

# REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

PIANO DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA IDRICO REGIONALE

RISTRUTTURAZIONE DELLE OPERE PIU' VETUSTE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO

RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO  
S. ROCCO E ADEGUAMENTO DELL'ADDUZIONE ALLA  
CENTRALE DI MUGNANO

## PROGETTO ESECUTIVO

Il Progettista

Il Concessionario

	Luglio 2014	EMISSIONE PER APPROVAZIONE			
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
TITOLO :  RELAZIONE SUGLI INTERVENTI DI RIPARAZIONE DELLE STRUTTURE			Progettazione:		
Allegato			Revisione:		Scala: ---
RE.04					

## **SOMMARIO**

PREMESSA .....	2
INTERVENTO SULLE PARETI DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE .....	6
INTERVENTI ALL'INTRADOSSO DELLE SOLETTE DI COPERTURA DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE	20
INTERVENTO SUI GIUNTI DELLA SOLETTA DI COPERTURA DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE .....	22
RIFACIMENTO DELLA COPERTURA DEI LUCERNAI DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE .....	23
INTERVENTI NELLA CAMERA DI MANOVRA .....	24
RIPRISTINO DELLE DEMOLIZIONI ESEGUITE PER LA REALIZZAZIONI DEI SAGGI .....	26

## **PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto gli interventi di riparazione strutturale previsti per il serbatoio di San Rocco situato in localita' Miano nel comune di Napoli, facente parte della rete di distribuzione dell'Acquedotto Campano a servizio dell'area Flegrea.

Esso e' realizzato in c.a. gettato in opera ed e' composto da 8 vasche, ciascuna con capacita' di invaso pari a circa 10000 mc, da un corridoio centrale posto alla quota del calpestio del piazzale di ingresso e da una sottostante camera di manovra composta dall'area ubicata sotto il suddetto corridoio centrale, dal cunicolo di uscita/entrata tubazioni e da un manufatto ex shuntaggio adiacente al corpo principale.

La dimensione complessiva del serbatoio e' di circa 140x120 m. Ciascuna vasca ha dimensioni esterne pari a 65 m (lato perpendicolare al corridoio centrale) x 30 m circa ed e' divisa in 4 porzioni da 3 setti di circolazione disposti parallelamente al lato lungo. La copertura e' realizzata con volte in c.a., aventi appoggio sulle pareti perimetrali lunghe e sui setti di circolazione, di luce pari a circa 7 m. Il serbatoio e' ricoperto da un reinterro di spessore variabile, mediamente pari a circa 1.3 m sulla chiave delle volte, al fine di ottenere un buon isolamento termico.

All'interno del serbatoio si evidenziano varie situazioni di degrado dei calcestruzzi e delle armature, anche di intensita' molto rilevante come nel caso delle pareti dei cunicoli di ispezione a perimetro delle vasche.

La presente fase progettuale fa seguito al “Piano di interventi per il miglioramento del sistema idrico regionale”, redatto dal concessionario AcquaCampania S.p.A nell’ambito della Concessione in essere e successivamente approvato dalla Regione Campania.

In particolare, per quanto riguarda le situazioni di degrado delle strutture del serbatoio di San Rocco, il suddetto piano di interventi ha previsto *“una serie di interventi di risanamento aventi lo scopo di conseguire non solo un rilevante incremento della vita residua delle parti d’opera accessibili ma anche di evitare un declassamento del manufatto per quanto riguarda i livelli di invaso all’interno delle vasche”*.

La presente fase progettuale ha quindi per oggetto la definizione esecutiva degli interventi di riparazione delle parti accessibili del serbatoio di San Rocco che evidenziano situazioni di deterioramento strutturale. Nell’ambito della normativa gli interventi in oggetto si inquadrano come “intervento di riparazione” ai sensi del punto 8.4.3 del D.M. 14-01-2008.

Allo scopo di definire gli interventi di riparazione sono state preliminarmente effettuate una serie di indagini volte a ricostruire la geometria della struttura, l’armatura, le caratteristiche dei materiali e il livello del degrado. Le indagini svolte sono riportate in dettaglio nell’elaborato RE.02 e nei relativi allegati. Sinteticamente e’ emerso quanto segue:

- Nei cunicoli perimetrali lo stato di conservazione del c.a. e’ risultato variabile, con presenza pero’ di ampie zone dove i ferri evidenziano una riduzione di sezione molto pronunciata

per effetto della corrosione ed il copriferro e' gia' distaccato o in fase di distacco. Nella camera di manovra sono presenti localmente ammaloramenti superficiali del c.a. con copriferro distaccato e/o in fase di distacco e ferri in vista. All'interno delle vasche non si riscontrano invece significative situazioni di deterioramento, cosi' come nel corridoio centrale; per tale motivo nella presente fase progettuale non sono previsti interventi in queste aree.

- In relazione alle cause che hanno provocato il degrado principale, cioe' quello verificatosi nei cunicoli perimetrali alle vasche, le ispezioni effettuate hanno evidenziato all'interno degli stessi cunicoli un elevatissimo livello di umidita' ed una pressoché totale assenza di ventilazione. Da un lato tali condizioni creano sicuramente un'ambiente molto aggressivo, dall'altro si e' potuta riscontrare in molte zone la presenza di un copriferro di spessore molto ridotto. Tenendo anche presente che dai saggi eseguiti il corpo delle pareti perimetrali delle vasche e' sempre risultato ben asciutto, che dalle prove sulle carote di cls e' emersa una profondita' di carbonatazione ridottissima (pochi millimetri o assente) e' da ritenersi che il degrado in parola sia stato provocato dal microclima particolarmente sfavorevole creatosi all'interno dei cunicoli (umidita' e assenza di ventilazione) in presenza di copriferri ridotti, piuttosto che da una permeazione diffusa di umidita' da interno ad esterno vasche o da una problematica di carbonatazione.
- Ancorche' le indagini effettuate sono risultate senz'altro sufficienti per la definizione dei vari interventi di riparazione, la valutazione quantitativa dell'estensione dei vari livelli di degrado e' risultata approssimata e dovra' essere verificata a cura della D.L. in fase esecutiva, in particolare per quanto riguarda l'intervento nei cunicoli perimetrali delle

vasche dove e' risultato difficile operare per motivi di sicurezza legati al pericolo di cadute dei copriferrri.

Alla luce di quanto emerso dalle indagini sono stati quindi previsti gli interventi di riparazione di seguito riportati.

## **INTERVENTO SULLE PARETI DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE**

Detto intervento e' di gran lunga quello di maggior impatto economico, sia per l'elevata intensita' del degrado, sia per la rilevante estensione della superficie delle pareti (circa 10000 mq), sia per le difficolta' operative di esecuzione.

Gli obiettivi che l'intervento in parola si prefigge sono i seguenti:

- Riconferire alle pareti dei cunicoli una resistenza non inferiore a quella che esse avevano prima dello sviluppo del degrado, senza produrre sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme
- Ricostituire su tutta la superficie delle pareti dei cunicoli un congruo copriferro in modo da conseguire un rilevante prolungamento della vita utile residua dell'opera

Sulla base dello stato di degrado riscontrato e dell'analisi delle cause che lo hanno provocato viene quindi definito l'intervento. Sinteticamente esso consistera' in un'asportazione generalizzata del calcestruzzo corticale (da un minimo di 2 cm ed oltre laddove vi sono porzioni in fase di distacco o ammalorate che andranno rimosse integralmente), nella pulizia delle armature corrose, nella messa in opera di nuove armature a reintegro di quelle consumate per effetto dell'ossidazione e nella ricostituzione di un nuovo strato di calcestruzzo corticale con malte tixotropiche espansive, a base cementizia e fibrorinforzate.

Le modalita' di esecuzione dell'intervento dovranno tener conto dei vincoli imposti dall'esiguita' degli spazi in cui occorre operare. In particolare tutte le lavorazioni nei cunicoli saranno soggette alla normativa sulla sicurezza relativa a lavorazioni in ambiente confinato. Negli elaborati relativi alla sicurezza sono riportati in dettaglio le relative procedure, vincoli, prescrizioni che dovranno essere in conseguenza rispettati.

Si riporta nel seguito la descrizione delle lavorazioni previste, ordinate secondo le relative fasi di esecuzione. Detta descrizione e' completata dai particolari riportati negli elaborati grafici TAV.A.01...10. Per quanto riguarda le attrezzature e le misure di sicurezza si rimanda agli elaborati facenti parte del piano di sicurezza.

### **Fasi di esecuzione dell' intervento**

1. *Provvedimenti per alleggerire lo stato di sollecitazione delle pareti dei cunicoli e consentire in tal modo l'esecuzione in sicurezza degli interventi di riparazione delle stesse*

Detti provvedimenti consistono nello svuotamento delle vasche (operazione che sara' curata dall'Ente Gestore del serbatoio) e dalla realizzazione di scavi a tergo delle pareti perimetrali del serbatoio (pareti controterra) in modo da ridurre la spinta del terreno su di esse. Quest'ultimo intervento non si rende necessario su parte della parete controterra ubicata sul lato nord, laddove a tergo di essa il livello del terreno e' stato gia' ribassato per poter allocare la viabilita' di accesso. Per la parete controterra situata sul lato ovest, nonche' per piccoli tratti delle pareti ad essa perpendicolari, gli scavi a tergo non sono possibili data la presenza del piede di una scarpata, ubicato a 5-10 m dalle stesse pareti,



sopra la quale sono realizzati i manufatti di servizio del serbatoio (uffici, archivio, tettoia del parcheggio). In questo caso, in luogo degli scavi a tergo, si attuerà il provvedimento indicato nella fase 3. Gli scavi in parola sono riportati in dettaglio negli elaborati TAV.A.01-02-03 e corrispondono alla trincea per la realizzazione della pista di servizio al perimetro del serbatoio.

2. Disgaggio manuale finalizzato a rimuovere, mediante battitura / martellinatura, tutte le parti di calcestruzzo corticale già in fase di distacco

Detta fase è particolarmente delicata per la presenza di vaste porzioni di copriferro in caduta incipiente, caduta resa ancora più probabile dalle vibrazioni e dai colpi legati alle stesse operazioni di disgaggio. Occorrerà quindi adottare tutti i necessari accorgimenti, così come meglio descritto negli elaborati facenti parte del piano di sicurezza. In tale fase sarà anche rimosso lo strato di intonaco attualmente presente sui primi metri delle pareti dei cunicoli in prossimità del corridoio centrale.

3. Messa in opera di puntelli di sicurezza tra le pareti controterra per le quali non è possibile eseguire l'intervento di alleggerimento del terreno a tergo

Per i tratti di parete controterra per i quali da un lato si evidenzia una diffusa ossidazione delle armature verticali e dall'altro non è possibile realizzare l'alleggerimento del terreno a tergo, occorre prevedere la messa in opera di puntelli di sicurezza tra la stessa parete controterra e la parete opposta (parete perimetrale della vasca).

Come già indicato nella descrizione della fase 1, i tratti di pareti controterra per i quali non è possibile effettuare l'alleggerimento del terreno a tergo sono costituiti dal lato ovest nonché da piccoli tratti contigui delle pareti ad essa perpendicolari. Nell'ambito dei

suddetti tratti, la valutazione delle zone dove le armature verticali delle pareti evidenziano una diffusa ossidazione sarà effettuata dalla D.L. a valle dell'operazione di disaggio di cui alla fase 2. Il dettaglio delle modalità del puntellamento è riportato nell'elaborato TAV.A.06.

4. *Asportazione del calcestruzzo corticale su tutte le superfici delle pareti dei cunicoli mediante idrodemolizione meccanizzata / manuale*

Tale attività sarà suddivisa in due fasi. Nella prima si attuerà una idrodemolizione meccanizzata generalizzata tarata per asportare circa 2 cm di calcestruzzo corticale nelle zone dove la superficie dello stesso si mostra ancora sana. La seconda fase sarà costituita da una idrodemolizione manuale che completerà l'asportazione del calcestruzzo corticale, con stesse profondità della idrodemolizione meccanizzata, nelle zone non raggiunte da quest'ultima.

Mediante l'idrodemolizione meccanizzata e manuale si realizzerà nel contempo anche la pulizia dall'ossidazione delle armature in vista.

Nella fase di idrodemolizione manuale si effettuerà inoltre un'approfondimento locale dell'asportazione del calcestruzzo in corrispondenza di tutti ferri di legatura delle cassaforme che spuntano dalla superficie, tagliando poi dette legature al filo della demolizione. Ciò al fine di "chiudere" possibili vie di trasudo che sembrerebbero essere presenti in corrispondenza di alcune legature, come evidenziato dalla presenza di gocce e colature osservate nel corso dell'ispezione visiva. Nell'elaborato TAV.A.06 è riportata una

rappresentazione grafica dell'approfondimento della demolizione in corrispondenza delle legature.

5. Verifica dopo l'idrodemolizione generalizzata

Dopo la fase di idrodemolizione generalizzata sarà effettuato, da parte della D.L., un sopralluogo di verifica su tutte le pareti dei cunicoli.

In primis, sulla base di quanto riscontrato ed avendo a disposizione ampie zone con ferri in vista, la D.L. sarà in grado di risalire alle quantità di armatura presenti originariamente. Tale rideterminazione è necessaria in quanto nel corso delle indagini svolte nella presente fase progettuale è stato possibile valutare dette armature soltanto in modo approssimato, data la difficoltà di operare all'interno dei cunicoli per motivi di sicurezza legati al pericolo di cadute dei copriferri.

Successivamente ciascuna zona di parete sarà classificata, a cura della D.L., nelle seguenti tre tipologie in funzione del livello di degrado riscontrato.

1) Porzioni di parete con sporadiche aree in cui il copriferro è distaccato e i ferri che risultano scoperti mostrano una riduzione di sezione trascurabile per effetto della corrosione.

2) Porzioni di parete con diffuse aree in cui il copriferro è distaccato e i ferri che risultano scoperti mostrano una riduzione di sezione contenuta per effetto della corrosione. L'entità massima della riduzione di sezione cosiddetta "contenuta" è quella per la quale il reintegro dei ferri può essere attuato mediante la messa in opera di una rete elettrosaldata  $\phi$  6/10x10 cm. Numericamente l'entità di questa

riduzione “contenuta” della sezione viene stabilita, nella fase di verifica in oggetto, da parte della D.L. sulla base delle quantità di armatura originariamente presenti precedentemente rideterminate dalla stessa D.L. ed adottando i criteri di calcolo indicati nel successivo paragrafo “Dimensionamento delle armature di reintegro”.

3) Tratti di parete in cui il copriferro e' distaccato sulla maggior parte della superficie e i ferri che risultano scoperti mostrano una forte riduzione di sezione per effetto della corrosione, cioe' maggiore rispetto a quella per la quale si rientra nella tipologia 2.

Nella presente fase di verifica saranno inoltre stabiliti, a cura della D.L., i ritocchi di idrodemolizione manuale di cui alla fase 6, le fessure da chiudere di cui alla fase 7 e gli eventuali inghisaggi di barre di ripresa di cui alla fase 8.

6. Ritocchi alla fase di asportazione del calcestruzzo corticale mediante idrodemolizione manuale

Per ciascun livello di degrado e' prevista una determinata tipologia di armature di reintegro da porre in opera. Dette armature di reintegro dovranno essere efficacemente collegate alle armature esistenti e sara' inoltre opportuno disporle con una certa regolarita' geometrica. Per raggiungere questi obiettivi sara' presumibilmente necessario/opportuno approfondire localmente l'asportazione del calcestruzzo corticale. Tale operazione sara' eseguita mediante idrodemolizione manuale. Le aree da approfondire e lo spessore degli approfondimenti saranno stabiliti dalla D.L. nella verifica di cui alla fase 5.

Nella stessa fase si provvederà, laddove eventualmente l'idrodemolizione non avesse già asportato del tutto la ruggine dalle armature scoperte, ad eliminare detta ruggine mediante spazzolatura meccanica.

7. Interventi puntuali per la chiusura di fessure

Per gli stati fessurativi profondi, individuati dalla D.L. nel corso alla verifica di cui alla fase 5, andrà previsto un intervento di risarcitura. Detta risarcitura, rappresentata in maggior dettaglio nell'elaborato TAV.A.06, sarà eseguita mediante iniezione di resina epossidica ad altissima fluidità tipo RI attraverso tubicini disposti ad opportuni intervalli e previa chiusura dei rimanenti tratti di fessura mediante allargamento dei lembi e chiusura con malta tixotropica. Le specifiche tecniche della resina epossidica ad altissima fluidità tipo RI e della malta tixotropica a base cementizia tipo MT1 sono riportati nell'elaborati DIS.01.

8. Messa in opera dell'armatura di reintegro per le porzioni di parete classificate con degrado di livello 2 (rete e.s.) e 3 (rete e.s. + ferri aggiuntivi)

Le armature di reintegro, rappresentate in maggior dettaglio negli elaborati grafici TAV.A.07-08, saranno costituite da una rete e.s.  $\phi$  6/10x10 cm e da ulteriori ferri aggiuntivi, tutto in acciaio B450C. I ferri aggiuntivi saranno disposti nelle sole zone con livello di degrado 3 nelle quali la riduzione di sezione dei ferri esistenti provocata dall'ossidazione è stata elevata e la posa in opera della sola rete e.s. non risulta sufficiente.

La rete e.s. di reintegro sarà ancorata al sottofondo di calcestruzzo mediante connettori costituiti da ferri di piccolo diametro inghisati con resine chimiche in fori eseguiti nello stesso sottofondo di calcestruzzo (vedi particolare grafico negli elaborati TAV.A.07-08).

Occorrerà poi garantire un idoneo collegamento tra le armature di reintegro ed i ferri esistenti. Detto collegamento potrà essere realizzato o mediante sovrapposizioni di lunghezza opportuna con i ferri esistenti ubicati nella zona con livello di degrado 1 (zona dove i ferri esistenti non hanno subito riduzione di sezione) oppure mediante saldatura. Le lunghezze di sovrapposizione minime sono pari a 20 cm per la rete e.s.  $\phi 6$  e pari a  $30 \times \text{diametro ferro di reintegro}$  per i ferri di reintegro. In generale la rete e.s. andrà sovrapposta ai ferri esistenti sempre mediante sovrapposizione mentre i ferri aggiuntivi andranno collegati mediante sovrapposizione o mediante saldatura, secondo indicazioni della D.L. . Conseguentemente, qualora non vi fossero sufficienti spazi a disposizione per effettuare la sovrapposizione tra rete e.s. di reintegro e ferri esistenti, l'asportazione del calcestruzzo corticale dovrà essere stata opportunamente ampliata nella fase 6. Il dettaglio grafico dei collegamenti mediante saldatura è riportato nell'elaborato TAV.A.06. Nelle zone di base o di sommità delle pareti, qualora i ferri esistenti non risultassero idonei per garantire il collegamento mediante sovrapposizione, la D.L. potrà indicare, in alternativa al collegamento mediante saldatura, la posa in opera apposite barre di ripresa costituite da ferri inghisati con resine chimiche in fori nel calcestruzzo (vedi particolare grafico negli elaborati TAV.A.07-08).

9. Ricostituzione del calcestruzzo corticale con malta tixotropica da ripristino strutturale a base cementizia e fibrorinforzata

Previa bagnatura a rifiuto e pulizia mediante idrolavaggio dell'eventuale ossido che si fosse riformato sulle armature in vista, andrà applicata a spruzzo una malta tixotropica a base cementizia tipo MT1 per la ricostituzione del calcestruzzo corticale, eventualmente in più

mani laddove gli spessori da ricostituire risultassero superiori a quelli applicabili in mano unica. Nel caso di applicazione in piu' mani andra' rispettata rigidamente la tempistica indicata dalla ditta produttrice della malta al fine di garantire la perfetta aderenza tra gli strati successivi. La fase di applicazione della malta a spruzzo sara' completata dalla staggiatura della stessa, rispettando rigidamente anche in questo caso le tempistiche indicata dalla ditta produttrice.

Lo spessore della malta di ricostituzione dovra' essere tale da ricoprire le armature presenti (di reintegro oppure esistenti) con uno spessore minimo di 2 cm. Nella zone dove non vi sono ferri scoperti lo spessore minimo della malta di ricostituzione dovra' pari a 2 cm. Particolari grafici esplicativi degli spessori della malta di ricostituzione sono riportati nell'elaborato TAV.A.06. Le specifiche della malta tipo MT1 sono riportate nell'elaborato DIS.01.

Con i sopra descritti spessori della malta di ricostituzione, nelle zone in cui i ferri esistenti hanno un copriferro molto basso o quasi assente, a fine intervento il filo della malta di ricostituzione potra' risultare leggermente piu' interno rispetto a quello del calcestruzzo originario (fino a un massimo di 3-4 cm). Allo stato attuale sono comunque gia' presenti dei tratti ove la larghezza netta del cunicolo e' inferiore alla distanza tra le opposte superfici in calcestruzzo delle pareti dei cunicoli (tratti iniziali dei cunicoli, a partire dal corridoio centrale, ove e' presente uno strato di intonaco di spessore elevato, pari a circa 5 cm). L'intervento in oggetto non riduce quindi le sezioni minime di passaggio nei cunicoli rispetto alla situazione attuale.

A fine intervento le pareti dovranno presentare una finitura con un grado di lisciatura tipo "intonaco grezzo".

### **Dimensionamento delle armature di reintegro**

Le armature di reintegro vengono dimensionate col criterio di avere a fine intervento una stessa resistenza complessiva rispetto a quella delle armature presenti in origine. Si terra' quindi conto anche del fatto che le armature di reintegro sono di tipo piu' efficiente, in termini di aderenza e di tensioni limite, rispetto alle armature attualmente presenti. Al riguardo si considera un rapporto di efficacia tra i ferri esistenti e i ferri di reintegro pari al rapporto tra la tensione di snervamento risultante dalle prove sulle armature esistenti (3400 kg/cm<sup>2</sup> medio) e quella delle nuove armature di reintegro in acciaio B450C (4500 kg/cm<sup>2</sup>).

Si riporta nel seguito la valutazione delle armature di reintegro necessaria per le varie situazioni. Come gia' indicato nella descrizione della fase 5 ("*Verifica a valle dell'idrodemolizione*"), i calcoli sotto riportati hanno valore indicativo poiche' fanno riferimento a quantitativi di armatura originaria dedotti in modo approssimato dai rilievi che e' stato possibile eseguire. Essi quindi andranno aggiornati sulla base delle effettive quantita' di armatura originariamente presenti che saranno rideterminate nella fase 5.

- Armatura delle pareti lunghe al perimetro delle vasche e delle pareti controterra

Armatura verticale originaria  $f_i 16/10 \text{ cm} = 20.1 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armatura orizzontale originaria  $f_i 12/40 \text{ cm} = 2.8 \text{ cm}^2/\text{m}$



Rete e.s. prevista nel caso di livello di degrado 2: fi 6/10x10 cm (2.8 cmq/m)

Livello di degrado 2

Massima riduzione dell'armatura per effetto della corrosione rispetto all'armatura originaria:

armatura verticale:  $2.8 * 4500 / 3400 / 20.1 = 15\%$

armatura orizzontale:  $2.8 * 4500 / 3400 / 2.8 \Rightarrow 100\%$

Livello di degrado 3

Massima armatura aggiuntiva necessaria, oltre alla rete e.s.:

armatura verticale:  $20.1 * 3400 / 4500 - 2.8 = 12.3 \text{ cmq/m} \Rightarrow \text{fi } 14/12.5 \text{ cm}$

armatura orizzontale: non necessaria armatura aggiuntiva

- Armatura verticale e orizzontale delle pareti corte al perimetro delle vasche

Armatura verticale originaria fi 12/10 cm = 11.3 cmq/m

Armatura orizzontale originaria fi 14/25 cm = 6.2 cmq/m

Rete e.s. prevista nel caso di livello di degrado 2: fi 6/10x10 cm (2.8 cmq/m)

Livello di degrado 2

Massima riduzione dell'armatura per effetto della corrosione rispetto all'armatura originaria:

armatura verticale:  $2.8 * 4500 / 3400 / 11.3 = 30\%$

armatura orizzontale:  $6.2 * 4500 / 3400 / 2.8 = 60\%$

Livello di degrado 3

Massima armatura aggiuntiva necessaria, oltre alla rete e.s.:

armatura verticale:  $11.3 * 3400 / 4500 - 2.8 = 5.6 \text{ cmq/m} \Rightarrow \text{fi } 12/20 \text{ cm}$

armatura orizzontale:  $6.2 * 3400 / 4500 - 2.8 = 1.9 \text{ cmq/m} \Rightarrow \text{fi } 8/25 \text{ cm}$

### **Interventi impiantistici finalizzati a migliorare la classe di esposizione delle strutture**

Poiché, come illustrato in precedenza, una delle cause del degrado è costituita dal “microclima” estremamente aggressivo che si è creato all'interno dei cunicoli (umidità molto elevata e assenza di ricambio d'aria), l'intervento di risanamento strutturale sarà accompagnato da interventi impiantistici finalizzati a rendere l'ambiente dei cunicoli non aggressivo. Si prevede pertanto la realizzazione di una ventilazione forzata nei cunicoli atta a creare una opportuna circolazione d'aria e ad abbattere in tal modo il livello di umidità. La estrazione dell'aria sarà realizzata attraverso i lucernai situati al termine dei cunicoli ubicati lungo i lati lunghi delle vasche mentre l'immissione avverrà attraverso aperture sul portone di ingresso al serbatoio. L'intervento sarà completato da punti luce atti a consentire agevoli future ispezioni visive all'interno dei cunicoli, per la verifica dello stato di conservazione delle strutture. Detti interventi sono descritti in dettaglio negli elaborati relativi ai lavori impiantistici.

## **Considerazioni finali**

Al termine dell'intervento di riparazione in oggetto le pareti dei cunicoli avranno uno spessore non inferiore a quello originario e una maglia di armatura in grado di trasferire sforzi di trazioni non inferiori a quelli che l'armatura originaria era in grado di trasferire. L'intervento consentirà quindi di riconferire alle sezioni delle pareti una resistenza non inferiore a quella originaria.

La formazione di un copriferro minimo di 2 cm, realizzato con malte antiritiro che offrono un maggior grado di protezione delle armature rispetto al calcestruzzo "normale", e la creazione di un ambiente non più aggressivo all'interno dei cunicoli conferiranno una elevata durabilità all'intervento di riparazione. Con riferimento alla tabella C4.1.6.1.3 della Circolare n° 617 del 2-2-2009, tenendo conto dell'elevata resistenza delle malte di ricostituzione del calcestruzzo corticale e considerando una tolleranza esecutiva di 5 mm, il copriferro minimo di 20 mm corrisponde a una vita utile dell'opera di 50 anni in ambiente ordinario e per il caso di elementi a piastra. L'intervento in oggetto consente quindi di conseguire un rilevante prolungamento della vita utile residua dell'opera.

La valutazione economica precisa dell'intervento potrà essere effettuata, a cura della D.L., solo a valle della fase 5 (fase di verifica dopo l'idrodemolizione generalizzata) nella quale si stabilisce la reale estensione delle aree corrispondenti ai vari livelli di degrado, l'entità delle armature di reintegro e gli interventi localizzati accessori (chiusura fessure e ritocchi alla fase di asportazione del calcestruzzo corticale) e della fase di posa delle armature di reintegro a valle della quale si determinano gli effettivi spessori della malta di ricostituzione del calcestruzzo corticale. Negli

elaborati economici della presente fase progettuale le quantità indicate per le voci di computo a misura, hanno quindi carattere approssimativo, in quanto derivate dalle indagini eseguite che non sono potute essere del tutto esaurienti per i motivi già ricordati.

## **INTERVENTI ALL'INTRADOSSO DELLE SOLETTE DI COPERTURA DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE**

Anche le solette di copertura dei cunicoli mostrano all'intradosso uno stato di degrado. Detto degrado appare però, dall'osservazione visiva effettuata dal sottostante calpestio, di entità ben più ridotta rispetto a quello verificatosi sulle pareti. Per l'intradosso di queste solette si prevede pertanto un intervento di ripristino superficiale del c.a. che, per praticità di esecuzione, sarà effettuato in concomitanza con quello previsto sulle pareti dei cunicoli.

Con riferimento alla numerazione delle fasi di esecuzione dell'intervento sulle pareti, le lavorazioni che si prevedono all'intradosso delle solette di copertura dei cunicoli, da eseguire in concomitanza con le fasi di esecuzione di pari numero relative all'intervento sulle pareti, sono le seguenti:

- 2 Disgaggio manuale finalizzato a rimuovere, mediante battitura / martellinatura, tutte le parti di calcestruzzo corticale in fase di distacco.

Detta fase di lavorazione sarà attuata con le stesse modalità previste per la fase di pari numero relativa all'intervento sulle pareti dei cunicoli.

- 4 Asportazione del calcestruzzo corticale su tutte le superfici di intradosso delle aperture dei cunicoli mediante idrodemolizione manuale.

Detta fase di lavorazione sarà attuata in concomitanza con l'idrodemolizione generalizzata delle pareti dei cunicoli, in particolare nella parte di idrodemolizione manuale. La fase di lavorazione in parola sarà quindi attuata con le stesse modalità previste per l'idrodemolizione manuale nella fase di pari numero relativa all'intervento sulle pareti dei cunicoli.

9 *Ricostituzione del calcestruzzo superficiale con malta tixotropica da ripristino strutturale a base cementizia*

Detta fase di lavorazione sarà attuata con le stesse modalità previste per la fase di pari numero relativa all'intervento sulle pareti dei cunicoli.

## **INTERVENTO SUI GIUNTI DELLA SOLETTA DI COPERTURA DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE**

Le solette di copertura dei tratti di cunicolo che separano le vasche sono giuntate al centro, longitudinalmente. Detti giunti, che si evidenziano all'osservazione visiva dall'intradosso, consistono in una interruzione dei getti e delle armature della soletta di copertura. Le porzioni di soletta separate dai giunti sembrano generalmente a contatto o comunque con varco estremamente ridotto. In alcuni casi si nota all'intradosso un maggior livello di degrado in corrispondenza delle linee di giunto rispetto alle aree piu' distanti da esse, presumibilmente a causa di infiltrazioni d'acqua che si sono verificate dall'alto. La possibilita' di infiltrazioni d'acqua attraverso i giunti in parola e' in linea con il fatto che, dai saggi di scavo eseguiti all'estradosso della copertura del serbatoio, non e' stata riscontrata alcuna impermeabilizzazione. Al fine di evitare le suddette infiltrazioni d'acqua e quindi a garanzia della durabilita' degli interventi di riparazione all'interno dei cunicoli si prevede un intervento di impermeabilizzazione delle linee di giunto in parola mediante messa in opera di una bandella a cavallo dello stesso, incollata al calcestruzzo con adesivo epossidico (giunto tipo BASF MASTERFLEX 3000) e protetta con scossaline in acciaio zincato anch'esse fissate con adesivo epossidico.

L'intervento in oggetto e' rappresentato in dettaglio nell'elaborato grafico TAV.A.10.

## **RIFACIMENTO DELLA COPERTURA DEI LUCERNAI DEI CUNICOLI A PERIMETRO DELLE VASCHE**

Le esistenti coperture dei lucernai dei cunicoli, realizzate con vetrocemento, risultano in alcuni casi del tutto assenti poiche' crollate sul sottostante calpestio, in altri casi interessate da ampie spaccature e lesioni.

Occorre quindi prevederne il rifacimento prevedendo, nell'occasione, anche la predisposizione per allocare gli estrattori facenti parti del nuovo impianto di ventilazione dei cunicoli.

L'intervento in oggetto e' rappresentato in dettaglio nell'elaborato grafico TAV.A.09.



## **INTERVENTI NELLA CAMERA DI MANOVRA**

### **Ripristino superficiale locale del c.a.**

All'interno della camera di manovra si evidenziano, localmente, ammaloramenti superficiali costituiti da copriferro distaccato e/o in fase di distacco e/o ferri scoperti e arrugginiti. Dall'esame visivo l'entità della corrosione appare limitata e non tale da aver provocato una riduzione significativa della sezione delle armature per effetto della corrosione.

In tali zone si prevede quindi un intervento di ripristino superficiale del c.a. da attuarsi con il ciclo di lavorazioni di seguito indicato.

1. Individuazione delle zone di deterioramento mediante martellinatura / battitura sistematica delle superfici del calcestruzzo nelle aree che evidenziano gli ammaloramenti ed in quelle circostanti.
2. Rimozione delle parti corticali di calcestruzzo ammalorate mediante scalpellatura meccanica oppure mediante idrolavaggio ad alta pressione nei casi di degrado lieve (vespai, vaiolature, assenza di copriferro); pulizia dalla ruggine dei ferri portati alla vista mediante spazzolatura meccanica.
3. Previa bagnatura a rifiuto e pulizia dell'eventuale ossido che si fosse riformato sui ferri mediante idrolavaggio, ricostituzione del calcestruzzo superficiale con malta tixotropica a base cementizia tipo MT1 (da applicarsi in spessore minimo di 1 cm) oppure con malta polimero modificata per rasature grosse tipo MR2 nei casi di degrado lieve (da applicarsi in spessore inferiore al cm, da 4 a 8 mm).

Le effettive superfici di intervento andranno rideterminate in fase di esecuzione a cura del D.L. , in funzione della reale estensione delle aree deteriorate che sarà riscontrata dopo la fase 1 (martellinatura/battitura sistematica). Negli elaborati economici della presente fase progettuale le quantità riportate per le voci di computo a misura relative ai ripristini in oggetto sono basate sulle ispezioni visive effettuate ed hanno carattere indicativo.

### **Verniciatura dei calcestruzzi**

L'intervento consiste nella tinteggiatura dei calcestruzzi in vista nel corridoio centrale e nella camera di manovra.

Lo scopo dell'intervento è quello di ricostituire una uniformità della finitura che viene interrotta dagli interventi locali di ripristino superficiale del c.a. . Nell'occasione sarà opportuno utilizzare una vernice avente anche una funzione protettiva dei calcestruzzi. Si prevede al riguardo un sistema protettivo elastico a base acrilica tipo PA, costituito da un primer e da una finitura di spessore 200 micron.

Le specifiche dei prodotti da utilizzare, malta tipo MT1 e tipo MR2 e sistema protettivo tipo PA, sono riportate nell'elaborato DIS.01.

## **RIPRISTINO DELLE DEMOLIZIONI ESEGUITE PER LA REALIZZAZIONI DEI SAGGI**

Le lavorazioni dovranno comprendere anche gli interventi di ripristino in corrispondenza delle demolizioni eseguite nell'ambito delle indagini conoscitive per la realizzazione dei saggi, nelle zone non interessate da interventi di riparazione già idonei a conseguire il ripristino.

Detti ripristini sono i seguenti:

- Riempimento delle carote realizzate nella vasca Nord Ovest con betoncino antiritiro.
- Ricopertura dei saggi eseguiti, sulla parete della vasca Nord Ovest lato corridoio centrale, per la messa a nudo la maglia di armatura.