe I
<b>Reazione al fuoco:</b>	EN 13501-1	Euroclasse Classe di reazione al fuoco a pavimento	E Dfl-s1



### **2.3.2 Finitura Anticarbonatazione, sulle superfici a contatto con gli agenti atmosferici;**

Tutte le superfici sottoposte a Ripristino Corticale a diretto contatto degli agenti atmosferici dovranno essere protette dai fenomeni di carbonatazione attraverso l'applicazione di una specifica malta rasante bi componente, e di una specifica vernice elastomerica protettiva anticarbonatazione e antifessurazione.

- La malta rasante, sarà bi componente, tissotropica, a base di cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa, con spessore di 2 mm. applicata a spruzzo o a mano con spatola americana. Dovrà rispondere ai principi e caratteristiche di cui alla EN 1504-9 ed ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 *“Riparazione strutturale e non strutturale”* per le malte non strutturali di classe R2 ed ai requisiti richiesti dalla EN 1504-2 rivestimento (C) secondo i principi MC e IR *“Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo”*. La superficie di applicazione dovrà presentarsi solida, perfettamente pulita, priva di polvere, efflorescenze, tracce di disarmante, zone incoerenti e dovrà essere bagnata a saturazione con acqua. Prima dell'applicazione, si dovrà attendere la sua completa evaporazione. Per nessuna ragione l'applicazione della malta potrà avvenire in presenza d'acqua superficiale (film) che, nel caso, dovrà essere eliminata. Se applicata in giornate calde, e/o soleggiate e/o ventose, l'Appaltatore dovrà provvedere nebulizzare acqua sulla superficie durante le prime ore di indurimento così da evitare l'evaporazione del liquido d'impasto e la conseguente formazione di fessure.

<b>PRESTAZIONI FINALI (spessore 2,5 mm)</b>					
<b>Caratteristica prestazionale</b>	<b>Metodo di prova</b>	<b>Requisiti in accordo alla EN 1504-2 rivestimento (C) principi MC e IR</b>	<b>Requisiti in accordo alla EN 1504-3 per malte di classe R2</b>	<b>Prestazione prodotto</b>	
<b>Resistenza a compressione (MPa):</b>	EN 12190	non richiesto	≥ 15 (dopo 28 gg)	> 20 (dopo 7 gg) > 35 (dopo 28 gg)	
<b>Resistenza a flessione (MPa):</b>	EN 196/1	non richiesto	non richiesto	> 5 (dopo 7 gg) > 10 (dopo 28 gg)	
<b>Modulo elastico a compressione (GPa):</b>	EN 13412	non richiesto	non richiesto	14 (dopo 28 gg)	
<b>Adesione su</b>	EN 1542	Per sistemi rigidi	≥ 0,8 (dopo	≥ 2 (dopo 28 gg)	





**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
 Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
 Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**  
 Progetto esecutivo

<b>calcestruzzo</b> <b>(supporto di tipo</b> <b>MC 0,40) secondo</b> <b>EN 1766 (MPa):</b>		senza traffico: $\geq 1,0$ con traffico: $\geq 2,0$	28 g)	
<b>Compatibilità termica</b> <b>misurata come adesione</b> <b>secondo EN 1542 (MPa):</b> - cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti: - cicli temporaleschi: - cicli termici a secco:	EN 13687/1 EN 13687/2 EN 13687/4	Per sistemi rigidi senza traffico: $\geq 1,0$ con traffico: $\geq 2,0$	$\geq 0,8$ (dopo 50 cicli) $\geq 0,8$ (dopo 30 cicli) $\geq 0,8$ (dopo 30 cicli)	$\geq 2$ $\geq 2$ $\geq 2$
<b>Assorbimento capillare</b> <b>(kg/m<sup>2</sup>·h<sup>0,5</sup>):</b>	EN 13057	non richiesto	$\leq 0,5$	$< 0,30$
<b>Impermeabilità espressa</b> <b>come coefficiente di</b> <b>permeabilità all'acqua</b> <b>libera (kg/m<sup>2</sup>·h<sup>0,5</sup>):</b>	EN 1062-3	$W < 0,1$	non richiesto	$W < 0,05$ - Classe III (bassa permeabilità) secondo EN 1062-1
<b>Permeabilità al vapor</b> <b>acquoso - spessore</b> <b>d'aria equivalente S<sub>D</sub> -</b> <b>(m):</b>	EN ISO 7783-1	Classe I S <sub>D</sub> $< 5$ m Classe II $5 \text{ m} \leq$ S <sub>D</sub> $\leq 50 \text{ m}$ Classe III S <sub>D</sub> $> 50$ m	non richiesto	S <sub>D</sub> $< 0,5$ Classe I (permeabile al vapor aqueo)
<b>Resistenza alla</b> <b>carbonatazione</b> <b>accelerata:</b>	EN 13295	non richiesto	non richiesto	Profondità di carbonatazione $\leq$ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c = 0,45) secondo UNI 1766
<b>Reazione al fuoco:</b>	EN 13501-1	Euroclasse		E

- La pittura anticarbonatazione e antifessurazione, sarà del tipo elastomerico monocomponente a base di resine acriliche in dispersione acquosa capace, una volta asciugata, di formare un rivestimento elastico, impermeabile all'acqua ed agli agenti aggressivi presenti in atmosfera (CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>) ma permeabile al passaggio al vapore. Dovrà presentare ottima resistenza all'invecchiamento, al gelo ed ai sali disgelanti e bassissima ritenzione dello sporco. Dovrà rispondere ai principi e caratteristiche di cui alla EN 1504-9 ed ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-2 "Riparazione strutturale e non strutturale" per la classe: prodotti per la protezione superficiale – rivestimento (coating, C) – protezione





*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

contro i rischi di penetrazione (1.3) PI (ZA 1.d) + controllo umidità (2.2) MC, e aumento della resistività (8.2) IR (ZA, 1e). L'applicazione dovrà essere data in due strati tramite pennello, rullo o a spruzzo sulla superficie perfettamente asciutta, pulita, priva di polvere, efflorescenze, tracce di disarmante, olii e grassi.

Pitturazione delle superfici in calcestruzzo, degli intonaci, delle rasature o la riverniciatura delle vecchie pitture mediante l'applicazione di una vernice a base di resina acrilica elastica in dispersione acquosa (tipo **Elastocolor Pittura** della MAPEI S.p.A. o equivalente). L'applicazione dovrà avvenire in due strati tramite pennello, rullo o spruzzo previa applicazione di relativo primer (tipo **Malech, Elastocolor Primer** o **Quarzolite Base Coat** della MAPEI S.p.A. o equivalente).

La finitura inoltre dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Colore: a scelta della D.L. o secondo cartella colori del produttore  
Consistenza: liquido denso  
Massa volumica (EN ISO 2811-1) (g/cm<sup>3</sup>): ca. 1,37  
Residuo secco (EN ISO 3251) (%): ca. 63  
Consumo (kg/m<sup>2</sup>): 0,2-0,4 (per mano)  
Resistenza all'invecchiamento accelerato tinta RAL 7032 1.000 h  
al Weather-Ometer (normativa ASTM G 155 ciclo 1):  $\Delta E < 2,5$

**CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RELATIVE ALLA CERTIFICAZIONE CE SECONDO EN 1504-2, SISTEMA 2+ E 3, CLASSE ZA.1d + ZA.1e (C, principi PI - MC - IR)**

NORMA	PROVA	RISULTATI E CONFORMITÀ AI REQUISITI	
<b>EN 1062-6</b>	<b>permeabilità alla CO<sub>2</sub></b>	$\mu$ : 1.272.581	sD (m):
		318	
		spessore secco relativo	all'sD
(m):		0,00025	
esito/classe:		conforme (sD > 50 m)	
<b>EN ISO 7783</b>	<b>permeabilità al vapore acqueo <math>\mu</math>:</b>	2193	sD (m):
		0,5	
		spessore secco relativo	all'sD
(m):		0,00025	
esito/classe:		I (sD < 5 m)	
<b>EN 1062-3</b>	<b>assorbimento capillare <math>w</math> [kg/(m<sup>2</sup>h<sup>0,5</sup>)]:</b>	0,01	
0,1)	<b>e permeabilità all'acqua</b>	esito/classe: conforme ( $w <$	
<b>EN 1062-11 4.1</b>	<b>compatibilità termica:</b>		
	<b>invecchiamento: 7gg a +70°C</b>	esito/classe: conforme	
(aderenza $\geq 0,8$ N/mm <sup>2</sup> )			
<b>EN 13687-1</b>	<b>compatibilità termica: cicli di gelo-</b>		
	<b>disgelo con immersione in sali disgelanti</b>	esito/classe:	
		conforme (aderenza $\geq 0,8$ N/mm <sup>2</sup> )	
<b>EN 13687-2</b>	<b>compatibilità termica: cicli temporaleschi</b>	esito/classe: conforme (aderenza $\geq 0,8$	
N/mm <sup>2</sup> )			
<b>EN 13687-3</b>	<b>compatibilità termica: cicli termici</b>		
	<b>senza immersione in sali disgelanti</b>	esito/classe:	
		conforme (aderenza $\geq 0,8$ N/mm <sup>2</sup> )	
<b>EN 1062-7 statico</b>	<b>resistenza alla fessurazione</b>	crack bridging ability ( $\mu$ m): 1333	
esito/classe:		A4 (> 1,25 mm)	
<b>EN 1062-7 dinamico</b>	<b>resistenza alla fessurazione</b>	esito/classe: B2	
<b>EN 1542</b>	<b>prova di aderenza per trazione diretta</b>	esito/classe: conforme (aderenza $\geq 0,8$	
N/mm <sup>2</sup> )			



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

EN 13501-1	reazione al fuoco	euro classe:	B s1 d0
EN 1062-11:2002 4.2	esposizione agli agenti atmosferici artificiali	esito/classe:	conforme
CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI SECONDO EN 1504-2 ULTERIORI RISPETTO AI REQUISITI PER LA CLASSE ZA.1d + ZA.1e.			
NORMA	PROVA	RISULTATI E CONFORMITÀ AI REQUISITI	
UNI 7928	diffusione degli ioni cloruro	penetrazione (mm): 0,0	

### 2.3.3 Finitura delle superfici non a contatto con agenti atmosferici.

Tutte le superfici sottoposte a Ripristino Corticale non a diretto contatto degli agenti atmosferici saranno finite attraverso l'applicazione della stessa tipologia precedentemente descritta di malta rasante bi componente, tissotropica, a base di cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa, con spessore di 2 mm. applicata a spruzzo o a mano con spatola americana.

## 2.4 Il Ripristino Strutturale

Il ripristino Strutturale dovrà essere eseguito sulle superfici a diretto contatto con acqua ed agenti atmosferici e, in parte, anche su quelle non ha contatto con quest'ultimi. Le lavorazioni previste consistono:

- Nell'esecuzione di una **Idrodemolizione** delle superfici da trattare, di profondità media pari a 5 cm.;
- Nella **preparazione delle superfici** idrodemolite, nella **pulizia, reintegro e passivazione delle armature** in acciaio, e nella successiva esecuzione del **Ripristino degli spessori** di calcestruzzo eliminato, per uno spessore mediamente pari a 4 cm., attraverso l'applicazione di idonee malte strutturali opportunamente addittivate;
- Nel **Ripristino dell'ultimo centimetro di spessore idrodemolito**, attraverso l'applicazione delle lavorazioni previste per il Ripristino Corticale e della finitura superficiale precedentemente descritte, con la finitura superficiale coerente con la tipologia di esposizione del paramento (acqua, agenti atmosferici o meno).

Di seguito si esplicitano le caratteristiche tecnico-prestazionali delle lavorazioni e forniture, e le loro modalità applicative alle quali l'Appaltatore dovrà ottemperare in fase di esecuzione delle lavorazioni di Ripristino Strutturale.

## 2.5 Idrodemolizione

Attraverso l'Idrodemolizione, l'Appaltatore dovrà eseguire la rimozione selettiva di uno spessore medio di calcestruzzo ammalorato pari a 5 cm. (3+2). Verrà eseguita da



personale specializzato, su superfici orizzontali, verticali e/o inclinate, con l'impiego di motopompe a pressione fino a 2.500 bar, mediante lance speciali con ugelli d'uscita rotanti, su idonei ponteggi appositamente predisposti.

L'Appaltatore, di volta in volta, dovrà applicare pressioni di esercizio tali da idrodemolire lo spessore medio previsto fino a raggiungere, ad insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, la parte in calcestruzzo idonea ad accogliere i successivi trattamenti di ripristino. L'idrodemolizione dovrà essere tale da preparare la zona d'attacco delle successive lavorazioni che dovrà presentarsi macroscopicamente ruvida, nonché consentire la successiva attività di pulizia e passivazione delle armature metalliche messe a nudo, senza comprometterne l'integrità e l'ancoraggio. Avrà inoltre l'onere del montaggio degli impianti normali e speciali in cantiere, della loro movimentazione nell'ambito dello stesso, della manutenzione al funzionamento ordinario e straordinario delle apparecchiature, dello smontaggio e del rientro in sede a fine intervento. Restano compresi inoltre, a carico dell'Appaltatore, la custodia e guardiania, in particolare delle apparecchiature di idrodemolizione, nonché la mano d'opera specializzata per l'azionamento delle stesse, il carburante ed il lubrificante. Risulta compresa nel prezzo la protezione e la pulizia delle superfici limitrofe, del fondo vasca, dei pozzetti e delle caditoie esistenti nelle zone d'intervento (quest'ultima eseguita in particolare a fine lavoro) ivi compreso l'eventuale aggrottamento delle acque di lavorazione nelle zone in cui non è possibile smaltirle in fogna, nonché il convogliamento a terra dell'acqua e dei materiali idrodemoliti al fine di preservare gli eventuali locali e manufatti sottostanti; in tal senso sarà onere dell'Appaltatore il posizionamento di idonei teli di protezione in materiale plastico.

L'idrodemolizione dovrà essere eseguita con ogni precauzione necessaria al fine di evitare ogni danno a persone, cose e strutture avendo particolare cura di evitare la proiezione verso l'esterno del materiale di risulta.

### **2.5.1 Preparazione delle superfici.**

Preliminarmente al ripristino degli spessori di calcestruzzo ammalorato eliminati attraverso l'idrodemolizione, l'Appaltatore dovrà:

- assicurarsi che le superfici si presentino con un fondo solido, resistente e ruvido, nonché garantire la loro perfetta pulizia da polvere, ruggine, lattime di cemento, grassi, olii, e/o altri eventuali residui;
- bagnare a saturazione con acqua il sottofondo ed attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso usando, se del caso, anche aria compressa.



## **2.5.2 Pulizia, reintegro e passivazione delle armature metalliche.**

Preliminarmente al ripristino degli spessori di calcestruzzo ammalorato eliminati attraverso l'idrodemolizione, l'Appaltatore dovrà:

- eseguire la perfetta **pulizia meccanica delle armature metalliche**, con particolare attenzione alla ruggine presente che dovrà essere integralmente ed energicamente rimossa con spazzola metallica;
- procedere al **reintegro delle armature** laddove la sezione resistente risulti inferiore del 30% rispetto a quella nominale;
- eseguire la **passivazione delle armature metalliche** attraverso l'applicazione a pennello di due mani di malta cementizia anticorrosiva monocomponente idonea a riportare il PH oltre 12. La malta dovrà rispondere alle disposizioni di cui alla EN1504-9 ed ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-7 "Protezione contro la corrosione delle armature". A seguito della sua miscelazione con acqua dovrà trasformarsi in una malta di facile lavorabilità ed applicabilità. Ad indurimento completato dovrà risultare resistente alla nebbia salina (EN 15183) ed impermeabile all'acqua ed ai gas nocivi presenti in atmosfera. La seconda mano potrà essere data dopo 2 ore dalla stesura del primo strato e, comunque, entro le 24 ore. Le armature trattate dovranno essere coperte completamente ed uniformemente. Lo spessore complessivo delle due mani dovrà essere minimo di 2 mm. La malta dovrà garantire le seguenti prestazioni:

Rapporto dell'impasto:	100 parti di <b>Mapefer 1K o equivalente</b> con 20-22 parti di acqua (1,0-1,1 l di acqua per ogni sacco da 5 kg)
Massa volumica dell'impasto (kg/m <sup>3</sup> ):	1.800
pH dell'impasto:	> 12,5
Temperatura di applicazione permessa:	da +5°C a +35°C
Durata dell'impasto:	circa 1 h (a +20°C)
Tempo di attesa prima di applicare la malta da ripristino:	6-24 h (a +20°C)
Adesione al supporto (EN 1542) (MPa):	≥ 2
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio (EN 15184):	specificata superata
Resistenza alla corrosione (EN 15183):	specificata superata
Consumo (g/m):	100 per tondino da 8 mm e 200 per tondino da 16 mm (2 mm di prodotto applicato)



### **2.5.3 Ripristino degli spessori di calcestruzzo idrodemoliti con malta premiscelata tissotropica a ritiro compensato.**

Una volta eseguite le attività preparatorie sopraindicate, l'Appaltatore dovrà procedere con l'applicazione, sui primi 4 cm. (3+1), di una idonea malta premiscelata a ritiro compensato, tissotropica, monocomponente a base cementizia, composta da leganti idraulici resistenti ai solfati, fibre sintetiche, inibitori di corrosione organici, additivi speciali espansivi, ritenitori d'acqua e aggregati selezionati, secondo le caratteristiche tecnico prestazionali riportate nelle successive tabelle. La malta individuata e proposta dall'Appaltatore alla Direzione dei Lavori, dovrà rispondere ai principi e caratteristiche di cui alla EN 1504-9 ed ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 *"Riparazione strutturale e non strutturale"* per le malte strutturali di classe R4.

La tipologia di malta proposta dovrà garantire l'applicazione a spruzzo garantendo facilità di pompaggio anche per lunghe distanze e/o notevoli prevalenze.

Una volta miscelata con acqua, assumerà una consistenza tissotropica che dovrà mantenersi per lungo tempo, così da non indurire all'interno delle tubazioni della pompa. Dovrà inoltre garantire una facile lavorabilità, idonea all'applicazione in verticale senza generare fenomeni di colatura, anche per spessori significativi e senza l'uso di cassetture.

Dovendo inoltre garantire il corretto svolgersi dei fenomeni espansivi all'aria, l'Appaltatore dovrà additivare la malta in fase d'impasto miscelandola con speciali additivi (più avanti esplicitati), in grado di ridurre sia il ritiro plastico che quello idraulico. L'additivo dovrà consentire una migliore stagionatura della malta riducendo l'evaporazione rapida dell'acqua dalla malta, così favorendo lo sviluppo delle reazioni di idratazione e la diminuzione dei fenomeni fessurativi. In tal senso, l'additivo individuato e proposto dall'Appaltatore dovrà consentire una riduzione percentuale dei fenomeni di ritiro finale compresi tra il 20 ed il 50% rispetto a quelli che si avrebbero con la medesima malta non additivata.

Una volta completata la presa, la malta dovrà presentare: i) elevatissime resistenze meccaniche alla flessione e compressione; ii) modulo elastico, coefficiente di dilatazione termica, di permeabilità al vapore acqueo simili a quelli di un calcestruzzo di alta qualità; iii) impermeabilità all'acqua; ii) ottima adesione al paramento in calcestruzzo ed elevata resistenza all'usura per abrasione.

Dovrà potersi applicare a spruzzo con intonacatrice di idonee caratteristiche (pistoncini o vite senza fine, escluse le macchine a miscelazione continua), o a spatola e/o cazzuola, in verticale e/o intradossi di solai. Dovrà essere applicata per strati



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*  
Progetto esecutivo

successivi di spessore generalmente non superiori a 50 mm. cadauno, avendo cura di lasciare ruvida la superficie del precedente. Le applicazioni successive, tipicamente, non potranno avvenire oltre le 2 ore da quella precedente (con una temperatura di 23°).

L'Appaltatore è obbligato a presentare alla Direzione Lavori la propria proposta di fornitura e, una volta accettata dalla Direzione Lavori, dovrà scrupolosamente uniformarsi a tutte le prescrizioni e modalità indicate dal produttore della malta nelle relative schede tecniche.

Dopo l'applicazione della malta, si dovrà porre particolare attenzione alla sua stagionatura intendendo con ciò che l'Appaltatore dovrà porre in essere tutte le attività e, o presidi quali, ad esempio, la nebulizzazione di acqua dopo 8-10 ore, da ripetersi ogni 3-4 ore durante i primi due giorni al fine di limitare, in particolare nelle stagioni calde e, o nelle giornate ventose, l'evaporazione rapida dell'acqua d'impasto, così evitando fenomeni di fessurazione superficiale dovuti al ritiro plastico. **Il ripristino dello spessore finale di 1 cm. di calcestruzzo idrodemolito, sarà eseguito secondo le lavorazioni già illustrate relative ai Ripristini Corticali, con finitura superficiale coerente con la tipologia di esposizione del paramento (acqua, agenti atmosferici o meno).**

PRESTAZIONI FINALI (spessore 2,5 mm)					
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti in accordo alla EN 1504-2 rivestimento (C) principi MC e IR	Requisiti in accordo alla EN 1504-3 per malte di classe R2	Prestazione prodotto	
Resistenza a compressione (MPa):	EN 12190	non richiesto	≥ 15 (dopo 28 g)	> 20 (dopo 7 gg) > 35 (dopo 28 gg)	
Resistenza a flessione (MPa):	EN 196/1	non richiesto	non richiesto	> 5 (dopo 7 gg) > 10 (dopo 28 gg)	
Modulo elastico a compressione (GPa):	EN 13412	non richiesto	non richiesto	14 (dopo 28 gg)	
Adesione su calcestruzzo (supporto di tipo MC 0,40) secondo EN 1766 (MPa):	EN 1542	Per sistemi rigidi senza traffico: ≥ 1,0 con traffico: ≥ 2,0	≥ 0,8 (dopo 28 g)	≥ 2 (dopo 28 gg)	
Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542 (MPa): - cicli di gelo-disgelo con sali	EN	Per sistemi rigidi senza traffico: ≥ 1,0 con traffico: ≥ 2,0	≥ 0,8 (dopo 50 cicli)	≥ 2	
	13687/1			≥ 2	
	EN 13687/2		≥ 0,8 (dopo 30 cicli)	≥ 2	



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
 Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
 Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**  
 Progetto esecutivo

<b>disgelanti: - cicli temporaleschi: - cicli termici a secco:</b>	EN 13687/4		$\geq 0,8$ (dopo 30 cicli)	
<b>Assorbimento capillare (kg/m<sup>2</sup>·h<sup>0,5</sup>):</b>	EN 13057	non richiesto	$\leq 0,5$	$< 0,30$
<b>Impermeabilità espressa come coefficiente di permeabilità all'acqua libera (kg/m<sup>2</sup>·h<sup>0,5</sup>):</b>	EN 1062- 3	$W < 0,1$	non richiesto	$W < 0,05$ - Classe III (bassa permeabilità) secondo EN 1062-1
<b>Permeabilità al vapor acqueo - spessore d'aria equivalente <math>S_D</math> - (m):</b>	EN ISO 7783-1	Classe I $S_D < 5$ m Classe II $5 \text{ m} \leq S_D \leq$ 50 m Classe III $S_D > 50$ m	non richiesto	$S_D < 0,5$ Classe I (permeabile al vapor acqueo)
<b>Resistenza alla carbonatazione accelerata:</b>	EN 13295	non richiesto	non richiesto	Profondità di carbonatazione $\leq$ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c = 0,45) secondo UNI 1766
<b>Reazione al fuoco:</b>	EN 13501-1	Euroclasse		E





### **3 PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO**

#### **3.1 Normativa di riferimento**

Per quanto riguarda le caratteristiche generali del calcestruzzo fornito, si fa riferimento alle norme riportate nel prospetto seguente.

D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le costruzioni;

Legge n. 1086 del 05.11.1971 Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica;

Legge n. 64 del 02.02.1974 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

D.P.R. n. 361 del 26.09.2017 Linee Guida per la messa in opera e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo;

UNI EN 206 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;

UNI 11104 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206;

UNI 11417 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo;

UNI 9156 Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione;

UNI 9606 Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione.

UNI EN ISO 9001 Sistemi di gestione per la qualità;

D. Lgs. N°106 del 16.06.2017 Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione;

UNI EN 12620 Aggregati per calcestruzzo;

UNI 8520 Aggregati per confezione di calcestruzzi;

UNI EN 1008 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;

UNI EN 934-2 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

UNI EN 450 Ceneri volanti per calcestruzzo;

UNI EN 13263 Fumi di silice per calcestruzzo;

UNI EN 12350 Prova sul calcestruzzo fresco;





UNI 7122 Prova sul calcestruzzo fresco - Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata;  
UNI EN 12390 Prova sul calcestruzzo indurito;  
UNI EN 13791 Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo;  
UNI EN 12504 Prove sul calcestruzzo nelle strutture;  
UNI EN 1992-1 - Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo;  
UNI EN 13670 Esecuzione di strutture di calcestruzzo.

### **3.2 Sicurezza e valutazione dei rischi**

L'accesso ai cantieri di macchine e operatori dovrà avvenire esclusivamente da parte di personale formato ed informato circa i relativi rischi ambientali.

La Ditta fornitrice, una volta all'interno del cantiere, opera e rispetta tutte le indicazioni e le direttive ricevute dalla D.L. e dall' Impresa esecutrice delle opere.

La Ditta fornitrice deve aver adottato la sorveglianza sanitaria prescritta per i lavoratori dipendenti ed assicurare che, sulla scorta dell'avvenuto accertamento medico di idoneità alla mansione, essi possano espletare tutte le attività loro demandate.

La Ditta deve provvedere a fornire operatori idonei alla specifica mansione e a tal riguardo deve assicurare la necessaria attività formativa ed informativa.

Inoltre, si evidenzia che, per l'effettuazione di operazioni che richiedano precisione o particolare attenzione, è compito degli operatori degli automezzi richiedere forme di assistenza alla macchina, direttamente al Responsabile del cantiere, o comunque al personale in organico nel cantiere. Quando viene attuata un'assistenza al mezzo devono essere preventivamente concordati precisi segnali gestuali.

La Ditta fornitrice solleva il Committente, l'impresa esecutrice delle opere e la D.L. da qualsiasi responsabilità derivante da carenze tecniche, da difetti ed errori di manovra addebitabili all' operatore o alle macchine.

In ogni caso, gli eventuali ordini della D.L. che non possono avere piena corrispondenza nelle capacità tecniche dell'operatore o nelle caratteristiche specifiche delle macchine, devono essere segnalati alla D.L. stessa, prima di essere eseguiti.



### **3.3 Requisiti generali di base per i componenti (ingredienti)**

#### **3.3.1 Cementi**

Per la confezione dei calcestruzzi destinati alla realizzazione di tutte le tipologie di manufatti in c.a. potranno essere impiegati unicamente cementi provvisti di marcatura CE (certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA)) che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla normativa di riferimento UNI EN 197/1-2006.

Se è prevista una classe di esposizione all'aggressione solfatica (classe di esposizione ambientale XA in accordo alla UNI-EN 206-1) sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati in accordo alla UNI 9156 o relative norme europee. La classe di resistenza al solfato del cemento verrà scelta in accordo a quanto suggerito dalla norma UNI 8981-2.

Se è prevista una classe di esposizione all'aggressione da acque dilavanti (classe di esposizione ambientale XA in accordo alla UNI-EN 206-1) sarà necessario utilizzare cementi resistenti al dilavamento in accordo alla UNI 9606. La classe di resistenza al dilavamento del cemento verrà scelta in accordo a quanto suggerito dalla norma UNI 8981-3.

L'esigenza di eseguire getti monolitici di grandi dimensioni potrà richiedere l'impiego di cementi a basso sviluppo di calore denominati Low Heat: LR conformi ai requisiti specificati al punto 7 e al punto 9.2.3 della norma UNI-EN 197-1-2006.

Per eliminare il possibile rischio di reazioni alcali-aggregato potrà essere utilizzato cemento pozzolanico alle ceneri volanti (tipo IV/A o IV/B) o d'altoforno (tipo III/A o III/B). In alternativa si potrà utilizzare qualsiasi tipo di cemento purché il contenuto totale di alcali (come Na<sub>2</sub> o equivalente) nel calcestruzzo risulti inferiore a 3 kg/m<sup>3</sup>.

Per strutture facciavista durante l'intera fornitura dovrà essere utilizzato cemento proveniente dalla stessa cementeria. Inoltre, il calcestruzzo destinato ad uno stesso elemento strutturale deve essere confezionato con cemento di una stessa partita. Per le strutture facciavista bianche o colorate il calcestruzzo dovrà essere realizzato con cemento bianco.

Il cemento utilizzato dovrà essere conforme a quanto stabilito dal Decreto del Ministero della Salute del 10.05.2004 in particolare per quanto attiene ai limiti di cromo VI imposti dall'Allegato al punto 44.1.



Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità dei cementi utilizzati nella confezione del conglomerato.

In fase di aggiudicazione della fornitura il fornitore di calcestruzzo dovrà inviare "La scheda di Sicurezza" (a 16 punti) delle sostanze ai sensi del D.M. 04/04/1997 e successive modifiche (solo per l'Italia).

È vietato l'utilizzo del cemento alluminoso.

### **3.3.2 Aggiunte**

È consentito per la produzione del calcestruzzo l'impiego di aggiunte minerali di tipo I e II in accordo alla UNI-EN 206-1. In particolare, per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620 e UNI 8520/2.

Per le aggiunte di tipo II (ceneri volanti e fumi di silice) si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 (solo Italia) e UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

Il produttore di calcestruzzo dovrà attestare la conformità delle aggiunte utilizzate producendo opportuna certificazione rilasciata da un Laboratorio autorizzato di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001 da presentare a corredo del dossier di prequalifica degli impasti e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

### **3.3.3 Ceneri volanti**

Per la produzione del calcestruzzo sono ammesse unicamente le ceneri volanti conformi alla UNI EN 450-1 provviste di marcatura CE. Le ceneri volanti per il confezionamento di calcestruzzi destinati a strutture facciavista e pavimentazioni industriali dovranno contenere un tenore di incombusto inferiore al 3%. L'utilizzo di ceneri volanti non conformi alla UNI EN 450-1 è ammesso unicamente previa autorizzazione della D.L. e soltanto, quando per l'impossibilità di approvvigionarsi di sabbie fini il calcestruzzo necessita di un miglioramento delle proprietà reologiche finalizzato alla riduzione della segregazione e/o alla facilitazione delle operazioni di pompaggio. In queste situazioni le ceneri non conformi verranno trattate alla stregua delle aggiunte inerti e il loro dosaggio sarà limitato a 45 kg/m<sup>3</sup>. Ceneri non conformi alla UNI EN 450 non possono essere impiegate in calcestruzzi destinati alle classi di esposizione XF1, XF2, XF3 e XF4, in calcestruzzi facciavista, in conglomerati per pavimentazioni industriali e per la produzione di conglomerati autocompattanti.

Per il calcolo del rapporto aie equivalente, in Italia, il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450-1 verrà desunto dalle indicazioni riportate al punto 5.2.5.2



della UNI-EN 206-1 e dal prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prosp.3, UNI 11104)

TIPO CEMENTO	CLASSI DI RESISTENZA	VALORI DI k
CEM I	32.5 N, R	0,2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM IIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IIIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IVA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM VA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Generalmente l'impiego di cenere volante è previsto in parziale sostituzione solo dei cementi di tipo I e II/A. L'impiego di cenere volante in parziale sostituzione di cementi tipo III B, III, IV e V è subordinato ad una verifica dei tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo in funzione anche delle temperature esistenti in cantiere al momento del getto. Pertanto, tale impiego è condizionato da una preventiva approvazione della D.L.

Nella valutazione preliminare delle miscele (controllo di conformità), nella prequalifica (ove prevista) e nelle verifiche periodiche da eseguirsi su richiesta della D.L., andrà comunque accertato che:

- l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri, maggiore dello 0,4%. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione, previa approvazione della D.L., se l'incremento del dosaggio di additivo non determina significativi ritardi nei tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo;
- il dosaggio dell'additivo aerante (ove richiesto) in presenza di ceneri volanti sia sufficiente a garantire i requisiti prestazionali richiesti per la miscela in termini di aria inglobata e di spacing.



Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta, i certificati di conformità delle ceneri volanti utilizzate nel confezionamento del conglomerato.

#### **3.3.4 Fumo di silice**

Per la produzione del calcestruzzo è ammesso unicamente l'impiego di microsilici (o fumi di silice) che rispondono ai requisiti fissati dalle norme UNI EN 13263 parte I e 2 provvisti di marcatura CE.

Il fumo di silice può essere utilizzato in polvere o di "slurry". Se impiegato in questa ultima forma nel calcolo del rapporto a/c equivalente dell'impasto occorrerà conteggiare il quantitativo di acqua derivante dalla sospensione contenente fumo di silice (paragrafo 3.3). Per il coefficiente k del fumo di silice valgono le disposizioni di cui al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI-EN 206.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta, i certificati di conformità del fumo di silice utilizzato nella confezione del conglomerato.

#### **3.3.5 Filler calcarei**

I filler calcarei, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo I, devono essere conformi alla UNI EN 12620 e UNI 8520/2.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta, i certificati di conformità del filler utilizzato nella confezione del conglomerato.

#### **3.3.6 Aggregati**

Gli aggregati utilizzabili, ai fini della confezione del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo quanto previsto dalla Direttiva 89/106/CEE e dal D.P.R. 246 del 21.4.1993. In particolare, per calcestruzzo strutturale sono richiesti aggregati con sistema di attestazione 2+; per calcestruzzo non strutturale il livello di conformità richiesto è quello del sistema di attestazione 4, così come previsto dal punto II.2.9.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Gli aggregati debbono essere conformi alla UNI-EN 12620 e alla norma UNI 8520 parte 2 che contiene le istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della UNI-EN 12620.

Non potranno essere utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo aggregati con assorbimento d'acqua (UNI-EN 1097-6) maggiore del 2,5%. Per aggregati destinati



alla realizzazione di calcestruzzi per opere ricadenti nella classe di esposizione XF l'assorbimento di acqua dovrà risultare inferiore all' 1 %. Per assorbimenti di acqua maggiori di questo valore dovrà essere valutata la resistenza al gelo dell'aggregato mediante prova diretta di gelo-disgelo o indiretta in soluzioni di solfato di magnesio in accordo alla metodologia prevista rispettivamente dalla norma UNI -EN 1367-1 e UNI-EN 1367-2. Le classi di resistenza al gelo suggerite per gli aggregati in funzione della classe di esposizione ambientale cui la struttura sarà esposta in servizio vengono riportate nella Tabella seguente.

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	CLASSE DI RESISTENZA AL GELO DELL'AGGREGATO
XF1	F4 MS35
XF2, XF3	F2 MS25
XF4	F1
	MS18

Per la confezione del calcestruzzo potranno essere utilizzati esclusivamente aggregati con massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. pari o superiore a  $2.600 \text{ kg/m}^3$ . Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 dovranno preferibilmente essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di  $2.750 \text{ kg/m}^3$

Per gli aggregati destinati al confezionamento di calcestruzzi per strutture facciavista o per pavimentazioni il limite nel contenuto di impurezze organiche leggere negli aggregati viene fissato pari allo 0,25 e allo 0,05% rispettivamente per gli aggregati fini e grossi.

Sarà onere del produttore di calcestruzzo eseguire con frequenza trimestrale il controllo delle sostanze indesiderabili negli aggregati ed, in particolare il contenuto di solfati, di zolfo totale, di zolfo in forma di solfuri ossidabili, nonché la potenziale reattività agli alcali degli aggregati. Questi controlli si rendono necessari, indipendentemente dalla frequenza sopramenzionata, ogni qual volta si verifica un cambio nel fornitore degli aggregati o quando il banco di cava presenta caratteristiche geologiche significativamente diverse dalle partite di roccia già analizzate.



Per la confezione del calcestruzzo, dovranno essere impiegati aggregati appartenenti ad almeno tre classi granulometriche diverse. Per i calcestruzzi con classe di resistenza superiore alla C 32/40, le classi granulometriche dovranno essere almeno pari a quattro. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi 3.4 e 3.5. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), di ridotta tendenza alla segregazione e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

Per definizione il diametro massimo di un aggregato ( $D_{max}$ ) si identifica con l'apertura del setaccio, appartenente alla serie base completata con la serie 1 oppure 2 previste dalla EN 12620, cui corrisponde un trattenuto inferiore al 10%:

8 - 11 - 16 - 22 - 32 - 45 - 63 mm (serie base + serie 1)

8 - 12 - 16 - 20 - 32 - 40 - 63 mm (serie base + serie 2)

Non si accettano per la confezione del conglomerato pietrischetti, pietrischi e graniglie contenenti un tenore di elementi piatti o allungati (stimati attraverso l'indice di appiattimento: UNI EN 933-3) superiore al 15% in massa.

Per calcestruzzi destinati a strutture facciavista durante l'intera fornitura dovranno essere impiegati aggregati identici per natura, classi granulometriche e cava di provenienza.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, quanto prescritto di legge circa i certificati di conformità degli aggregati utilizzati nel confezionamento del conglomerato e comunque ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

La D.L. si riserva la facoltà di prelevare presso l'impianto del fornitore campioni di aggregato, sia in forma di misto che in forma di singole frazioni granulometriche, nelle quantità ritenute dalla stessa necessarie per eventuali verifiche o prove di laboratorio richiedendo la relativa dichiarazione di marcatura CE.

In linea di massima l'impiego di aggregati di riciclo deve essere escluso dal confezionamento del conglomerato salvo diversi accordi da stabilirsi con la D.L.. In tal caso l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui al Paragrafo 11.2.9.2 in Tabella 11.2.III delle Norme Tecniche (D.M. 17/01/2018), è ammesso. In ogni caso, non è consentito l'impiego di aggregati di riciclo per calcestruzzi destinati



ad opere che ricadono nella classe di esposizione ambientale XF in accordo alla EN 206-1 e alla UNI 11104.

### **3.3.7 Acqua di impasto**

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003. Per calcestruzzi destinati a strutture faccia vista o a pavimentazioni e per i conglomerati auto compattanti non è ammesso l'utilizzo di acque di riciclo, ma solo di acqua potabile.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità dell'acqua di impasto utilizzata nel confezionamento del conglomerato.

### **3.3.8 Additivi**

Gli additivi per il confezionamento del calcestruzzo debbono possedere il marchio CE e debbono essere conformi, ognuno per la propria categoria di appartenenza, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934-2. Al produttore di calcestruzzo è demandata la verifica dei dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per evitare eventuali indesiderati effetti legati ad anomali intrappolamenti di aria nell'impasto o a eccessivi fenomeni di ritardo o anticipo sui tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo. In via del tutto generale, si consiglia per la produzione degli impasti il ricorso costante ad additivi riduttori di acqua (conformi al prospetto 2 della norma UNI EN 934-2) o riduttori di acqua ad alta efficacia (conformi ai prospetti 3.1 e 3.2 della norma UNI EN 934-2) al fine di limitare il contenuto di acqua di impasto e conseguentemente migliorare sia la stabilità dimensionale del calcestruzzo che la resistenza alla fessurazione dei getti. Nel periodo estivo, in via del tutto generale si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di allungare i tempi di presa in modo da garantire il soddisfacimento del requisito di lavorabilità richiesto al getto (ad esempio fluidificanti ritardanti conformi al prospetto 10 della norma UNI EN 934-2 oppure superfluidificanti ritardanti conformi ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2 oltre che per attenuare eventuali problemi che possono insorgere nelle riprese di getto con conglomerati caratterizzati da tempi di presa e di indurimento precoci. Nel periodo invernale, invece, in via del tutto generale è consigliabile l'impiego di additivi che possano accelerare il processo di idratazione del cemento (ad esempio, acceleranti di indurimento conformi al prospetto 7 della norma UNI EN 934-2 oppure fluidificanti acceleranti conformi al prospetto 12 della norma UNI EN 934-2 al fine di conseguire una resistenza sufficientemente





elevata per poter resistere ad eventuali abbassamenti di temperatura al di sotto di 0°C.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità degli additivi utilizzati nel confezionamento del conglomerato unitamente alla "Scheda di Sicurezza" (a 16 punti) delle sostanze ai sensi del D.M. 04/04/1997 e ss.mm.

### **3.4 Requisiti di base per il calcestruzzo allo stato fresco e indurito**

#### **3.4.1 Le classi di resistenza**

In Italia (in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018) il calcestruzzo verrà identificato in base alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione misurata su provini cubici di lato 150 mm. Per questa resistenza caratteristica verrà adottata la seguente simbologia:  $R_{ck}$ .

#### **3.4.2 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati**

La scelta delle singole frazioni granulometriche degli aggregati da utilizzare per la confezione dell'impasto e delle rispettive percentuali di impiego è demandata al produttore di calcestruzzo che sceglierà la curva granulometrica ritenuta ottimale per il conseguimento delle prestazioni reologiche e meccaniche del calcestruzzo di cui ai paragrafi 3.4 e 3.5. È fatto obbligo al produttore, in accordo a quanto stabilito dalla UNI EN 12620, di utilizzare aggregati appartenenti ad almeno tre classi granulometriche diverse. Per i calcestruzzi con classe di resistenza superiore alla C 32/40, le classi granulometriche dovranno essere almeno pari a quattro.

#### **3.4.3 Rapporto acqua/cemento**

Per il calcolo del rapporto a/c equivalente  $(a/c)_{eq}$ , necessario per soddisfare sia i requisiti di durabilità che di resistenza meccanica a compressione, si farà riferimento alla sola acqua efficace intesa come l'acqua che dopo il mescolamento degli ingredienti si trova all'esterno dei granuli dell'aggregato lapideo. L'acqua efficace si ottiene a partire da quella introdotta nel mescolatore:

- sommando il quantitativo di acqua ( $a_{aggr-umido}$ ) ceduto dall'aggregato caratterizzato da un tenore di umidità maggiore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- sottraendo il quantitativo di acqua ( $a_{aggr-asciutto}$ ) sottratto dall' aggregato caratterizzato da un tenore di umidità minore dell'assorbimento;



- sommando l'aliquota di acqua ( $a_{add}$ ) introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 Kg/m<sup>3</sup>) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- sommando l'aliquota di acqua ( $a_{gh}$ ) introdotta tramite chips di ghiaccio.

$$a_{eff} = a_m + a_{aggr} + a_{add} + a_{gh}$$

Il rapporto acqua/cemento equivalente risulta individuato dalla seguente espressione:

$$\left(\frac{a}{c}\right) = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

dove:

- c dosaggio in kg per m<sup>3</sup> di cemento;
- cv dosaggio in kg per m<sup>3</sup> di cenere volante;
- fs dosaggio in kg per m<sup>3</sup> di fumo di silice;
- K<sub>cv</sub>; K<sub>fs</sub> coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 2.2.1 e 2.2.2).

#### **3.4.4 Lavorabilità**

E' onere del produttore di conglomerato selezionare le classi granulometriche degli aggregati, la curva ottimale di riferimento, il dosaggio di cemento e di aggiunte minerali che consentano di confezionare impasti che al momento della consegna in cantiere e per un periodo ulteriore di 30 minuti dall'arrivo del mezzo posseggano la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato nella tabella riassuntiva al paragrafo 3.8. Il calcestruzzo con la lavorabilità non conforme a quella prescritta dovrà essere di norma respinto dalla D.L. (relativamente a questo aspetto si consulti il paragrafo 6.1.1).

La misura della lavorabilità sarà effettuata a discrezione della D.L. e comunque all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica a compressione.

In accordo alla EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,30 m<sup>3</sup> di calcestruzzo, la misura della lavorabilità sarà di norma effettuata mediante l'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2); per la valutazione della classe di consistenza dei calcestruzzi high flow si dovrà utilizzare la tavola a scosse per la determinazione del diametro di spandimento (UNI EN 12350-5). Per la determinazione delle caratteristiche reologiche dei calcestruzzi autocompattanti si farà riferimento alle norme italiane (UNI 11041-11042-11043 e 11044) e a quelle richiamate nel documento europeo "Linee guida per i calcestruzzi auto compattanti).



Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento della consegna in cantiere non dovrà superare i 60 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali, quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 60 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto, purché lo stesso possenga i requisiti di lavorabilità prescritti. Fermo il rispetto delle caratteristiche prescritte, in questa evenienza, per il calcestruzzo dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti o superfluidificanti ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

#### **3.4.5 Acqua di bleeding**

Il volume di acqua di bleeding, valutato in accordo alla procedura stabilita dalla norma UNI 7122, dovrà risultare non superiore allo 0,10% rispetto al volume di acqua d'impasto.

#### **3.4.6 Contenuto d'aria**

In occasione dei prelievi per il confezionamento dei provini destinati ai controlli di accettazione della resistenza a compressione del conglomerato cementizio, e ogni qualvolta la D.L. lo ritiene opportuno, potrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7. Il contenuto di aria (intrappolata nei calcestruzzi senza additivo aerante o "aggiunta" nei conglomerati confezionati con questi additivi) dovrà risultare conforme ai valori prescritti e riportati nella Tabella 3.8.1. per ogni tipologia di calcestruzzo prevista nel presente documento contrattuale.

Il mancato rispetto del valore di contenuto d'aria prescritto potrà determinare la contestazione della fornitura, oltre che il rifiuto immediato del calcestruzzo da parte della D.L. (relativamente a quest'aspetto si consulti il paragrafo 6.1.4).

#### **3.4.7 Durabilità**

Ogni calcestruzzo, in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M 17.01.2018) dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità secondo quanto richiesto dalla norma



UNI EN 206-1 ed, in particolare, dal prospetto 4 della norma UNI 11104, in base alle classi di esposizione ambientale dell'elemento/struttura cui il calcestruzzo è destinato:

- rapporto (a/c)<sub>max</sub>;
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- aria inglobata o aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4). In aggiunta a questa prescrizione si potrà, in condizioni particolari da concordare preventivamente con la D.L., imporre nella specifica di capitolato un valore massimo allo spacing tra le microbolle stabilizzate dall' additivo aerante;
- contenuto minimo di cemento;
- tipo e classe di cemento;
- classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo;
- lavorabilità al getto;
- D<sub>max</sub> dell'aggregato.

Per i calcestruzzi destinati a strutture massive (di grande spessore) si potranno utilizzare, in deroga a quanto richiesto dal prospetto 4 della norma UNI 11104, dosaggi di cemento inferiori a quelli richiesti per soddisfare i requisiti di durabilità purché il dosaggio di cemento utilizzato risulti comunque superiore a quello minimo richiesto per la durabilità dalla norma UNI EN 206-1.

#### **3.4.8 Tipi di conglomerato cementizio a prestazione garantita (UNI-EN 206-1 o SN EN 206-1; UNI 11104)**

E' ammesso unicamente l'utilizzo di calcestruzzi a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206-1 ed UNI 11104, individuati attraverso una serie di requisiti base riassunti nella Tabella 3.8.1(a) riportata nel seguito, contenente i vari tipi di conglomerato impiegati e le relative caratteristiche prestazionali.

Tabella 3.8.1(a) - Classificazione dei diversi tipi di conglomerato sottoposti a qualifica preliminare

TIPO	CLASSI EXP AMB.	Classe di resistenza C(x/y)	Rapp acqua/cemento Corto (alc) <sub>max</sub>	cemento CM IN (l/m <sup>3</sup> )	TIPO CLASSE CEMENTO	SLUMP AL GETTO	D <sub>max</sub>	DI CONTENUTO CLORURI	ARIA INTRAPPOLATA INGLOBATA	CAMPI DI IMPIEGO



In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), il calcestruzzo a prestazione garantita dovrà essere prodotto in impianto, indipendentemente che esso sia esterno o meno al cantiere, dotato di un sistema di controllo della produzione (vedi Capitolo 4). Per calcestruzzi che non rientrano tra quelli in produzione iniziale o continua, ancorché prodotti in un impianto dotato di sistema di controllo della produzione, e per calcestruzzi autoprodotti in cantiere in volume inferiore a 1.500 m<sup>3</sup>, prima della fornitura dovranno essere effettuate delle prove di prequalifica dell'impasto certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001. Le prove di prequalifica dovranno essere effettuate anche per i calcestruzzi a composizione richiesta (vedi par. 3.10).

#### **3.4.9 Tipi di conglomerato cementizio a prestazione garantita: requisiti aggiuntivi e opzionali**

In linea di massima, tutti i requisiti aggiuntivi in termini di impermeabilità all'acqua, di resistenza meccanica a trazione o a trazione per flessione dovranno essere tutti convertiti in un corrispondente valore della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. Pertanto, salvo diverse disposizioni impartite dalla D.L., le specifiche di capitolato non conterranno voci relative a queste caratteristiche aggiuntive e, quindi, ad eventuali prove tese ad accertarne il valore. Per particolari esigenze esecutive (disarmo o messa in servizio in tempi brevi di strutture o parti di esse) potrà essere necessario prescrivere un valore caratteristico della resistenza a compressione a temperature diverse da 20°C e a tempi diversi da 28 giorni. In questa evenienza, il valore caratteristico specificato verrà corredato delle modalità e della durata della maturazione da condursi prima di effettuare le prove di schiacciamento.

In accordo al punto 11.2.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni e in ordine alla necessità di impiego di cementi a basso sviluppo di calore (cfr. § 2.1), la D.L. - in alternativa alla specifica di capitolato relativa alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione a 28 giorni - in Italia si potrà prescrivere un diverso tempo di maturazione (ad esempio a 56 giorni), riportandolo nelle specifiche del contratto di fornitura.

#### **3.4.10 Tipi di conglomerato cementizio a composizione richiesta (UNI-EN 206-1)**

Salvo diverse disposizioni della D.L. non è ammesso l'impiego di calcestruzzo a composizione richiesta, in accordo alla UNI-EN 206-1 ed UNI 11104. Per particolari



esigenze la D.L. potrà prescrivere il calcestruzzo in termini composizionali specificando tipo e dosaggio degli ingredienti da utilizzare, unitamente alla classe di consistenza richiesta al getto. Tuttavia, prima di procedere alla fornitura del conglomerato dovranno effettuarsi presso il laboratorio della centrale di betonaggio o presso un laboratorio prescelto dalla D.L. prove preliminari consistenti nel confezionamento del calcestruzzo in accordo alla composizione specificata. Queste prove sono finalizzate alla trasformazione dei requisiti composizionali in requisiti prestazionali. Si procederà, quindi, all'effettuazione delle prove di prequalifica dell'impasto che verranno certificate da un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001. In definitiva, quindi, il calcestruzzo fornito verrà trattato alla stregua di un conglomerato a prestazione garantita (allo scopo si consulti il paragrafo 4.2).

### **3.5 Qualifica del conglomerato cementizio**

#### **3.5.1 Requisiti del fornitore**

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) il fornitore di calcestruzzo dovrà produrre il conglomerato con un Processo Industrializzato e allo scopo dovrà essere, di norma, dotato di un sistema di controllo del processo di produzione certificato, da un organismo terzo indipendente (accreditato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) di adeguata competenza e organizzazione che opera in accordo con le norme UNI EN 45012. Il sistema di controllo del processo di produzione deve essere introdotto anche per quei produttori che già dispongono di un sistema di gestione della qualità in accordo alle norme ISO 9000.

Il sistema di controllo della produzione comporta l'utilizzo di personale adeguatamente formato, la redazione di idonea documentazione e l'installazione di un laboratorio dotato delle apparecchiature necessarie ad effettuare i controlli come descritto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale (Marzo 2003).

Il produttore dovrà attestare la certificazione del controllo di produzione contestualmente alla sottoscrizione del presente Capitolato. Sino alla entrata in vigore definitiva del Decreto 17 Gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni), il produttore del conglomerato privo della suddetta certificazione, può in alternativa fornire alla Direzione Lavori, nell'ambito dell'indagine negoziale:

- specifica documentazione relativa alla composizione delle miscele prodotte e agli ingredienti utilizzati;



- valutazione preliminare delle caratteristiche degli impasti allo stato fresco ed indurito con particolare riferimento alla lavorabilità e alla resistenza caratteristica a compressione che dovranno essere certificate da un Laboratorio di cui art. 59 del D.M. 380/2001.

Diversamente da quanto sopra specificato, non sarà possibile partecipare a forniture di calcestruzzo.

### **3.5.2 Progetto preliminare di pre-qualifica del calcestruzzo**

Il produttore del conglomerato deve sottoporre alla Direzione Lavori prima dell'inizio della fornitura - il "Dossier di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti" per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo che verranno utilizzati.

A tal fine dovrà presentare:

- per i calcestruzzi prodotti presso un impianto dotato di processo industrializzato, una documentazione atte stante la rispondenza delle materie prime impiegate alle norme vigenti e che la produzione del calcestruzzo viene effettuata operando un sistema di controllo del processo di produzione (Factory Production Control), certificato da un organismo terzo indipendente (accreditato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) e organizzato in accordo a quanto descritto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato (solo Italia);
- per i calcestruzzi prodotti presso un impianto non dotato di processo industrializzato, a cui la D.L. potrà ricorrere per motivi eccezionali (lontananza o assenza di impianti dotati di certificazione), una documentazione atte stante la rispondenza delle materie prime impiegate alle norme vigenti, oltre ad un progetto preliminare di pre-qualifica per attestare la conformità dell'impasto e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento, basato su prove preliminari di verifica da condurre direttamente presso l'impianto di betonaggio e certificate da un Laboratorio di cui art. 59 del D.M. 380/2001.

Il progetto preliminare di pre-qualifica si rende necessario anche quando:

il calcestruzzo viene fornito da un impianto dotato di processo industrializzato, ma il tipo di conglomerato prescritto non rientra in una famiglia di conglomerati in fase di produzione iniziale, né in fase di produzione continua (secondo EN 206-1);

allorquando la D.L. ha specificato l'impiego di un calcestruzzo a composizione richiesta (§ 3.10);

quando il calcestruzzo viene autoprodotta dall'impresa esecutrice delle opere in un impianto di cantiere e il volume complessivo di calcestruzzo (di miscela omogenea) risulta inferiore a 1.500 m<sup>3</sup>.



Relazione di prequalifica dell'impasto

Nella relazione di pre-qualifica, il produttore dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel precedente § 2;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo

UNI EN 1097-6;

- analisi granulometrica delle singole pezzature di aggregato impiegate;
- curva granulometrica dell'aggregato combinato;
- do saggio delle singole pezzature di aggregato;
- tipo, classe e do saggio del cemento;
- tipo e dosaggio degli additivi;
- tipo, do saggio e coefficiente di equivalenza delle aggiunte;
- acqua efficace
- rapporto acqua-cemento efficace;
- massa volumica del calcestruzzo fresco;
- deviazione tra dosaggi nominali ed effettivi;
- classe di consistenza del calcestruzzo alla miscelazione;
- perdita di lavorabilità nel tempo fino a 60 min;
- percentuale di aria intrappolata o aggiunta;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- resistenza a compressione a 28 giorni (valore medio, caratteristico e scarto quadratico medio;
- sviluppo della resistenza a compressione in funzione del tempo (1, 2, 7, 14 e 28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto.

### **3.6 Ordine e consegna del calcestruzzo**

Alla ditta risultante aggiudicataria verrà formalizzato l'incarico per la fornitura, mediante un apposito atto, dove verranno ribaditi i requisiti del calcestruzzo da fornire in accordo a quanto riportato nel paragrafo che segue.





### **3.6.1 Ordine del calcestruzzo**

La Direzione Lavori e l'Impresa esecutrice, in sede di incarico, comunicheranno al fornitore il nome del proprio referente per il cantiere, il quale effettuerà gli ordini di fornitura. All'ordine (effettuato con almeno 20 ore di preavviso) saranno comunicate:

- le caratteristiche specifiche Rck, Classe di esposizione, Classe di consistenza al getto, Dmax dell'aggregato;
- la quantità da fornire;
- l'orario del getto;
- l'eventuale necessità di mezzi di pompaggio;
- le eventuali particolarità previste.

### **3.6.2 Consegna del calcestruzzo**

Il fornitore dovrà garantire la massima puntualità e mettere a disposizione il personale e le attrezzature richieste all'ordine, in modo da poter rendere le fasi del getto razionali e continue.

Alla consegna il produttore dovrà fornire un documento di consegna, che dovrà essere sottoscritto da un rappresentante della ditta e da un incaricato della D.L., riportante le seguenti informazioni, comuni a tutti i tipi di calcestruzzo:

- numero progressivo del documento;
- nome e localizzazione dell'impianto di preconfezionamento;
- estremi della certificazione del controllo di produzione in fabbrica (F.P.C.);

d) identificativo del veicolo di trasporto;

nome e localizzazione del cantiere di consegna e denominazione dell'acquirente;

- data ed ora del carico;
- quantità di calcestruzzo in m<sup>3</sup>;
- peso del carico (calcestruzzo e tara dell'automezzo) o in alternativa la stampa delle quantità registrate in fase di dosaggio (resoconto della miscela caricata);
- ora di arrivo del calcestruzzo in cantiere;
- ora di inizio scarico;
- ora di fine scarico;
- tipo e classe di resistenza del cemento;

m) classe di consistenza al getto (slump o diametro di spandimento - quest'ultima per calcestruzzi high flow - o per i calcestruzzi auto compattanti prove di slump-flow, passing ability, V-funnel e resistenza alla segregazione);



rapporto acqua/cemento equivalente;  
il diametro massimo effettivo dell'inerte utilizzato ( $D_{max}$ );  
dichiarazione di marcatura CE degli aggregati (solo per l'Italia);  
dichiarazione di conformità alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 (per la Svizzera alla SN EN 206-1 e al CPN);  
la resistenza caratteristica richiesta ( $R_{ck}$ );  
la classe (o le classi) di esposizione ambientale (X);  
la classe di contenuto massimo di cloruri (Cl);  
e, per forniture di calcestruzzo a composizione richiesta (cfr. § 3.10):  
il dosaggio (in kg per  $m^3$ ) degli ingredienti utilizzati;  
tipo di additivo;  
eventuali caratteristiche particolari richieste.

### **3.7 Controlli in corso d'opera sul calcestruzzo fresco e indurito**

La D.L. ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato fornito e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare. Il controllo della qualità del calcestruzzo attiene sia alle caratteristiche dell'impasto allo stato fresco che allo stato indurito.

#### **3.7.1 Verifiche sul calcestruzzo allo stato fresco**

Le verifiche delle caratteristiche saranno effettuate a discrezione della D.L. e di norma all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica. Le verifiche consistono in:

- determinazione della classe di consistenza al getto mediante misura di abbassamento al cono di Abrams o procedura equivalente (vedi paragrafo 3.4);
- determinazione dell'aria intrappolata o inglobata (in presenza di additivi aeranti) mediante l'impiego del porosimetro. Per i calcestruzzi privi di additivo aerante questa prova può essere sostituita, previa autorizzazione della D.L., dalla misura della massa volumica dell'impasto;
- determinazione dell'acqua di impasto;
- valutazione della dimensione massima dell'aggregato;
- volume consegnato.

Le verifiche effettuate sul calcestruzzo fresco sono effettuate da personale incaricato dalla D.L..

Per quelle effettuate direttamente dall'Impresa esecutrice delle opere le stesse dovranno essere eseguite in contraddittorio in presenza di un rappresentante del



fornitore. In assenza di altri rappresentanti, per tali operazioni sarà considerato incaricato del fornitore l'autista della betoniera, il quale, dopo aver constatato la corretta esecuzione delle operazioni, sarà tenuto a sottoscrivere i moduli che attestano la conformità - del campionamento e delle verifiche effettuate - alle norme ed al presente Capitolato.

### **Consistenza**

La determinazione della consistenza si esegue mediante la prova di abbassamento al cono (o per i calcestruzzi high flow mediante misura del diametro di spandimento, UNI EN 12350-5) secondo il procedimento descritto al punto 6 della UNI EN 12350-2. Per i calcestruzzi autocompattanti, la determinazione della consistenza avverrà in base alle modalità di prova contenute nelle specifiche di capitolato.

Diversamente da quanto indicato nella norma, la riomogenizzazione prevista al punto 5 della UNI EN 12350-2 verrà effettuata mediante sessola, o attrezzatura similare, nel recipiente di raccolta del calcestruzzo (ad es. carriola).

Se la consistenza del calcestruzzo non dovesse corrispondere a quella ordinata (a tale scopo si ricorda che non sono ammesse tolleranze per il valore dello slump per la classe di consistenza prescritta e ordinata) si possono distinguere due casi:

Classe di Consistenza del calcestruzzo fornito minore di quella richiesta: la Direzione Lavori a sua discrezione può decidere di respingere la fornitura o di richiedere al rappresentante della Ditta (che, come già indicato, in assenza di altro personale è il conducente dell'autobetoniera) di far corrispondere la consistenza del calcestruzzo a quella ordinata (come previsto nel secondo periodo del punto 7.5 della norma UNI EN 206-1. Si precisa che quest'ultima operazione è eseguita sotto la responsabilità del fornitore.

Classe di Consistenza del calcestruzzo fornito maggiore di quella richiesta: la Direzione Lavori può decidere, compatibilmente con le esigenze di cantiere e di messa in opera, di respingere la consegna, oppure di accettare la fornitura, fermo restando la rispondenza alle caratteristiche della classe di resistenza richieste.

Contenuto cemento, rapporto acqua/cemento e distribuzione granulometrica dell'aggregato

Il rapporto acqua/cemento equivalente (a/c)<sub>eq</sub> (paragrafo 3.3) del calcestruzzo fornito non deve superare il valore specifico stabilito per ogni calcestruzzo in Tabella 3.8.1 e desunto dalle esigenze strutturali, da quelle di durabilità o da requisiti aggiuntivi richiesti per le strutture cui il calcestruzzo è destinato.



Le verifiche delle caratteristiche di cui al presente paragrafo (descritte per il contenuto di cemento e per il rapporto a/c al p.to 5.4.2 e per la dimensione massima dell'aggregato al p.to 5.4.4 della UNI EN 206-1) si eseguono secondo quanto previsto dalla norma UNI 6393.

Qualora la non conformità riguardasse il rapporto acqua/cemento equivalente (allo scopo si ricorda che non è ammessa, in deroga a quanto riportato nella norma UNI-EN 206-1), alcuna tolleranza rispetto al valore prescritto) e/o alla dimensione massima dell'aggregato si prevede l'applicazione di una penale calcolata secondo una aliquota pari a:

5% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento  $\sim$  del 5% del valore richiesto; 10% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento  $>$  del 5% del valore richiesto.

Se l'irregolarità riguardasse il contenuto di cemento, con le tolleranze previste dal Prospetto 17 della UNI EN 206-1 o SN EN 206-1 (al massimo 10 kg/m<sup>3</sup> in meno rispetto al valore nominale prescritto), sarà applicata una riduzione di prezzo proporzionale all'effettivo do saggio riscontrato e si applicherà una penale calcolata secondo una aliquota pari al:

5% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento  $\leq$  del 5% del valore richiesto; 10% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento  $>$  del 5% del valore richiesto.

L'effetto della irregolarità riscontrata dalle prove si applicherà all'intera fornitura giornaliera.

### **Omogeneità**

La verifica dell'omogeneità del calcestruzzo fornito si esegue vagliando due campioni di conglomerato, prelevati ad 1/4 e 4/5 dello scarico dell'autobetoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm. La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non deve differire più del 10%. Inoltre, l'abbassamento al cono dei due campioni non può differire più di 5 cm.

La fornitura non conforme comporterà l'applicazione di una penale pari al 10% del prezzo del calcestruzzo, applicata alla quantità fornita nella giornata.

### **Contenuto di aria intrappolata o aggiunta**

La determinazione dell'aria intrappolata o aggiunta (per i calcestruzzi confezionati con additivo aerante e destinati alle strutture in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4) verrà effettuata contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato e ogni qualvolta la D.L. lo ritenesse necessario, in accordo alla procedura descritta dalla



norma UNI-EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto d'aria dovrà rientrare nell'intervallo prescritto e riportato in Tabella 3.8.1. Il mancato rispetto dell'intervallo di valori prescritto (in deroga a quanto previsto dalla UNI EN 206-1, non è ammessa alcuna tolleranza per il contenuto di aria) potrà determinare a discrezione della D.L. il rifiuto del calcestruzzo.

### **Quantità consegnata**

Le quantità di calcestruzzo (richieste e consegnate) sono riferite al calcestruzzo compattato, come da punto 3.1.15 della UNI EN 206-1.

In linea di massima la verifica deve effettuarsi secondo le seguenti metodologie: -  
mediante cubatura del getto, il volume si intende gettato e costipato a rifiuto;

- mediante verifica della massa volumica effettiva, effettuata secondo UNI EN 12350-6 con contenitore volumetrico da 5 dm<sup>3</sup>, effettuando una compattazione meccanica con tavola vibrante o con vibratore ad ago.

Rimane facoltà della D.L. introdurre ulteriori controlli sul volume consegnato, tramite doppie pesate formali dell'autobetoniera, senza oneri per il committente.

Qualora, in seguito a verifica, le quantità consegnate non dovessero corrispondere a quelle dichiarate nel documento di trasporto, sarà applicata una penale pari al 10% del prezzo del calcestruzzo, applicata alla quantità fornita nella giornata.

## **3.8 I controlli sul calcestruzzo indurito**

Il controllo di accettazione va eseguito secondo quanto stabilito al punto 11.2.5 delle Norme Tecniche sulle costruzioni, su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, può essere condotto mediante:

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea).

Le procedure di campionamento, conservazione e trasporto e consegna al Laboratorio Ufficiale sono svolte direttamente da personale incaricato dalla D.L.. L'Impresa esecutrice delle opere potrà effettuare ulteriori controlli, oltre quelli obbligatori effettuati dalla D.L., in contraddittorio con un incaricato del fornitore di calcestruzzo. Per tali operazioni, in assenza di altri rappresentanti, l'autista della betoniera sarà considerato incaricato del fornitore.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera", in presenza della D.L. o di un suo incaricato, non prima di aver scaricato almeno 0,30 m<sup>3</sup> di conglomerato, in accordo con le procedure previste dalle norme:



- UNI EN 12390-1 relativamente ai requisiti delle casseforme da impiegare (verranno impiegate esclusivamente "cubettiere" in acciaio lato 150 mm, salvo getti di conglomerati confezionati con aggregati aventi pezzatura massima maggiore di 32 mm);
- UNI EN 12390-2 circa le modalità di confezionamento e conservazione dei provini;
- UNI EN 12390-3 relativamente alle modalità di esecuzione della prova di schiacciamento.

Per l'identificazione dei provini sulla superficie non cassetata sarà annegato un legaccio di plastica al quale sarà fissata la targhetta riportante la sigla del provino. In alternativa si potrà utilizzare un'etichetta di plastica, firmata dalla D.L. o da un suo incaricato, sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile.

L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un resoconto di prova che

riporti le seguenti indicazioni:

I) Identificazione del provino:

denominazione del cantiere;

tipo di calcestruzzo (utilizzare la stessa identificazione di Tabella 3.8.1);

numero del documento di trasporto del calcestruzzo da cui è stato effettuato il prelievo;

numero del prelievo e del provino (ad esempio, 1/1 oppure 1/2 rispettivamente per il provino 1 e 2 del prelievo 1; oppure I/A e 1/B);

data e ora di confezionamento del provino;

elemento strutturale realizzato con il calcestruzzo da cui è stato effettuato il prelievo;

Dettagli sulla modalità e sulla durata della conservazione dei provini prima della scasseratura.

Il metodo di conservazione dei provini dopo la scasseratura, indicando il campo delle temperature e la durata della conservazione.

La firma dell'incaricato della Direzione Lavori.

Al termine del prelievo, i provini verranno sistemati su un piano orizzontale in una posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 ore, ma non oltre 3 giorni, protetti da urti, vibrazioni e disidratazione, alla temperatura di  $20 \pm 5$  °C o di  $25 \pm 5$  °C nei climi caldi (punto 5.5.1 UNI EN 12390-2). In questo ultimo caso sarà necessario coprire i provini con sistemi isolanti o materiali



umidi (ad es. sacchi di juta, tessuto non tessuto). I provini, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di  $20 \pm 2$  °C, oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di  $20 \pm 2$  °C ed umidità relativa superiore al 95% (punto 5.5.2 UNI EN 12390-2).

### **3.9 Verifica della resistenza caratteristica ed eventuale contestazione**

Dopo il rilascio del Certificato delle prove di resistenza a compressione eseguite su campioni di conglomerato cementizio, relativo ai diversi lotti consegnati (che saranno individuati dalla D.L.) si procede:

- al Controllo di accettazione così come previsto dal pto. 11.2.5 delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- al calcolo della "Resistenza caratteristica effettiva" ( $R_{ckeff}$ ), determinata dal valore che soddisfa entrambe le disequazioni previste dal pto. 11.2.5 delle Norme tecniche per le costruzioni).

In caso di controllo di accettazione conforme, il quantitativo di conglomerato è accettato. La ditta fornitrice potrà ottenere copia dei controlli di accettazione e dei relativi certificati.

#### **3.9.1 Procedura in caso di non conformità dei controlli di accettazione**

In caso di controllo o controlli di accettazione non conformi, la D.L. dovrà procedere all'applicazione della penale, alla riduzione del prezzo e alle verifiche di sicurezza strutturali, come di seguito riportato.

#### **3.9.2 Applicazione della penale e della riduzione del prezzo**

In caso di controllo o controlli di accettazione non conformi, la minore resistenza caratteristica del calcestruzzo fornito, rispetto a quella richiesta, riduce sia le prestazioni meccaniche che la durabilità dell'opera, quindi la D.L. contesterà la fornitura dequalificando il calcestruzzo al valore della Resistenza caratteristica effettiva (si utilizzerà di seguito il simbolo  $R_{ckeff}$  per identificare la resistenza caratteristica effettiva su provini cubici e il simbolo  $R_{ck}$  per identificare il valore della resistenza caratteristica pattuito contrattualmente).

La dequalifica della fornitura comporta, per la quantità di calcestruzzo contestata: a) l'applicazione di una penale calcolata secondo una aliquota pari a:

1. 10% del prezzo del calcestruzzo ordinato per  $R_{ckeff} > 90\% R_{ck}$  ordinato;
2. 20% del prezzo del calcestruzzo ordinato per  $R_{ckeff} \leq 90\% R_{ck}$  ordinato;





la riduzione del prezzo del calcestruzzo proporzionale al deficit di resistenza riscontrato che si calcola con la seguente formula:

$$\text{riduzione prezzo} = 1,4 * \frac{\text{prezzo} R_{ck\text{ordinato}}}{R_{ck\text{ordinato}}} * (R_{ck\text{ordinato}} - R_{ck\text{effettiva}})$$

In merito all'applicazione della penale e della riduzione di prezzo di cui alle lettere a) e b), si precisa che la quantità di calcestruzzo contestata è quella riferita alla quantità di calcestruzzo rappresentata dai tre o dai quindici prelievi rispettivamente del controllo di accettazione di tipo A o B.

### **3.9.3 Verifiche di sicurezza strutturali**

Sempre in caso di controllo o controlli di accettazione negativi si dovrà procedere anche secondo quanto indicato al successivo § 8 del Capitolato, in ordine alle verifiche di sicurezza delle strutture, con oneri a carico del fornitore.

Ove queste non risultino soddisfatte, con oneri a carico del fornitore, si procede alla dequalifica dell'opera, ovvero all'esecuzione di lavori di consolidamento, ovvero alla demolizione dell'opera stessa. In caso di demolizione, dalle spese di ricostruzione dell'opera, sostenute dal fornitore di calcestruzzo, verrà ridotto l'importo delle penali di cui al precedente punto.

### **3.9.4 Scelta del Laboratorio Ufficiale.**

Il Laboratorio incaricato dell'effettuazione delle prove di schiacciamento verrà individuato dalla Direzione Lavori.

## **3.10 Verifiche di sicurezza in caso di non conformità dei controlli di accettazione**

Quando l'opera, o una parte di opera, risulti non conforme ai controlli di accettazione il D.L. procede ai sensi del punto 11.2.6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni con l'obbligo di rimuovere definitivamente la "non conformità", mediante l'impiego di altri mezzi di indagine (prove di tipo distruttivo e non distruttivo) sul calcestruzzo in opera. Considerato che il valore della resistenza del calcestruzzo in opera è generalmente inferiore a quella del calcestruzzo dei prelievi sul calcestruzzo fresco (provini), è accettabile un valore caratteristico della resistenza a compressione cubica media del calcestruzzo in opera, proveniente dalle suddette prove complementari, non inferiore all'85% di  $R_{C\text{media, progetto}}$ .



L'esito positivo della verifica non muta il calcolo della Resistenza caratteristica effettiva, di cui al precedente capitolo 7 e quanto ne consegue ai fini dell'applicazione della penale e della riduzione di prezzo.

Il controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme deve fare riferimento ai risultati delle indagini di cui al presente paragrafo, utilizzando per il calcolo quale valore caratteristico della resistenza a compressione per le verifiche di collaudabilità il rapporto tra il valore della resistenza cubica caratteristica a compressione del calcestruzzo in opera/0,85. Per il calcolo della resistenza cubica caratteristica a compressione del calcestruzzo in opera si farà riferimento all'approccio A o B previsto dalla norma EN 13791.

### **3.11 Altre condizioni**

Obblighi assicurativi, assistenziali e previdenziali La Ditta fornitrice deve:

- possedere l'iscrizione alla Camera di commercio per attività compatibile con quella prevista nel presente capitolato;
- possedere idonea polizza assicurativa a copertura dei titolari e dei propri dipendenti per la responsabilità civile e patrimoniale verso terzi ed operatori (persone, animali e cose), conseguente ad azioni ed omissioni compiute, a malfunzionamento delle macchine, ecc.
- essere in regola con gli obblighi previdenziali e contributivi nei confronti dei dipendenti; garantire che ai suoi dipendenti vengano corrisposte retribuzioni conformi ai Contratti collettivi vigenti per il settore.
- essere in regola con le norme che disciplinano il diritto al lavoro dei disabili;
- possedere ed osservare quanto prescritto dalle leggi e norme in materia di sicurezza ed igiene del lavoro e di quanto specificato nei documenti citati al punto 1.2. del Capitolato;
- non incorrere nelle cause di esclusione per la partecipazione alla presente indagine informale, ai sensi dell'art. 35 della L.P. n. 26/1993 ("Norme in materia di lavori pubblici di interesse provinciale e per la trasparenza negli appalti").

#### **Accessibilità al cantiere**

La verifica preventiva della percorribilità con i propri mezzi delle vie di accesso al cantiere compete alla Ditta che comunica alla D.L. tutte le situazioni in cui possano presentarsi pericoli, o si possano danneggiare mezzi o le infrastrutture percorse. La



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

---

Ditta si assume tutti gli oneri derivanti dalla eventuale inosservanza al Codice della Strada e dei danni causati dai mezzi meccanici al di fuori dell'ambito di cantiere.

**Generalità**

Le condizioni contenute nel presente Capitolato devono intendersi come condizioni generali per le forniture. La Direzione Lavori si riserva di disporre altre condizioni per la fornitura del calcestruzzo preconfezionato, qualora la tipologia di opere da realizzare e le particolari condizioni del cantiere richiedessero condizioni aggiuntive. Le condizioni aggiuntive saranno di volta in volta specificate nella lettera di invito all'indagine o a gara ufficiosa e successivamente richiamate nell'incarico di fornitura. Il titolare della ditta di fornitura del calcestruzzo, nel sotto firmare il presente Capitolato è a conoscenza delle sanzioni penali previste in caso di dichiarazioni mendaci e attesta che quanto dichiarato negli atti collegati al presente documento corrisponde a verità.



## 4 ACCIAI PER CEMENTO ARMATO

Barre di acciaio ad aderenza migliorata (D.M. 17/01/2018 p.to 11.3.2)

La normativa prevede due tipi di acciaio per cemento armato:

B450C B450A, che devono essere **saldabili e ad aderenza migliorata**, ovvero dotati di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

tabella 1

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540$ (N/mm <sup>2</sup> )
(ft/fy)k rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
(fy/fy nom)k snervamento unitario/450 N/mm <sup>2</sup>	$\leq 1,25$
Allungamento (Agt)K	$\geq 7,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4ø per $\phi < 12$ mm 5ø per $12 \leq \phi \leq 16$ mm 8ø per $16 < \phi \leq 25$ mm 10ø per $25 < \phi \leq 50$ mm

tabella 2

	CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540$ (N/mm <sup>2</sup> )
(ft/fy)k rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,05$
(fy/fy nom)k snervamento unitario/450 N/mm <sup>2</sup>	$\leq 1,25$
Allungamento (Agt)K	$\geq 2,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4ø per $\phi \leq 10$ mm

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati:

quelli laminati a caldo denominati B450C (ad alto grado di duttilità)

quelli trafilati a freddo denominati B450A (a basso grado di duttilità)

Entrambi sono caratterizzati dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

$$f_y \text{ nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_t \text{ nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

Gli acciai laminati a caldo B450C devono rispettare i requisiti indicati nella tabella 1:

Gli acciai trafilati a freddo B450A devono rispettare i requisiti indicati nella tabella 2.

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue a temperatura ambiente di 20 + 5°C, piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti in forno a 100°C, procedendo successivamente al suo raffreddamento in aria ed al parziale raddrizzamento per almeno 20°.



Dopo la prova il campione non deve presentare rotture, cricche od altre alterazioni.  
Gli acciai B450C, se prodotti in barre, hanno diametro compreso tra 6 e 40 mm, mentre se prodotti in rotoli hanno diametro minore o uguale a 16 mm.  
Gli acciai B450A se prodotti in barre hanno diametro compreso tra 5 e 10 mm, mentre se prodotti in rotoli hanno diametro minore o uguale a 10 mm.  
Per gli acciai trafilati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute prima per 60 minuti a  $100 \pm 10^\circ\text{C}$  e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente. Il trattamento ha lo scopo di rilassare rapidamente il materiale, le cui fibre rimangono in tensione dopo la lavorazione

#### **4.1 Prodotti qualificati**

Gli acciai per essere impiegati devono essere qualificati.  
Per esserlo devono provenire da acciaierie che hanno ricevuto da parte del Consiglio Superiore dei LL.PP. l'attestato di qualificazione.  
In detto certificato è riportato il nome dell'acciaieria, lo stabilimento di produzione, il marchio, la saldabilità, il diametro, se si tratta di barre o di rotoli, etc. (catalogo schede sul sito web del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti).

#### **4.2 Controlli di accettazione in cantiere**

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori. È opportuno che gli stessi siano effettuati prima della messa in opera del lotto di spedizione e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

Tre forme di controllo sono obbligatorie per tutte le tipologie di acciaio:

**in stabilimento di produzione**, da eseguirsi sui lotti di produzione;

**nei centri di trasformazione**, da eseguirsi sulle forniture;

**di accettazione in cantiere**, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

#### Definizioni

- Lotto di produzione: riferito a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante contrassegni al prodotto finito (rotolo, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Deve avere valori omogenei delle grandezze nominali (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed è compreso tra 30 e 120 t.
- Forniture: lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.



- Lotti di spedizione: lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

Gli acciai devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento (in assenza di norma armonizzata, il sistema di gestione della qualità deve essere coerente con la UNI EN ISO 9001:2008).

Tutti i prodotti in acciaio per impiego strutturale devono essere qualificati.

La valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata:

mediante marcatura CE, quando sia applicabile (ad es. i laminati e i relativi profilati IPE, HE, UPN, ecc. devono essere provvisti obbligatoriamente di marcatura CE)

attraverso la qualificazione del Servizio Tecnico Centrale (STC) L'attestato di qualificazione rilasciato da tale ente ha validità 5 anni.

Le forniture di acciaio provenienti dallo stabilimento di produzione devono essere accompagnate:

1. Nel caso in cui sussista l'obbligo della marcatura CE:

da copia della Dichiarazione di conformità CE, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario

dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

2. Nel caso in cui non sussista l'obbligo della marcatura CE:

da copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario

dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

Qualora le forniture siano effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

**Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il STC, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

---

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora l'unità marchiata venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Il campionamento, si legge nella sopracitata Circolare, viene generalmente effettuato su tre diversi diametri opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di 3 spezzoni (di 1,30 mt., come solitamente richiesto), marchiati, per ciascuno dei diametri selezionati, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato che esso abbia i requisiti previsti dal D.M. 17/01/2018, si potrà recare presso il medesimo centro dove, il Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, preleverà i campioni da inviare presso un laboratorio autorizzato secondo le disposizioni dello stesso Direttore dei Lavori, munendoli di sigle, etichettature indelebili, ecc che assicurino che essi sono effettivamente quelli prelevati.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati secondo la norma UNIEN ISO 15630-1:2004, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto, riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi tra i valori minimi e massimi riportati nella tabella 3.

Se i tre risultati della prova soddisfano i valori indicati nella suddetta tabella, il lotto consegnato è da considerarsi conforme.

Se ciò non accadesse, il lotto va considerato conforme solo se la media di 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori saranno compresi tra il valore minimo ed il valore massimo sopra riportati.

Il prelievo di questi ulteriori 10 provini va fatto alla presenza del produttore o suo rappresentante, che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove in Laboratorio.

Se anche i tre risultati della prova soddisfano i valori indicati nella suddetta tabella, il lotto consegnato è da considerarsi conforme, il lotto deve essere respinto ed il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici.





#### **4.3 Reti e tralicci elettrosaldati**

Vanno effettuate le prove di trazione, piegamento e distacco al nodo su entrambi i fili delle reti e sui correnti dei tralicci, verificando che la rottura avvenga al di fuori dei punti di saldatura.

Le reti ed i tralicci realizzati con acciaio B450 C hanno un diametro compreso tra 6 e 16 mm, mentre quelli realizzati con acciaio B450 A hanno diametro compreso tra 5 e 10 mm.

Per effettuare le prove sono necessari 3 campioni di 120 x 120 cm per le reti e tre campioni di 150 cm di lunghezza per i tralicci (dimensioni richieste da gran parte dei Laboratori ALP).

Riassumendo: la CM 617 - capitolo 11.3.2.1004 - puntualizza che i controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere svolti entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. Il campionamento deve essere effettuato su tre diversi diametri, opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di tre spezzoni, marchiati per ciascuno dei diametri selezionati, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti. (lunghezza spezzone richiesta =130 cm). Inoltre, al capitolo 11 .3.1 .5 si ribadisce che gli stabilimenti di produzione di acciai qualificati non sono tenuti ad allegare alle forniture copia dei certificati rilasciati dal Laboratorio incaricato che effettua i controlli periodici di qualità. Si precisa al riguardo, che i predetti certificati non sono significativi ai fini della fornitura, trattandosi di documenti riservati al servizio tecnico centrale per i controlli semestrali nell'ambito del mantenimento e rinnovo della qualificazione. tali certificati, peraltro, non possono sostituire i certificati relativi alle prove effettuate dal direttore dei lavori, che devono essere rilasciati dai laboratori nell'ambito dei controlli obbligatori di cantiere.

#### **4.4 Controlli di accettazione in cantiere**

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati comunque prima della messa in opera del prodotto, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

Tabella n. 3

Caratteristica	Valore limite	note
tensione                      dify minima	425        (N/mm <sup>2</sup> )	(450-25) N/mm <sup>2</sup>
tensione                      dify massima	572        (N/mm <sup>2</sup> )	(450 x(1 ,25+0,02)) N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo	<,6,0%	per acciai B450C



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*  
Progetto esecutivo

Agt minimo	<, :2,0%	per acciai B450A
rottura unitaria/snervamento	1,13:5 (ftlfY):5 1,37	per acciai B450C
rottura unitaria/snervamento	ftlfy <': 1,03	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Senza cricche	per tutti

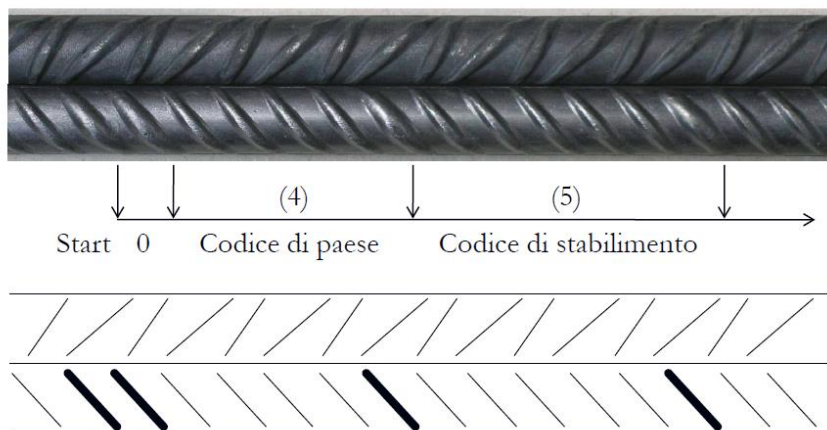
Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato.

In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale.

Identificazione del produttore

Su un lato della barra/rotolo vengono riportati dei simboli che identificano l'inizio di lettura del marchio (due barre ingrossate consecutive), l'identificazione della nazione e dello stabilimento.



## 4.5 Acciai per strutture metalliche

### 4.5.1 Profilati d'acciaio

Per ogni fornitura di 30 t occorre un controllo su di un minimo di tre saggi (almeno uno sullo spessore minimo ed uno sullo spessore massimo). Per i profilati IPE, HE le provette per la prova vanno ricavate solamente dalle ali.



Sulle provette ricavate dal profilato, oltre alla prova di trazione, verrà eseguita la prova di piegamento e di resilienza. Nella prova di piegamento non devono comparire cricche mentre il valore della resilienza non deve essere inferiore a 27J.

#### **4.5.2 forniture e documentazione di accompagnamento**

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il riferimento dell'Attestato deve essere riportato sul documento di Trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera del prodotto, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare eventuali forniture non conformi.

#### **4.5.3 Centri di trasformazione**

Si definisce Centro di Trasformazione, nell'ambito degli acciai, un impianto esterno al cantiere che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre, rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili, quali ad esempio elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc) o preassemblati (gabbie di armatura) pronti per la messa in opera.

Il Centro di Trasformazione deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità, certificato da un organismo di adeguata competenza che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021 :2006.

I Centri di Trasformazione sono tenuti ad eseguire presso un laboratorio autorizzato una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche sia meccaniche che geometriche del materiale originario anche sul prodotto lavorato.

I Centri di Trasformazione sono tenuti a dichiarare, depositando prescritta documentazione, la loro attività al Servizio Tecnico Centrale il quale dichiara poi l'avvenuta presentazione della suddetta dichiarazione. Essa deve essere confermata annualmente al suddetto Servizio Tecnico Centrale previa dichiarazione che nulla è variato rispetto al precedente deposito ovvero siano descritte le variazioni avvenute. In sostanza una sorta di carta di identità del Centro stesso che risulti inequivocabilmente "identificabile". Scopo principale dell'operazione di qualifica del Centro di Trasformazione è quello di bloccare tutti i materiali di provenienza sconosciuta.



I requisiti minimi del Centro sono: 1. Avere al proprio interno un direttore tecnico in grado di leggere i progetti oltre che di controllare la produzione, 2. Avere un Sistema di Qualità per la gestione di procedure e documentazione.

Sul sito web del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Servizio Tecnico Centrale della Presidenza Del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sono elencati i Centri di Trasformazione con "Dichiarazione di attività", nonché tutte le schede degli acciai qualificati.

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da:

Dichiarazione sul documento di trasporto degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del Centro di Trasformazione.

Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Il Direttore dei Lavori inoltre può richiedere copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare eventuali forniture non conformi.

La documentazione suddetta deve essere prodotta dal Direttore dei Lavori al Collaudatore che riporterà nel certificato di collaudo gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

N.B. Se il professionista non ha redatto i calcoli in c.a. riferendosi D.M. 17/01/2018, ma al D.M. 14/09/2005 oppure al D.M. 09/01/1996 il numero dei prelievi e le caratteristiche meccaniche ricavate in laboratorio andranno confrontati con quanto previsto in questi ultimi due decreti.

## **4.6 Caratteristiche meccaniche acciaio**

### Modulo elastico

Il valore del modulo elastico  $E_s$  dell'acciaio è indipendente dalla resistenza del materiale. Le NTC18 non danno indicazioni specifiche per le barre per cemento armato, ma suggeriscono il valore 210.000 MPa per la carpenteria metallica.

Aderenza acciaio-calcestruzzo Tensioni di aderenza secondo normativa

La solidarietà tra calcestruzzo e barre d'acciaio è garantita dalla aderenza che si sviluppa lungo la superficie di una barra immersa nel calcestruzzo, assicurando così la trasmissione di sforzi di scorrimento (tensioni di aderenza) tra i due materiali. Essa è

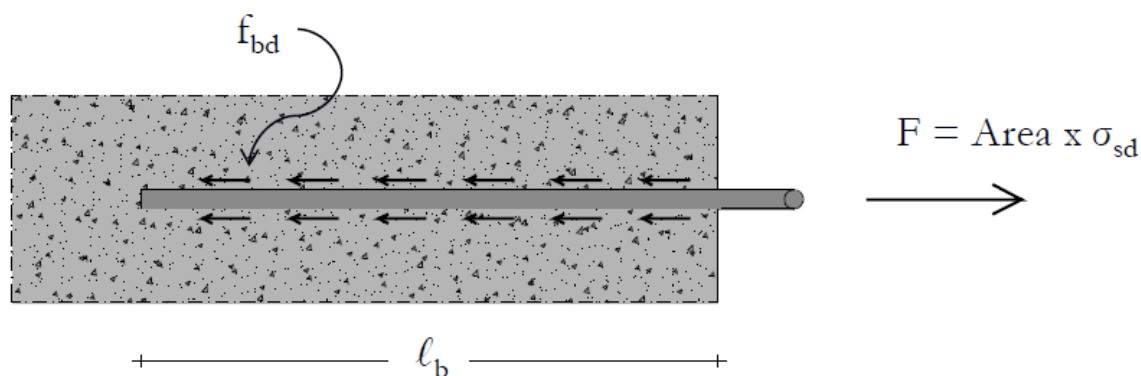


dovuta sia all'adesione chimica molecolare, che alla compenetrazione geometrica, legata alla scabrosità delle superfici di contatto.

#### Lunghezza di ancoraggio

Per impedire lo sfilamento di una barra da un blocco di calcestruzzo, è necessario che essa vi sia immersa per una lunghezza tale da consentire la trasmissione al calcestruzzo dell'intera forza di trazione esercitata dalla barra.

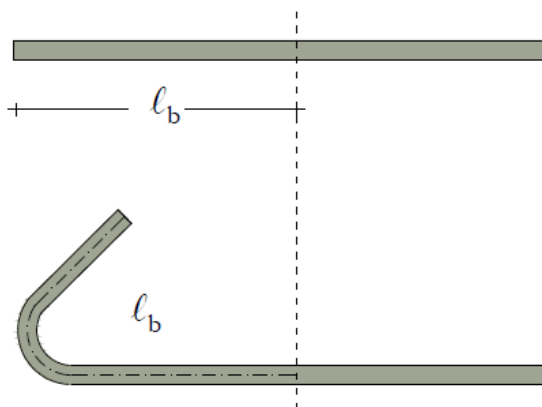
Un valore base di riferimento della lunghezza di ancoraggio può essere considerato  $l_b = \sigma_{sd} \phi / 4 f_{bd}$ , dove  $\sigma_{sd}$  è la tensione di progetto che sollecita la barra, mentre  $f_{bd}$  è la tensione di aderenza.



#### Lunghezza di ancoraggio

L'ancoraggio di una barra può essere realizzato in diversi modi: dritto, a piega o a gancio (uncini).

L'ancoraggio delle barre può essere utilmente migliorato mediante uncini terminali. Se presenti, essi possono essere computati nella effettiva misura del loro sviluppo in asse alla barra. In assenza di uncini la lunghezza di ancoraggio deve essere in ogni caso non minore di 20 diametri, con un minimo di 150 mm.





#### Giunzioni per sovrapposizione secondo normativa

Poiché le barre hanno lunghezza limitata, è spesso necessario effettuare delle giunzioni. Le sovrapposizioni vanno fatte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La lunghezza del tratto di sovrapposizione ( $l_0$ ) non deve essere inferiore a 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro.

