



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

Relazione sui materiali
Truncu Reale

ID ELABORATO

R.10

SCALA

-

CODIFICA ELAB

R.10-ENAS539Rrtm010R2

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)

2	SETTEMBRE 2019	OSSERVAZIONI VERIFICATORE	STP	PD	DG
1	Aprile 2019	Istruttoria RUP 12-03-2019	STP	PD	DG
0	FEBBRAIO 2019	PRIMA EMISSIONE	STP	PD	DG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	RED.	VER.	APPR.



Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
4. ASPETTI GENERALI	6
5. CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO	7
5.1 Classi di esposizione ambientale	7
5.2 Classi di resistenza	8
5.3 Consistenza	10
6. SPECIFICHE PER LA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO	12
6.1 Acqua d’impasto	12
6.2 Cemento	12
6.3 Aggregati.....	12
6.4 Additivi.....	14
7. COPRIFERRO E DIMENSIONE DEGLI INERTI	15
7.1 Copriferro minimo necessario per l’aderenza delle armature	15
7.2 Copriferro minimo per garantire la durabilità.....	15
7.3 Dimensione massima degli aggregati	16
8. CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE	18
9. MODALITÀ DI MESSA IN OPERA E DISARMO.....	19
10. PRESCRIZIONI SULLE TIPOLOGIE DI ACCIAIO DELLE OPERE IN C.A.	20
11. GIUNZIONI	21
12. RIPRISTINI CORTICALI DI TIPO STRUTTURALE.....	22
13. TIPOLOGIE DI ACCIAIO DELLE OPERE ACCESSORIE IN CARPENTERIA METALLICA.....	23
14. CONCLUSIONI	24



*"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

RELAZIONE ILLUSTRATIVA
(Art. 4 Legge n. 1086/71 e s.m.i.)
OPERE IN CEMENTO ARMATO

OGGETTO: Regione Autonoma della Sardegna – Ente Acque della Sardegna.

Lavori di Ristrutturazione Linea COGHINAS 1 e 2:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E SUI MATERIALI



1. PREMESSA

Il presente progetto esecutivo si riferisce ai lavori di "Ristrutturazione Linea Coghinas 1 e 2, precisamente:

1. Vasca Terminale Coghinas 1 (Porto Torres);
2. Vasca di Carico di Casteldoria (S.M. Coghinas);

3. Vasca terminale linea Coghinas 2 (Truncu Reale-Sassari)".

Il presente progetto è esecutivo, come definito dall'art. 23 del Codice degli Appalti, giusto D.lgs 18 aprile 2016, n. 50, e con i contenuti prescritti dalla sezione quarta del D.P.R. 5 ottobre 2010 n.207, vigente ai sensi dell'art. 217 del Codice in attesa dei decreti specifici attuativi.

In particolare, per il sito della Linea Coghinas 2 in località Truncu Reale (SS) oggetto della presente relazione, è stata prevista la realizzazione delle seguenti nuove strutture in cemento armato:

1. Pozzetto alloggio valvole a Farfalla;
2. Pozzetto alloggiamento valvole anticipatrici Colpo d'Ariete;
3. Pozzetto By-Pass;
4. Nodo B per Porto Torres;
5. Pozzetto di scarico;
6. Camera sezionamento in ingresso;
7. Camera di misura per Tottubella;
8. Solaio camera misurazione portata in ingresso;
9. Solaio camera manovra vasca erogazione;
10. Piastra appoggio tubazione ingresso vasca (da Tottubella e Porto Torres)

Inoltre, nel sito di Truncu Reale sarà realizzata anche una nuova Vasca di Erogazione e annessa Camera di manovra. A completamento di quanto contenuto negli altri elaborati progettuali, la presente relazione, descrive le caratteristiche tecniche e meccaniche dei materiali costituenti i manufatti sopra indicati. In particolare, si elencano le normative di riferimento e si esplicitano le motivazioni che hanno portato alla scelta dei materiali, al fine di poter garantire la durabilità delle opere progettate ed i livelli di sicurezza prefissati.



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento è costituita dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 14/01/2008, supplemento 30 alla Gazzetta Ufficiale n° 29 del 04/02/2008. Si farà inoltre riferimento alle seguenti norme:

- Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008";
- Euro codice 2 "Design of concrete structures".
- Euro codice 7 "Geotechnical design".
- Euro codice 8 "Design of structures for earthquake resistance".



3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Come detto, il progetto esecutivo in oggetto prevede la realizzazione di 10 nuovi manufatti in Cemento Armato, nonché la realizzazione del risanamento corticale delle pareti delle vasche ed alcune opere accessorie in carpenteria metallica.

Tutti i manufatti da realizzarsi saranno a pianta quadrata o rettangolare. Sono tutti a servizio del sistema idraulico (tubazioni, pezzi speciali ed apparecchiature) a supporto della Vasca terminale Coghinas 2, sia in ingresso che di alimentazione delle diverse utenze servite. Sono dotati di idonei chiusini opportunamente dimensionati al fine di consentire le necessarie attività di manutenzione delle apparecchiature presenti. Le superfici a contatto con l'acqua saranno trattate con idonea finitura superficiale impermeabilizzante. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche (dim. nette) dei singoli manufatti.

	Dimensioni nette	H	Larg.	Lung.	Sp. Par.	Sp. Sol.	Sp. Bas.
1	Pozz. Allogg. Valvole Farfalla	1,70	2,60	3,60	0,25	0,25	0,25
2	Pozz. valvole A. Colpo d'ariete	1,70	3,50	4,50	0,25	0,25	0,25
3	Pozzetto di By-Pass	3,50	3,40	4,50	0,40	0,30	0,50
4	Nodo B per Porto Torres	2,70	5,40	5,40	0,30	0,40	0,40
5	Pozz. di scarico	4,40	4,00	4,70	0,40	0,30	0,50
6	Camera sez. in ingresso	3,30	4,60	4,60	0,40	0,30	0,50
7	Camera misurat. Tottubella	2,70	4,00	4,00	0,40	0,30	0,40
8	Solaio cam mis. port. ingresso	---	4,60	9,85	---	0,30	---
9	Solaio cam. manov. vasca erog.	---	10,00	11,90	---	0,30	---
10	Piastra appoggio tub. ingresso	---	5,60	9,00	---	0,30	---
	Vasca Erog e Cam Manovra*						

*: Per la geometria vedere gli elaborati grafici



4. ASPETTI GENERALI

Per poter garantire la durabilità delle opere in c.a. ed i livelli di sicurezza prefissati è di fondamentale importanza definire i requisiti delle materie prime usate e le modalità di esecuzione. Per tale motivo, il calcestruzzo viene specificato come «miscela progettata» con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione).

Con «calcestruzzo a prestazione» secondo le Linee Guida e la norma UNI 9858 si intende un calcestruzzo per il quale il Progettista ha la responsabilità di specificare le prestazioni richieste ed eventuali ulteriori caratteristiche e per il quale l'Appaltatore è responsabile della fornitura di una miscela conforme alle prestazioni richieste e alle eventuali ulteriori caratteristiche.

Tutti i materiali dovranno essere:

- identificati univocamente a cura del produttore;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione.

Il calcestruzzo viene specificato come «miscela progettata» con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione) ed in conformità alle norme UNI di riferimento (UNI 9858 – UNI 8981 – UNI 9917 – UNI 9420 – etc.).

L'acciaio dovrà essere prodotto da stabilimenti dotati di un sistema permanente di controllo interno alla produzione che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito.

Il sistema di qualità del prodotto deve essere predisposto in coerenza alla Norma UNI EN ISO 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo, il produttore e l'organismo di certificazione del processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Norme UNI EN 10080, della serie UNI EN 10025, UNI EN 10210 e UNI EN 10219.



5. CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO

I dati fondamentali per i calcestruzzi a prestazione, specificati nel seguito, comprendono:

- classe di esposizione ambientale;
- classe di resistenza;
- classe di consistenza;
- acqua da impasto;
- tipo di cemento,
- tipo di aggregati e loro dimensione massima;
- additivi;
- valore nominale del copri ferro.

5.1 Classi di esposizione ambientale

In accordo con la normativa europea UNI EN 206-1 e con quella italiana UNI 11104, il livello di rischio per una determinata opera dipende dalle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere, e che causano effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni.

A tal fine, le norme predette, suddividono gli ambienti in base alla tipologia del degrado atteso per le armature e per l'acciaio, individuando delle classi di esposizione ambientale. Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre, quindi, classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale risulterà inserito.

A seconda delle condizioni ambientali, viene individuata la classe di esposizione ambientale del calcestruzzo, riportate nella tabella.

Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 - Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
2 - Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa
XC2	Bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta; calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia
XC4	Ciclicamente secco e bagnato	Superfici soggette a contatto con acqua non comprese nella classe XC2



Poiché la classificazione della tabella soprastante differisce da quella della Norma UNI 9858, si fornisce una correlazione tra le classi di esposizione ambientale dei due documenti e le caratteristiche del calcestruzzo ai fini della durabilità delle opere.

Correlazione tra classi di esposizione ambientale

Ambiente d'esposizione (UNI 9858)	Classi di esposizione	
	UNI 9858	Linee Guida / prEN206
Secco/ molto secco ⁽⁰⁾	1	X0 ⁽⁰⁾
Umido senza gelo	2a	XC1 XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3 XD1 XA1
Umido con gelo	2b	XF1
Marino senza gelo	4a	XS1 XD2
Moderatamente aggressivo	5b	XA2 XC4
Umido con gelo e sali disgelanti	3	XF2
Marino con gelo	4b	XF3
Fortemente aggressivo	5c	XD3 XS2 XS3 XF4 XA3

(0) L'ambiente della classe X0 è definito nelle Linee Guida come «molto secco».

Per ogni classe di esposizione ambientale, la normativa impone il rispetto di alcuni requisiti minimi (norma UNI 11104). Tali requisiti sono:

- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- rapporto acqua/cemento;
- dosaggio minimo di cemento.

Tenendo presente sia delle condizioni ambientali dell'area d'intervento, è stata adottata la Classe di Esposizione 5b/XC4.

5.2 Classi di resistenza

La resistenza a compressione del calcestruzzo è espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore di resistenza al di sotto del quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

La resistenza caratteristica cubica R_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cubi di 150 mm di lato, per aggregati con diametro massimo fino a 32 mm, o di 200 mm di lato per aggregati con diametro massimo maggiore.



*“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 resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza. Per indicare la classe di resistenza si utilizza la simbologia C_{xx}/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} e yy il valore della resistenza caratteristica cubica R_{ck} , entrambi espressi in N/mm^2 ($1 N/mm^2 \approx 10 Kg/cm^2$).

Classi di resistenza del calcestruzzo

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	NON STRUTTURALE
C12/15	12	15	
C16/20	16	20	ORDINARIO
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	

Caratteristiche del calcestruzzo

Classe di esposizione ambientale	Rapporto a/c massimo	R_{ck} minima (N/mm^2)
XS2 XS3 XA3 XD3 XF4	0.45	45
XS1 XD2 XA2 XC4 XF2 XF3	0.50	40
XA1 XD1 XC3 XF1 XC4	0.55	37
XC1 XC2	0.60	30
1 (UNI 9858) – X0	0.65	25 ⁽¹⁾

(1) Per ambiente molto secco (U.R. < 45%, classe di esposizione X0) è ammesso l'uso di calcestruzzo R_{ck} 20.

Le resistenze caratteristiche R_{ck} di tabella sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati nella tabella. La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento risponde all'esigenza di garantire, in ogni caso, una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Nelle normali condizioni operative il rispetto dei valori di R_{ck} e a/c di tabella può comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.



Contenuto minimo in cemento

Classe di esposizione ambientale	Contenuto minimo in cemento [Kg/m³]
XC1 XC2	300
XC3 XD1 XF1 XA1	320
XC4 XS1 XD2 XF2 XF3 XA2	340
XS2 XS3 XD3 XF4 XA3	360

Per la realizzazione delle strutture in esame, il conglomerato cementizio confezionato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- **Classe di resistenza C30/37**
- **Rapporto acqua/cemento (a/c) ≤ 0,55**
- **Contenuto minimo in cemento pari a 340 Kg/m³.**

5.3 Consistenza

La lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma, viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche: di conseguenza può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova.

Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi:

- Abbassamento del cono (UNI 9418);
- Spandimento (UNI 8020 – metodo B).

I valori di riferimento per ciascun metodo di prova sono indicati nelle tabelle seguenti:

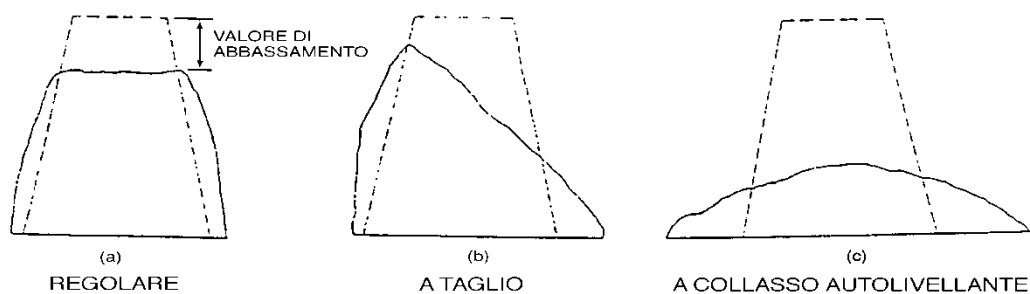
Classe di consistenza	Abbassamento [mm]	Denominazione corrente
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

Classi di consistenza - misura dello spandimento

Classe di consistenza	Spandimento [mm]
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	≥ 630



Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento:



La prima forma, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare. La seconda forma, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione; essa tende a manifestarsi con miscele facili alla segregazione. In caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto. La terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additivate con superfluidificanti.

Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso ci si dovrà accertare del fenomeno, onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela.

Per la realizzazione delle strutture in esame la classe di consistenza del calcestruzzo al momento della posa dovrà essere sempre pari, o superiore, alla classe di abbassamento al cono S4.



6. SPECIFICHE PER LA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Come detto in precedenza, per poter garantire la durabilità delle opere in c.a. ed i livelli di sicurezza prefissati, è fondamentale la scelta accurata delle materie prime con cui realizzare il calcestruzzo, quali:

- Acqua;
- Cemento;
- Aggregati;
- Additivi.

6.1 Acqua d'impasto

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella produzione del calcestruzzo, poiché una sua errata scelta o dosaggio può dare origine a fenomeni di ritardo o di accelerazione nel processo di presa e di indurimento, con un possibile conseguente degrado delle strutture. Al fine di evitare tali inconvenienti è necessario che l'acqua di impasto possenga i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1008.

Malgrado la normativa consenta l'uso di acque di riciclo, se ne sconsiglia l'uso poiché essa può contenere sostanze solide in sospensione che potrebbero compromettere la reologia del calcestruzzo.

6.2 Cemento

Per il confezionamento del calcestruzzo devono essere usati i cementi che posseggono marcatura CE e siano conformi alle prescrizioni definite dalla norma UNI EN 197-1. Tale norma individua 162 classi di cemento suddivisi per composizione e prestazione.

Nel caso in oggetto, si prevede l'impiego di cementi di tipo I con clinker di Cemento Portland pari al 95% o tipo II o III, d'altoforno, come definiti dalla UNI EN 197-1, di classe 42.5R.

6.3 Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi riciclo, ottenuti da frantumazione di macerie provenienti dalla demolizione di edifici, di strutture in calcestruzzo armato o dagli scarti di produzione degli stabilimenti di calcestruzzo, conformi alla Norma Europea UNI EN 12620 e della UNI EN 8520-2 e,



per gli aggregati leggeri, alla Norma Europea UNI EN 13055-1. I limiti per l'uso di aggregati di riciclo è riportato nella tabella seguente:

Aggregati di riciclo provenienti da	Classe di resistenza del calcestruzzo	Percentuale massima di impiego
Demolizione di edifici	C8/10	Fino al 100%
Demolizione di solo calcestruzzo o c.a.	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C20/27	Fino al 60%

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n°246/93, della Direttiva 89/106/CEE e del D.M. 14/01/2008, è indicato nella seguente tabella:

Specifica tecnica Europea armonizzata di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione di conformità
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2+

Gli aggregati dovranno comunque presentare una massa volumica non inferiore a 2600 Kg/m³, al fine di evitare l'uso di materiale poroso che può compromettere la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo.

Nella realizzazione della malta cementizia dovranno essere usate:

- Sabbia viva con grani assortiti da 0 a 7 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materiale organico o di salsedine;
- Ghiaia, non friabile, priva di sostanze estranee, terra o salsedine. Se sporca, dovrà essere accuratamente lavata.

Gli aggregati usati dovranno, inoltre, essere non gelivi, cioè la capacità di assorbimento di acqua dovrà essere inferiore all'1% in peso, in modo tale da evitare eventuali fenomeni di congelamento interno alla struttura.



6.4 Additivi

Gli additivi per calcestruzzo sono classificati dalla norma UNI EN 934-2 in base all'azione che essi hanno sulle proprietà dell'impasto. Nel caso di opere interrato si potrà ricorrere a:

- additivi superfluidificanti ai policarbossilati eteri provvisti di marcature CE conforme ai prospetti 3.1 ed 3.2 della norma UNI EN 934-2, nel caso in cui il getto sia effettuato nei mesi invernali;
- additivo superfluidificante ritardante ai policarbossilati eteri provvisto di marcatura CE conforme ai prospetti 11.1 ed 11.2 della norma UNI EN 934-2; nel caso in cui il getto sia realizzato nei mesi estivi.



7. COPRIFERRO E DIMENSIONE DEGLI INERTI

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro il cui valore va misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina. Vale pertanto la seguente relazione:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta h$$

In accordo con il D.M. 14/01/2008, il valore minimo del copriferro dovrà essere scelto come il valore massimo tra:

- $c_{min,b}$ = copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature;
- $c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}$
essendo:
 - $c_{min,dur}$ = copriferro minimo necessario per la durabilità dell'opera;
 - $\Delta c_{dur,\gamma}$ = valore aggiuntivo del copriferro legato alla sicurezza, in genere posto pari a zero;
 - $\Delta c_{dur,st}$ = riduzione del copriferro quando si usa acciaio inossidabile, in genere posto pari a zero;
 - $\Delta c_{dur,add}$ = riduzione del copriferro quando si ricorre a protezioni aggiuntive, in genere posto pari a zero;
- 10 mm.

La tolleranza di posizionamento delle armature Δh , è stata posta pari a 5 mm.

7.1 Copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature

Tale copriferro è quello necessario per garantire un corretto trasferimento degli sforzi tra l'armatura metallica ed il calcestruzzo ed è pari al diametro della barre aumentato di 5 mm.

Per quanto riguarda le strutture in oggetto, le armature sono costituite da ferri di diametro massimo 14 mm:

$$c_{min,b} = \Phi + 5 = 14 + 5 = 19 \text{ mm}$$

7.2 Copriferro minimo per garantire la durabilità

L'Eurocodice 2 fornisce i valori minimi del copriferro in funzione del tipo di armatura, della classificazione strutturale e della classe di esposizione ambientale, come riportato nella tabella seguente:



*“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

Classe di esposizione ambientale							
Classe strutturale	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

L'Eurocodice 2 stabilisce che le opere esaminate, con vita nominale minore o uguale a 50 anni ricadono in classe S4. La conseguenza è che per la classe di esposizione XC4 il valore da adottare di copriferro minimo necessario per la durabilità dell'opera sarà il seguente:

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm.}$$

In base alle considerazioni precedenti, il valore minimo del copriferro dovrà essere, quindi, posto pari al valore massimo tra i seguenti:

- $c_{min,b} = 19 \text{ mm}$;
- $c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 30 \text{ mm}$ (per XC4)
- 10 mm .

Si ricava, infine, il valore nominale del copriferro che dovrà essere almeno pari a:

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm}$$

Ciò verificato, in considerazione dell'importanza delle strutture in oggetto, si è valutato di aumentare il valore nominale del copriferro a favore della loro durabilità, **portandolo a 40 mm.**; conseguentemente, tale valore è specificato in tutte le tavole di progetto e nei documenti di calcolo.

7.3 Dimensione massima degli aggregati

La dimensione massima degli inerti è scelta in modo tale da soddisfare contemporaneamente le seguenti disequazioni:

- $D_{max} \leq \frac{1}{4}$ * sezione minima dell'elemento strutturale;
- $D_{max} \leq \text{interferro} - 5 \text{ mm}$;
- $D_{max} \leq \text{copriferro nominale} * 1,3$.

Nel caso in esame, per valutare l'interferro, si fa riferimento all'armatura prevista per gli elementi strutturali che presentano una sezione trasversale ed un interferro



minore. Tale condizione si verifica per esempio negli spessori delle pareti di alcuni manufatti, in cui nella condizione peggiore sono presenti ferri \square 12 posti ogni 200 mm. Per quanto riguarda la sezione minima dell'elemento strutturale, essa è pari a 25 cm. Di conseguenza:

$$D_{\max} \leq \frac{1}{4} * \text{sezione minima dell'elemento strutturale} = \frac{1}{4} * 250 = 62,5 \text{ mm};$$

$$D_{\max} \leq \text{interferro} - 5 \text{ mm} = (200-12) - 5 = 183 \text{ mm};$$

$$D_{\max} \leq \text{copriferro nominale} * 1,3 = 40 * 1,3 = 52 \text{ mm}.$$

Il soddisfacimento delle disequazioni soprariportate ha come obiettivo quello di usare inerti che permettano:

- un corretto riempimento della cassaforma;
- al calcestruzzo di fluire attraverso l'armatura;
- di garantire che parte del copriferro sia occupato dagli inerti più grossi.

Le disequazioni soprariportate portano alla scelta della dimensione massima degli inerti maggiori, ma al fine di permettere un migliore ricoprimento nel copriferro, nella **miscela cementizia dovranno essere utilizzati inerti di dimensione non superiore ai 31,5 mm.**



8. CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE

Al di sotto di tutte le opere di fondazione delle strutture in cemento armato, per livellare nel miglior modo possibile il piano di posa delle fondazioni, si dovrà eseguire un getto di calcestruzzo magro.

Poiché tale calcestruzzo non ha nessuna funzione strutturale, si è prevista l'esecuzione di un getto con un calcestruzzo di classe C12/15.



9. MODALITÀ DI MESSA IN OPERA E DISARMO

I getti saranno opportunamente stipati e vibrati e la loro superficie verrà tenuta umida per almeno tre giorni. Sarà comunque vietata l'esecuzione di getti quando la temperatura esterna sia minore di zero gradi. Il disarmo delle casseformi, nelle costruzioni in cemento armato normale, nelle migliori condizioni atmosferiche, dovrà avvenire:

- non prima di tre giorni per setti e pilastri;
- non prima di dieci giorni per solette e travi.



10. PRESCRIZIONI SULLE TIPOLOGIE DI ACCIAIO DELLE OPERE IN C.A.

Nel presente progetto dovrà essere usato acciaio saldabile tipo B450C, qualificato secondo le Norme riportate in premessa. L'acciaio B450C dovrà essere caratterizzato dai seguenti valori nominali di tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$$f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

Tali tensioni sono poste a base dei calcoli. Inoltre deve rispettare i requisiti riportati nella tabella seguente:

Caratteristiche		Requisiti
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$
$(f_t/f_y)_k$		$\geq 1,15$
		$\leq 1,35$
$(f_y/f_{y,nom})_k$		$\leq 1,25$
Allungamento		$\geq 7,5\%$

L'acciaio per cemento armato deve essere prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti e tralicci. Prima della fornitura in cantiere i singoli elementi possono essere saldati, presagomati o preassemblati sotto la vigilanza del Direttore dei Lavori o in centri di trasformazione. Tutti gli acciai usati come ferri d'armatura per il calcestruzzo devono essere ad aderenza migliorata.



11. GIUNZIONI

La sovrapposizione dei ferri d'armatura dovrà essere pari ad almeno 40 volte il diametro del ferro usato. L'interferro nelle sovrapposizioni non dovrà essere superiore a 6 volte il diametro dei ferri usati. Inoltre, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, le superfici delle singole barre d'armatura dovranno essere distanziate di almeno una volta il loro diametro e comunque poste ad una distanza non inferiore a 25 mm.



12. RIPRISTINI CORTICALI DI TIPO STRUTTURALE

Per poter garantire la durabilità degli interventi di risanamento strutturale dei paramenti verticali ed orizzontali delle esistenti vasche in c.a. con i livelli di prestazione e sicurezza prefissati, è di fondamentale importanza garantire i requisiti delle materie prime da utilizzare e le loro modalità di esecuzione.

Dovrà essere impiegata una malta del tipo premiscelato, tissotropica, monocomponente a base cementizia a ritiro controllato, addizionata con fibre sintetiche, adatta per la ricostruzione volumetrica del calcestruzzo armato, con lunghezza delle fibre pari almeno a 12 mm., che soddisfi i requisiti prestazionali relativi alla Classe R4 della UNI EN 1504-3.

Per quanto attiene la modalità di esecuzione, la superficie di posa sarà precedentemente idrodemolita per le profondità progettualmente previste e, successivamente, verranno trattati i ferri d'armatura attraverso la loro pulizia con sabbiatura e/o con spazzolatura manuale così da rimuovere le parti ossidate e trattate con idonee malte cementizie passivanti secondo la UNI EN 1504; dove necessario si provvederà al reintegro delle armature mancanti o fortemente degradate. Concluse queste operazioni, la posa in opera della malta strutturale, potrà essere eseguita o a mano con spatola americana o a "spruzzo" con idonee attrezzature, in un quantitativo medio di 18,5 Kg/mq. per cm. di spessore. Tutti i materiali impiegati dovranno possedere certificazione di qualità UNI EN 29000 (ISO 9000).



13. TIPOLOGIE DI ACCIAIO DELLE OPERE ACCESSORIE IN CARPENTERIA METALLICA

Nel presente progetto dovranno essere eseguite anche delle opere accessorie in carpenteria metallica per la formazione di scale di risalita, parapetti, lastre di copertura metallica, corniere, ecc., per le quali verranno impiegati i seguenti materiali.

Strutture metalliche in elevazione:

- Profili aperti e chiusi in acciaio S355 UNI EN 10025
- Flange in acciaio S355 UNI EN 10025
- Tirafondi in acciaio S355 UNI EN 10025
- Corniere in acciaio S275 UNI EN 10025
- Piastrame in acciaio S235 UNI EN 10025

Strutture metalliche in piano:

- Lamiere e grigliati in acciaio S355 UNI EN 10025
- Piastrame in acciaio S235 UNI EN 10025

Le saldature saranno conformi al paragrafo 2.4 delle norme CNR 10011/97

Tutte le parti in acciaio sono zincate a caldo secondo le norme UNI EN ISO 1461/09

La bulloneria da utilizzare sarà di classe 8.8 secondo UNI EN 15048-1 zincata a caldo.

Per ogni qualità di acciaio si userà il valore della resistenza caratteristica f_y :

Fe S235 (Fe360): $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

Fe S275 (Fe430): $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

Fe S355 (Fe510): $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$



14. CONCLUSIONI

A seguito di quanto sopra illustrato si riportano le caratteristiche previste per il Cemento Armato sia per fondazione (platee) che in elevazione (travi, pilastri, setti e solai) relativo ai manufatti previsti da realizzarsi presso la Vasca Terminale linea Coghinas 2, in Truncu Reale (SS), sono:

- **C30/37, $R_{ck}=37 \text{ N/mm}^2$;**
- **Classe di esposizione ambientale: XC4;**
- **Classe di consistenza al momento del getto S4;**
- **Dimensione massima aggregati 31,5 mm;**
- **Copriferro nominale 40mm;**
- **Rapporto $A/C \leq 0,55$;**
- **Contenuto minimo di cemento = 340 Kg/m³.**

Circa le altre prescrizioni esecutive si richiamano le disposizioni di cui alle norme tecniche vigenti emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.