



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
Direzione Generale per le Reti



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato dei Lavori Pubblici

Ente acque della Sardegna

Servizio Gestione Sud

SAR/AC/08/B Risanamento e riassetto funzionale del Canale Principale Adduttore alimentato dal Sistema medio Flumendosa - Interventi di impermeabilizzazione sul canale -

Finanziamento di opere idriche nelle aree sottoutilizzate ai sensi del D.M. n. 1179 del 14.10.2004

e del D.M. n. 1447 del 26.05.2005 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

Accordo Regione Autonoma della Sardegna e MIIT n. 1844 del 21.07.2005

Decreto Direttoriale 114/DV del 07.12.2006 del Ministero delle Infrastrutture

Decreto Direttoriale 11575 del 16.10.2012 del Ministero delle Infrastrutture

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione Tecnica

Allegato:

B

scala:

nome file:

Redatto dal Servizio Gestione Sud - Settore Tecnico Centrale

Progettisti:

Ing. Sandro Bachis

Ing. Filippo Zoncheddu

Bachis
Filippo Zoncheddu



Collaboratori:

P.E. Giorgio Zara

Ing. Federica Porcheddu

Ing. Simona Solinas

Ing. Pietro Pillai

Geom. Bruno Caredda

Il Responsabile del Procedimento

Ing. Felice Soda

Il Direttore Generale f.f.

Ing. Franco Ollargiu

Il Direttore del Servizio Gestione Sud

Ing. Felice Soda

APPROVATO CON DETERMINAZIONE

n. 114 - SGS del 07.07.2014

CAGLIARI, Marzo 2014

SOMMARIO

PREMESSA	2
1. IMPERMEABILIZZAZIONE CANALE PRINCIPALE ADDUTTORE.....	4
1.1. Profilatura scarpate.....	4
1.2. Sostituzione lastre.....	4
1.3. Idroscarifica.....	5
1.4. Ripristino corticale.....	6
1.5. Ripristino giunti strutturali.....	6
1.6. Impermeabilizzazione	7
2. INTERCONNESSIONE TRA DISTRETTI IRRIGUI.....	8
2.1. Dimensionamento opere idrauliche	8
2.1.1. Calcolo dello spessore della tubazione pensile.....	9
3. CALCOLI STATICI.....	11
3.1. Relazione di calcolo attraversamento pensile	11
3.1.1. Premessa.....	11
3.1.2. Schema di calcolo.....	11
3.1.3. Azioni	12
3.1.4. Materiali previsti e tensioni ammissibili.....	14
3.1.5. Riferimenti di calcolo.....	14
3.1.6. Elaborazione numerica	16
3.2. Relazione di calcolo pozzetto di scarico CBSM.....	20
3.2.1. Premessa.....	20
3.2.2. Normative di riferimento.....	20
3.2.3. Materiali utilizzati	21
3.2.4. Elaborazione numerica	21

SOMMARIO

PREMESSA	2
1. IMPERMEABILIZZAZIONE CANALE PRINCIPALE ADDUTTORE.....	3
1.1. Profilatura scarpate.....	3
1.2. Sostituzione lastre.....	3
1.3. Idroscarifica.....	4
1.4. Ripristino corticale.....	5
1.5. Ripristino giunti strutturali	5
1.6. Impermeabilizzazione	6
2. INTERCONNESSIONE TRA DISTRETTI IRRIGUI	7
2.1. Dimensionamento opere idrauliche	7
2.1.1. Calcolo dello spessore della tubazione pensile.....	8
3. CALCOLI STATICI.....	10
3.1. Relazione di calcolo attraversamento pensile	10
3.1.1. Premessa.....	10
3.1.2. Schema di calcolo	10
3.1.3. Azioni	11
3.1.4. Materiali previsti e tensioni ammissibili	13
3.1.5. Riferimenti di calcolo	13
3.1.6. Elaborazione numerica.....	15
3.2. Relazione di calcolo pozzetto di scarico CBSM	19
3.2.1. Premessa.....	19
3.2.2. Normative di riferimento	19
3.2.3. Materiali utilizzati	20
3.2.4. Elaborazione numerica.....	20

Premessa

Con Determinazione n. 11575/DIII in data 16.10.2012 della *Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche del Dipartimento per le infrastrutture, gli affari generali ed il personale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*, è stato ammesso a finanziamento l'intervento relativo all'impermeabilizzazione di un tratto del canale principale adduttore alimentato dal sistema medio Flumendosa.

L'intervento si inquadra nell'Accordo istituzionale prot. 1844 del 21.07.2005 tra il *Ministero per le Infrastrutture e i Trasporti* e la *Regione Autonoma della Sardegna*, nel cui ambito è compreso l'intervento SAR/AC/08 – Risanamento e Riassetto funzionale del canale principale adduttore alimentato dai serbatoi del medio Flumendosa – per l'importo di € 8.000.000,00 – di cui l'Ente Acque della Sardegna è individuato quale soggetto attuatore.

Con Determinazione n. 114/DV del 7.12.2006 è stato ammesso a finanziamento un primo lotto di lavori di cui al SAR/AC/08 per l'importo di € 4.000.000,00 poi rideterminato in € 2.800.000,00 a seguito dell'aggiudicazione, cui ha fatto seguito un finanziamento aggiuntivo di € 1.054.000,00.

Il presente progetto sviluppa a livello esecutivo l'intervento rubricato *SAR/AC/08B Risanamento e riassetto funzionale del Canale Principale Adduttore alimentato dal Sistema medio Flumendosa – Interventi di impermeabilizzazione del canale* – finanziato per complessivi € 1.054.000,00 – consistente in:

- impermeabilizzazione di un tratto di 1 km circa del canale principale adduttore alimentato dagli invasi del medio Flumendosa, a partire dallo sbocco della galleria di Suelli, inclusi demolizione e rifacimento delle parti deteriorate del rivestimento cementizio esistente;
- realizzazione delle opere di interconnessione dei distretti irrigui Senorbi – Trexenta, gestiti dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale, finalizzate all'eliminazione delle interferenze tra interventi di manutenzione del canale ed approvvigionamento irriguo.

Il progetto è stato predisposto dal Settore Tecnico Centrale del Servizio Gestione Sud.

Viene qui sviluppato il dimensionamento e la verifica delle opere in progetto sia per quanto attinente all'esecuzione dell'impermeabilizzazione, sia sotto il profilo idraulico e strutturale, per quanto di pertinenza, relativamente all'interconnessione dei distretti irrigui.

1. Impermeabilizzazione canale principale adduttore

L'intervento si svilupperà a partire dallo sbocco della galleria "Suelli", interessando una tratta di circa 1.000 m, stante le condizioni del rivestimento cementizio e dei giunti strutturali esistenti che obbligano ad un preventivo risanamento del suddetto rivestimento– compreso tra un ripristino corticale semplice, ovvero rinforzato con l'impiego di rete in fibra di vetro, e la sostituzione integrale di alcuni tratti di lastre spondali –ad un risanamento dei giunti sulle lastre non in rifacimento, e la necessità di mettere in sicurezza alcuni tratti dei versanti prospettanti sul canale, caratterizzati dalla presenza di rivestimenti in gunite gravemente deteriorati e di marne in disfacimento, il cui impatto sul rivestimento impermeabilizzante, in caso di successiva caduta, ne determinerebbe la rottura a causa della delicatezza dello stesso e del modesto spessore di applicazione richiesto.

1.1. *Profilatura scarpate*

La messa in sicurezza dei versanti richiede sostanzialmente la profilatura della scarpa insieme all'eventuale disaggio del materiale instabile, operazioni effettuate con l'ausilio di mezzi meccanici standard e, per tratte limitate, impiegando mezzi che consentono operazioni in un raggio di 18 m di distanza dal punto di stazionamento, con attrezzature idonee alla rimozione del materiale instabile.

Tale operazione è concentrata nella sezione iniziale, in corrispondenza allo sbocco della galleria di Suelli, pur essendo richiesta anche in prossimità della presa irrigua Trexenta B, peraltro oltre il limite del tratto oggetto d'intervento.

Operazioni di analogo tenore, ma di minor impegno, a causa della minore acclività dei versanti, sono richieste in corrispondenza delle lastre spondali da demolire, per consentire l'accesso e la predisposizione della scarpa in corrispondenza ai mutui tratti di camminamento da demolire.

1.2. *Sostituzione lastre*

Relativamente alla sostituzione delle lastre, occorre preventivamente precisare che nel tronco oggetto d'intervento, il camminamento in calcestruzzo lungo la sommità del canale su entrambe le sponde, appare realizzato in maniera tale da sovrapporsi alla sommità della lastra sponale.

Ed in effetti non si evidenziano, come in altri tronchi del canale, frequenti fenomeni di rottura o deformazione accentuata delle lastre, imputabili ad infiltrazione delle acque di ruscellamento e materiali fini tra la lastra e terreno di imposta del canale, né sin ad oggi si è avvertita l'esigenza di realizzare quanto eseguito negli ultimi interventi, ossia il cosiddetto cordolo, sovrastruttura in calcestruzzo debolmente armato realizzata in sommità in modo da coprire la linea di contatto tra

lastra e camminamento, appuntoa protezione dall'infiltrazione delle acque di ruscellamento e del materiale da queste dilavato.

Pertanto, nella sostituzione delle lastre danneggiate si manterrà l'intima connessione strutturale e la complanarità tra lastra e camminamento, procedendo secondo le seguenti modalità:

- eventuale profilatura della scarpa, effettuata manualmente o con l'ausilio di mezzi meccanici;
- demolizione della lastra, o del gruppo di lastre, e del relativo tratto di camminamento;
- movimentazioni orizzontali e verticali nell'ambito del cantiere, carico del materiale di risulta su idoneo automezzo, trasporto e conferimento a discarica autorizzata;
- predisposizione degli ancoraggi a strutture esistenti (collegamenti tra lastre esistenti e di nuova esecuzione, e tra quelle e basamento) mediante inghisaggio di ferri d'armatura ad aderenza migliorata;
- fornitura e posa in opera di rete elettrosaldata (lastre) e barre d'armatura ad aderenza migliorata (camminamento);
- realizzazione dei giunti strutturali a tenuta idraulica, predisposti ad equidistanza di 5 metri mediante impiego di un profilo *waterstop* in PVC;
- realizzazione dei giunti longitudinali tra lastre e fondo, impiegando un cordone bentonitico idroespansivo per riprese di getto;
- casseratura e getto del calcestruzzo di caratteristiche Rck 25 kN/mm², Dmax 25 mm, classe di esposizione ambientale XC2, classe di consistenza S3/S4, maturazione e rimozione della casseratura.

Nell'ipotesi di cedimento della retrostante struttura d'imposta, costituita da preesistenti lastre vacuum e drenaggio in materiale lapideo, si provvederà a ricostituire il volume mancante con calcestruzzo non strutturale drenante tipo "IDRODRAIN" dosato a q.li 200 di 325, posto in opera su parete inclinata previa realizzazione di doppio strato separatore in geotessile tessuto/non tessuto costituito da fibre di poliestere bianco coesionate tra loro con processo di agugliatura meccanica senza ausilio di collanti o legami chimici, massa aerica 200g/m², primo strato a contatto con il terreno e il secondo strato tra calcestruzzo drenante e lastra di calcestruzzo di rivestimento finale.

1.3. Idroscarifica

Una volta ultimata la bonifica delle scarpate e la sostituzione delle lastre danneggiate, si darà corso alle operazioni di ripristino corticale e dei giunti esistenti appresso descritte, per completare infine il trattamento impermeabilizzante con l'impiego di malta cementizia monocomponente, fibrorinforzata, già utilizzata nei precedenti interventi di analogo tenore.

Queste lavorazioni, richiedendo la preventiva pulizia della parete mediante idroscarifica, da effettuarsi preliminarmente alle operazioni di predisposizione del supporto cementizio, saranno

effettuate successivamente alla sostituzione delle lastre ed alle operazioni di profilatura e messa in sicurezza dei versanti.

L'idroscarifica, intesa come preparazione della superficie all'applicazione delle malte di intasamento e rasatura, andrà estesa alle lastre sostituite, adeguando naturalmente i valori di pressione e portata d'acqua alle caratteristiche del materiale su cui si interviene.

In tal senso si è raccomandata – inserendolo nell'art. 14 dello Scema di contratto, Oneri diversi a carico dell'appaltatore al punto 9 – una preventiva taratura puntuale dei valori di portata e pressione da impiegare nelle operazioni di idroscarifica.

1.4. Ripristino corticale

Il ripristino corticale prevede la preparazione delle superfici interessate attraverso una pulizia mediante idroscarifica del rivestimento delle lastre di parete e di fondo fino all'asportazione dello strato superficiale del calcestruzzo esistente, la successiva ricostruzione dei volumi mancanti, la regolarizzazione di eventuali buche, asperità, nidi di ghiaia, fessurazioni in genere, anche con distacco, delle riprese di getto, con malta cementizia, monocomponente a ritiro controllato, addizionata con fibre sintetiche, adatta per riparazioni e riporti su ampie superfici ed alto spessore con dimensione massima dell'inerte pari a 6 mm, lunghezza delle fibre 10 mm e che soddisfi i requisiti prestazionali relativi alla classe R3 della EN 1504-3.

Segue la rasatura e finitura delle pareti mediante una malta cementizia monocomponente, tixotropica per riparazioni e rivestimenti a spessore, con diametro massimo dell'inerte pari a 2 mm, dello spessore non inferiore a 4 mm data a spatola americana in ragione di circa 1,8 kg/mq per millimetro di spessore, e finitura superficiale con fratazzo.

In presenza di filature continue non passanti con andamento longitudinale, indice di uno stato di sollecitazione importante, si prescrive l'impiego di una rete in fibra di vetro inserita nella malta di rasatura, applicata in due mani successive con interposizione di rete in fibra di vetro con finitura SBR alcali-resistente avente peso minimo di 280g/mq ed apertura delle maglie massimo 15,7 mm x 10,1 mm, con spessore non inferiore a 6 mm, data a spatola americana in ragione di circa 1,8 kg/mq per millimetro di spessore, prima del trattamento di finitura con fratazzo.

Il ripristino corticale è quindi stato articolato in due procedure che possono interessare contemporaneamente una stessa lastra, a seconda che si renda necessario o meno l'impiego della rete di rinforzo in fibra di vetro.

1.5. Ripristino giunti strutturali

Il ripristino dei giunti strutturali esistenti su lastre non oggetto d'intervento si rende necessario sia quando i lembi delle lastre risultino tali da non consentire la predisposizione alla rasatura ed alla successiva applicazione del rivestimento impermeabilizzante, sia per ricostituire la

funzionalità e l'impermeabilità al passaggio dell'acqua di percolazione presente nel terreno verso il canale, con conseguente sollecitazioni sul rivestimento impermeabilizzante, non in grado di assorbire sensibili dilatazioni.

Tale ripristino sarà effettuato seguendo due distinte procedure, in funzione della mutua distanza riscontrabile tra le due lastre.

Nel caso in cui le lastre risultino prevalentemente ravvicinate, come nella maggior parte dei casi riscontrati, si procederà mediante semplice riprofilatura del giunto per una larghezza di 3 cm, eseguita con macchina scanalatrice a doppio disco diamantato per una profondità di taglio pari a 6÷7 cm e la successiva pulizia, dalla polvere e dalle eventuali parti incoerenti, con l'impiego di idro pulitrice a pressione, cui segue la posa in opera di un profilo di fondo giunto del Ø 30 mm realizzato con un cordone plastico preformato in polietilene espanso a cellule chiuse e la successiva sigillatura mediante l'applicazione di un sigillante poliuretanico, monocomponente, ad alto modulo elastico, specifico per giunti, previa applicazione di primer monocomponente per sigillanti a base poliuretanica idoneo al contatto diretto con acqua potabile.

Nel caso in cui le lastre risultino discostate più di 3 cm, si procederà all'intasamento del giunto con malta cementizia, monocomponente, a ritiro controllato, addizionata con fibre sintetiche, adatta per riparazioni e riporti su ampie superfici ed alto spessore con dimensione massima dell'inerte pari a 4 mm, lunghezza delle fibre 10 mm e che soddisfi i requisiti prestazionali relativi alla classe R4 della EN 1504-3, cui seguiranno la riprofilatura del giunto e le successive lavorazioni di riprofilatura, posa del profilo di fondo giunto e sigillatura di cui al precedente capoverso.

1.6. Impermeabilizzazione

Il trattamento impermeabilizzante viene effettuato mediante applicazione di malta cementizia monocomponente, fibrorinforzata, per impermeabilizzazioni flessibili idonea per contatto con acqua potabile, dello spessore minimo di mm 2, da applicare a spatola, a pennello o a rullo, o a spruzzo mediante idonea apparecchiatura.

Il prodotto individuato ha il pregio di essere compatibile con le condizioni climatiche invernali, periodo in cui si possono svolgere le attività di manutenzione straordinaria in quanto è possibile porre fuori servizio le opere coincidendo con l'interruzione del servizio irriguo, risultando peraltro assai impegnativo economicamente a causa degli interventi preliminari richiesti, con particolare riferimento al ripristino dei giunti sulle lastre non oggetto d'intervento.

Risulta peraltro assai sensibile agli urti del materiale grossolano talvolta presente nel canale, ed incompatibile al passaggio di mezzi di servizio, oltreché caratterizzato da un coefficiente di dilatazione decisamente inferiore a quello dei prodotti elastomerici.

Tutti i materiali impiegati debbono essere idonei al contatto diretto con acque destinate al consumo umano secondo il D.M. n. 174 del 6 aprile 2004 e successive mm.ii., poiché l'acqua convogliata è avviata, tra l'altro, alle operazioni di potabilizzazione.

2. Interconnessione tra distretti irrigui

Il progetto prevede il collegamento tra i distretti irrigui gestiti dal CBSM e denominati Senorbì Nord e Trexenta C1 mediante la realizzazione delle seguenti opere:

- collegamento con l'esistente camera di linea del ripartitore Senorbì Nord (Nodo 29), attuato mediante connessione alla flangia già predisposta, inserimento delle apparecchiature di sezionamento e sfiato classe PN 16, attraversamento della parete del manufatto con la tubazione di collegamento all'attraversamento pensile in progetto, in acciaio DN 300;
- realizzazione dell'attraversamento pensile del canale principale adduttore, con tubazione in acciaio DN 500 spessore 12,5 mm, e delle relative strutture di ancoraggio di estremità e di scarico;
- scavo, reinterro e posa in opera della tubazione in acciaio DN 300 di collegamento con la camera apparecchiature di nuova realizzazione nelle pertinenze della vasca CBSM Trexenta C1;
- realizzazione della camera apparecchiature di cui al punto precedente;
- fornitura e posa in opera delle apparecchiature di sezionamento, regolazione e controllo di portata e pressione e sfioro delle eventuali sovrappressioni ivi installate;
- collegamento con l'esistente mandata alla vasca distrettuale, inclusa la fornitura e posa di valvola a farfalla di linea DN 600 PN 16, ed alla esistente linea di avvicinamento alle utenze.

2.1. Dimensionamento opere idrauliche

La portata di dimensionamento è stata assunta pari a 100 l/s, sulla base di quanto contenuto nella relazione di calcolo idraulico del Progetto definitivo, predisposta dal CBSM ed allegata alla presente, cui si farà riferimento per ogni dato relativo alle opere consortili.

Il regime di pressione del sistema risulta governato dalla quota della vasca di carico del sistema Senorbì Nord, con livello massimo pari a 275,00 m slm.

Nel punto di stacco sul nodo 29 la pressione idrostatica è di circa 6,5 atm (con quota del terreno pari a 209 m slm), mentre la quota massima del pelo libero nella vasca Trexenta C1 è pari a 217,80 m slm.

In relazione alla classe di pressione delle tubazioni della rete irrigua operante a valle della vasca Trexenta C1, rete direttamente soggetta al carico della vasca Senorbì Nord quando viene by-passata la vasca Trexenta C1, occorre stabilizzare la pressione dell'acqua in uscita ad un valore non superiore al carico di tale ultima vasca.

Tutto ciò premesso, si procede al dimensionamento idraulico del sistema, utilizzando la formula di Chezy.

$$DH = \{0,000857 * L * [1 + 2 * \gamma_{Radq}(D)]^2 * Q^2\} / D^5$$

In cui:

- Q rappresenta la massima portata erogabile [m³/s];
- D è il diametro della tubazione;
- L rappresenta la lunghezza complessiva di ciascuna tratta;
- γ è il coefficiente di Bazin, assunto pari a 0,23 (condotte usate in acciaio);
- DH rappresenta la perdita di carico tra il punto iniziale e il punto finale della tratta interessata.

Si considerano tubazioni in acciaio saldato con rivestimento esterno in polietilene ed interno con vernice epossidica.

I risultati del calcolo sono contenuti nella tabella seguente

Tratto	Materiale	Scabrezza Bazin	L m	Q l/s	DN mm	V m/s	Hm m slm	DH m	Hv m slm	Hsf m slm	Carico residuo m
Nodo 29 - inizio pensile	acciaio	0,23	6,05	100	300	1,41	265,00	0,07	264,93		
inizio pensile - termine pensile	acciaio	0,23	28,90	100	500	0,51	264,93	0,02	264,91		
termine pensile - camera apparecchiature	acciaio	0,23	78,45	100	300	1,41	264,91	0,94	263,97		
camera apparecchiature - innesto avvicinamento	acciaio	0,23	25,00	100	200	3,18	263,97	2,76	261,21	217,80	43,41

La stabilizzazione della pressione a valle del punto d'immissione nella condotta d'avvicinamento all'utenza intorno a valori compatibili con la rete di valle richiede quindi un abbattimento della pressione di circa 4 bar, ed una stabilizzazione della pressione intorno al valore corrispondente al massimo pelo libero nella vasca Trexenta C1.

Tali obiettivi possono essere raggiunti installando un'idrovalvola che, oltre ad avere la funzione di stabilizzare la pressione a valle, avrà quella di regolare la portata consentendo il flusso di una portata massima corrispondente a 100 l/sec.

Dal dimensionamento effettuato, tenendo conto del valore di portata massima e dei valori massimi e minimi di pressione da abbattere, è scaturito che il diametro della valvola considerato l'eccesso di pressione dovrà essere DN 200.

2.1.1. Calcolo dello spessore della tubazione pensile

Si assimila la tubazione ad una trave incastrata ad un estremo ed appoggiata (appoggio scorrevole) all'altro, soggetta al carico dovuto al peso proprio ed a quello dell'acqua.

In tale ipotesi, la freccia in mezzzeria è data dalla relazione seguente:

$$\eta = 1,04 \cdot q \cdot l^3 / (192 \cdot EJ)$$

in cui:

- η , abbassamento in mezzzeria, mm;
- q, carico al metro lineare, kg/m;

- I, lunghezza pensile, m;
- E, modulo di elasticità acciaio, pari a 2.150.000 kg/cm²;
- J, momento d'inerzia della sezione, cm⁴.

Considerando una tubazione DN 500 spessore 12,5 mm si ricava:

DE mm	508,00
DI mm	483,00
s mm	12,50
A mq	0,01946
W mm³	2 352 574,89
momento d'inerzia J, cm⁴	55 311
l m	23,50
peso proprio al m lineare kg/m	152,70
sovraccarico accidentale, kg/m	0,00
peso struttura reticolare, kg/m	0,00
peso acqua al m lineare kg/m	183,22
p totale kg/m	335,92

Ed il corrispondente abbassamento in mezzeria vale: $\eta = 0,0467 \text{ m} < 0,05875 = 1/400$ della luce.

Si conferma quindi, per l'attraversamento pensile, la scelta della tubazione in acciaio saldato DN 500 s 12,5 mm.

3. Calcoli statici

3.1. *Relazione di calcolo attraversamento pensile*

3.1.1. Premessa

I calcoli vengono eseguiti in conformità alle sottoelencate Norme Tecniche:

- Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche (D.M. 27/07/85 - e successivi aggiornamenti).
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali delle scarpate etc. (D.M. 11/03/88).

3.1.2. Schema di calcolo

la verifica di stabilità del manufatto per l'attraversamento pensile della condotta in corrispondenza del canale principale adduttore dell'ENAS fa riferimento allo schema statico riportato in fig. 1.

La procedura di calcolo prevede due fasi di lavoro:

1. il calcolo della condotta pensile, assimilata ad un portale trapezio incastrato nel blocco di ancoraggio di fondazione da un lato e con appoggio semplice sull'altro, sottoposta al peso proprio ed ad una variazione termica di $\pm 30^{\circ}\text{C}$;
2. la verifica di stabilità del blocco di fondazione sottoposto alle azioni trasmesse dal telaio, al peso proprio, alle spinte delle terre ed alla spinta idraulica di linea ed al relativo calcolo delle tensioni sul terreno.

Le ipotesi di calcolo considerate sono complessivamente quattro pari alle quattro differenti combinazioni dovute alle variazioni termiche δT di $\pm 30^{\circ}\text{C}$, ed ad una spinta idraulica sul blocco dovuta alla pressione pari a quella di esercizio nell'impianto di 8 atm (circa 80 m di colonna d'acqua), ed a quella della prova in opera di collaudo pari a 10 atm (circa 100 m di colonna d'acqua); precisamente:

- Comb. 1 - δT di 30°C - $P=80$ m
- Comb. 2 - δT di -30°C - $P=80$ m
- Comb. 3 - δT di $+30^{\circ}\text{C}$ - $P=120$ m
- Comb. 4 - δT di -30°C - $P=120$ m

Considerazioni strutturali

Gli attraversamenti pensili sono realizzati imponendo costruttivamente la medesima quota sia dell'imposta dei due blocchi di ancoraggio, sia delle tubazioni delle entrate/uscite dai blocchi, alle quali la condotta di linea si collega con giunzione a bicchiere. Ciò comporta l'assialità delle due spinte idrauliche che nell'equilibrio globale si annullano a vicenda.

Pertanto, poiché è previsto l'utilizzo di un giunto di dilatazione per la realizzazione di un appoggio sulla tubazione - in quanto la geometria a portale trapezio ben si presta a contenere gli effetti della dilatazione/contrazione termica - la stabilità locale di un blocco, considerato isolato, al ribaltamento ed allo slittamento, è sempre assicurata per la continuità strutturale della tubazione pensile, che, nel caso di instabilità allo slittamento, sarà sottoposta alle sollecitazioni aggiuntive a quelle dovute al peso proprio ed alla dilatazione termica.

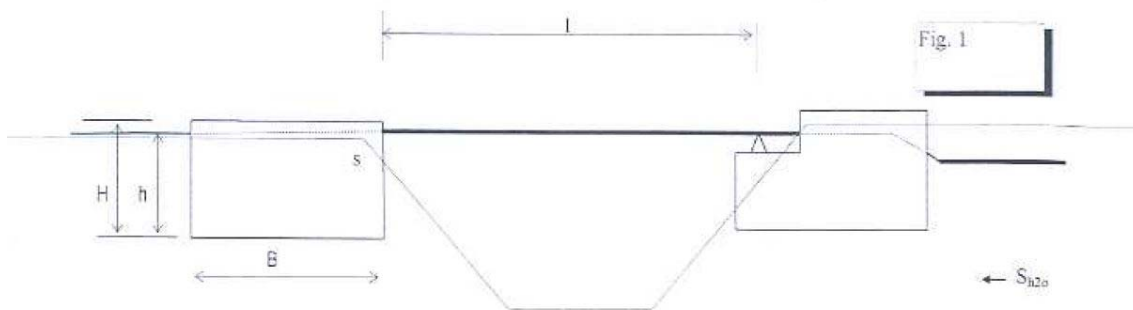


Fig. 1

3.1.3. Azioni

- Spinte delle terre sul blocco

L'azione spingente del terreno da monte St viene valutato secondo la seguente espressione di Coulomb (Spinta attiva):

$$St = 1/2 \cdot G \cdot h^2 \cdot \tan^2(45 - \Phi/2)$$

essendo h l'altezza del terreno dal piano di fondazione ed avendo assunto in considerazione della natura alluvionale dei terreni interessati:

$$G = 1800 \text{ Kg/mc}$$

$$\Phi = 33^\circ \text{ Sessadecimali angolo di attrito terreno}$$

Il contributo alla resistenza offerto dal terreno a valle del blocco è stato valutato considerando una spinta di tipo attivo, inferiore, pertanto al 50% della resistenza passiva $Sp = 1/2 \cdot G \cdot t^2 \cdot \tan^2(45 + \Phi/2)$.

Di conseguenza gli effetti delle due spinte del terreno da monte e da valle si annullano a vicenda.

L'eventuale azione Sq esercitata da un sovraccarico q sul terrapieno pari a $Sq = h \cdot q \cdot \tan^2(45 - \Phi/2)$ non è stata messa in conto in quanto il sovraccarico agirebbe direttamente sul blocco, stabilizzando maggiormente la struttura.

Come è noto St ed Stv sono applicate ad $h/3$ e $t/3$ ed Sq ad $h/2$ dal piano di fondazione.

- Peso proprio del blocco

L'effetto dei singoli elementi del blocco è stato valutato secondo l'esatta geometria prevista in progetto:

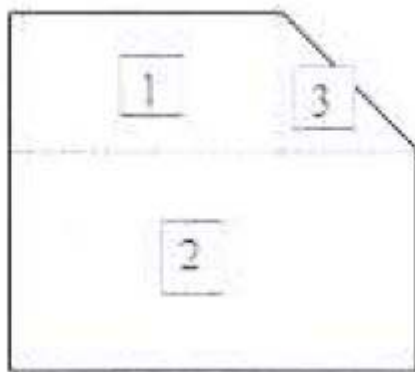


Fig. 2

- Azioni spingenti dovute alla presenza di carichi idraulici

In conseguenza della esigua profondità di scavo del blocco, l'altezza u della falda dal piano di fondazione del blocco è stata considerata nulla.

Il diagramma di sottospinta sulla fondazione é pertanto anch'esso nullo.

3.1.4. Materiali previsti e tensioni ammissibili

Il calcolo delle sezioni resistenti, secondo il metodo delle tensioni ammissibili, é stato effettuato per la sola tubazione pensile, in quanto il blocco di ancoraggio costituisce una struttura tozza per la quale é prevista un'armatura di sola ripartizione.

I materiali previsti sono i seguenti:

- Cls blocco Classe Rck 200
- Tubazione acciaio tipo Fe 410 UNI 6363 con tensione ammissibile pari al 60% del carico unitario di snervamento = $0.60 \cdot 255 \text{ N/mm}^2 = 1560 \text{ Kg/cm}^2$.
-

3.1.5. Riferimenti di calcolo

I calcoli di cui alla presente relazione vengono eseguiti con uno specifico programma di elaborazione per il calcolo della struttura pensile secondo lo schema di fig. 3.

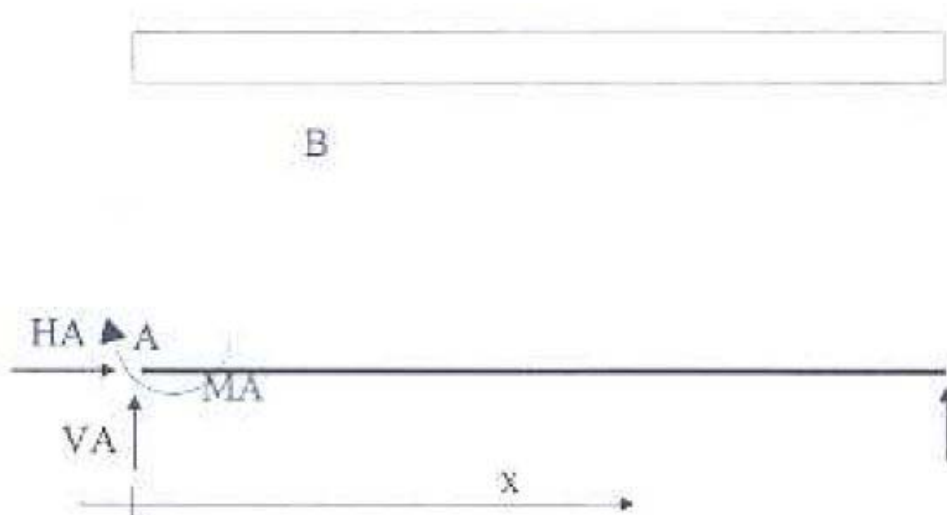


Fig. 3

Poichè la pressione interna P determina nella tubazione pensile una tensione pari a $\sigma = P \cdot D / 2 \cdot S$, essendo D il diametro interno della tubazione ed s lo spessore.

Lo stato tensionale della struttura é uno stato pluriassiale per il quale occorre verificare, nel riferimento principale, la tensione ideale σ_{id} pari a :

$$\sigma_{id} = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2)}$$

La successiva verifica del blocco di fondazione viene condotta trasferendo le reazioni del pensile sul blocco stesso sottoposto alle azioni dovute al peso proprio, alla spinta idraulica ed alla spinta delle terre.

Qualora risultasse non verificata la stabilità allo slittamento il programma ricalcola le sollecitazioni lungo la tubazione pensile in funzione dell'aliquota di spinta orizzontale non equilibrata che il pensile andrebbe a contrastare.

In questo caso il coefficiente di sicurezza allo slittamento risulta pari a 1.

Nelle elaborazioni numeriche le eventuali reazioni della tubazione pensile ad una forza di scorrimento non equilibrata ΔS dall'attrito (peso proprio del blocco x coeff. di attrito terreno/clt) sono indicate con R_p (reazione orizzontale = ΔS) ed M_p (momento) e sono applicate nella sezione di incastro.

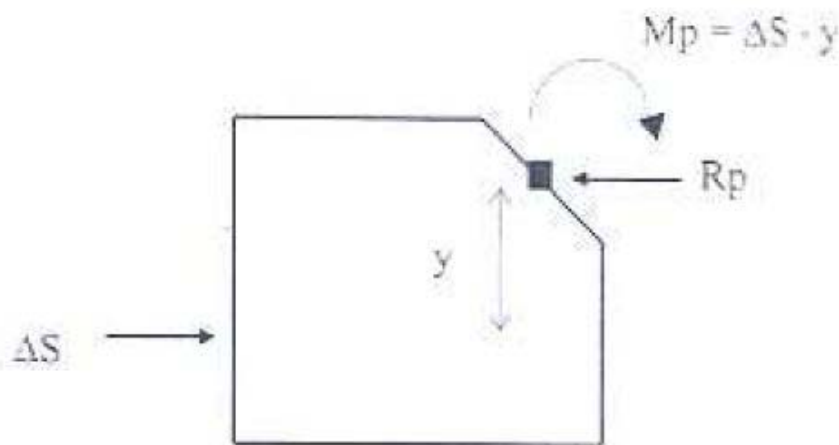
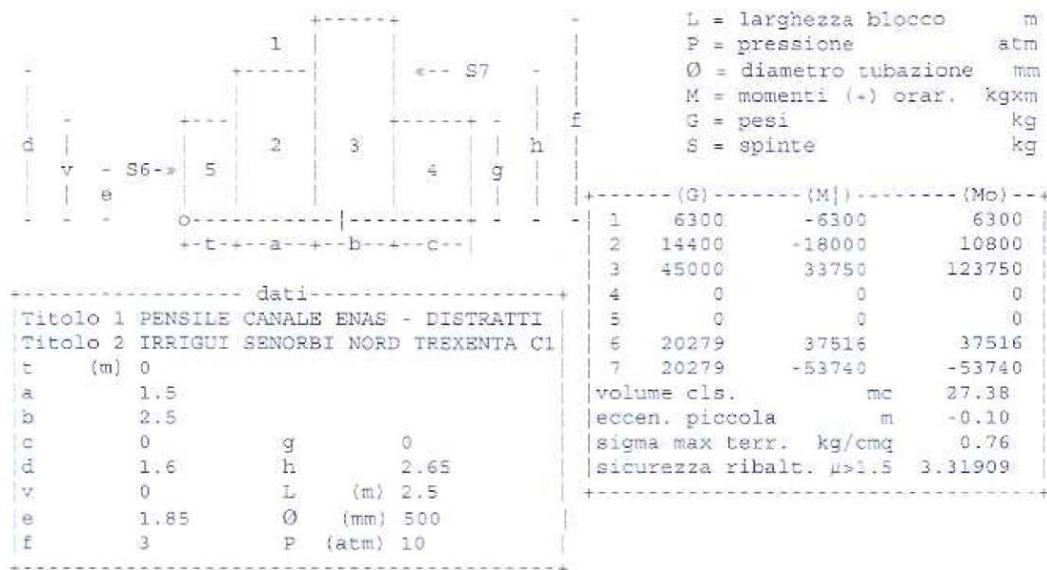


Fig. 4

Come già sottolineato nel paragrafo 3, la continuità strutturale comporta che agli effetti della sicurezza, debbano essere considerate le sollecitazioni sulla tubazione pensile, e non i risultati della verifica all'equilibrio locale di ciascun blocco.

3.1.6. Elaborazione numerica

Attraversamento pensile canale ENAS
Opera di collegamento distretti irrigui Senorbì Nord e Trexenta

FRECCHE ELASTICHE e TENSIONI NEGLI ATTRAVERSAMENTI PENSILI

Luce	(m)	22.25	
Vincolo n. 2		incastro-appoggio	
diametro nominale	(mm)	500	
spessore tubo	(mm)	8.00	
peso tubo	(kg)	94.7	
pressione interna	(kg/cm ²)	10	
peso tubo grezzo	(kg)	100.35	
peso acqua	(kg)	196.35	
peso totale	(kg)	291.05	
momento d'inerzia	(cm ⁴)	41195.29	
momento max	(kg*m)	10131.16	
tensione acciaio σ_1	(kg/cm ²)	634.50	
press.int. σ_2	(kg/cm ²)	312.50	
tensione acciaio σ_{id}	(kg/cm ²)	835.78	
freccia	(mm)	44.57	» 1/499
luce/500	(mm)	44.50	
luce/1000	(mm)	22.25	

diametro nominale	(mm)	500	
spessore tubo	(mm)	6.3	
peso tubo	(kg)	94.7	
pressione interna	(kg/cm ²)	10	
peso tubo grezzo	(kg)	78.76	
peso acqua	(kg)	196.35	
peso totale	(kg)	291.05	
momento d'inerzia	(cm ⁴)	32113.77	
momento max	(kg*m)	10131.16	
tensione acciaio 1	(kg/cm ²)	808.57	
' ' press.int. 2	(kg/cm ²)	396.83	
tensione acciaio σ_{id}	(kg/cm ²)	1064.01	
freccia	(mm)	57.17	1/389
luce/500	(mm)	44.50	
luce/1000	(mm)	22.25	

Attraversamento pensile canale ENAS
Opera di collegamento distretti irrigui Senorbì Nord e Trexenta

FRECCIE ELASTICHE e TENSIONI NEGLI ATTRAVERSAMENTI PENSILI

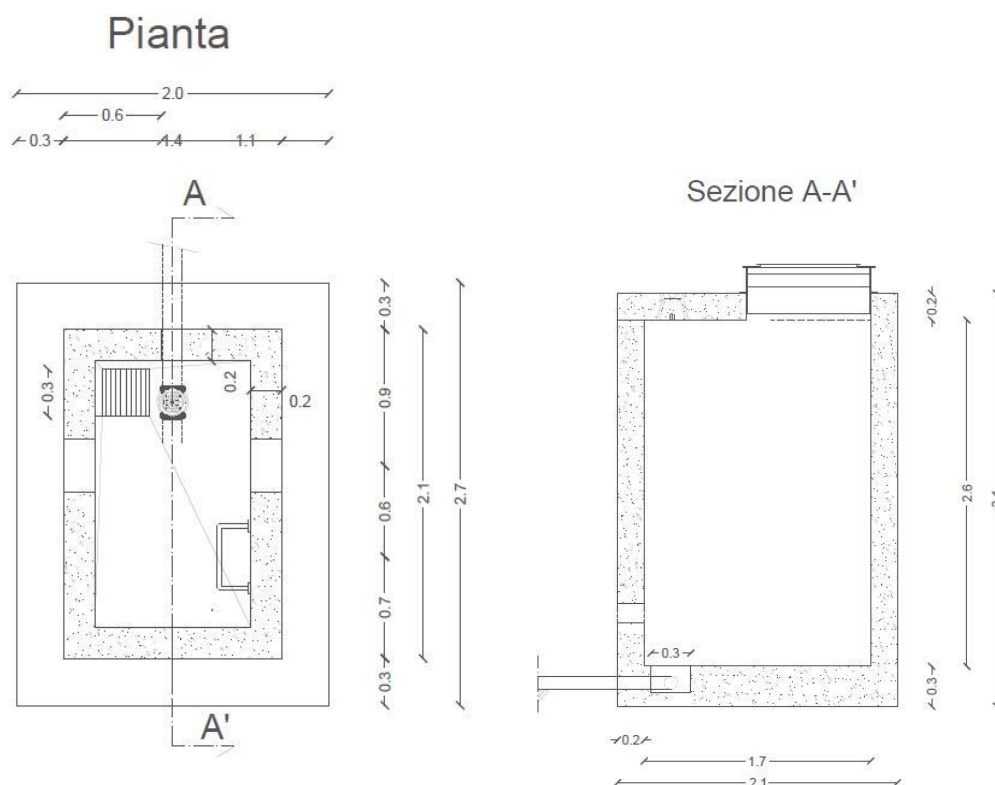
Luce	(m)	22.25	
Vincolo n. 2		incastro-appoggio	
diametro nominale	(mm)	500	
spessore tubo	(mm)	8.00	
peso tubo	(kg)	94.7	
pressione interna	(kg/cm ²)	10	
peso tubo grezzo	(kg)	100.35	
peso acqua	(kg)	196.35	
peso totale	(kg)	291.05	
momento d'inerzia	(cm ⁴)	41195.29	
momento max	(kg*m)	10131.16	
tensione acciaio σ_1	(kg/cm ²)	634.50	
press.int. σ_2	(kg/cm ²)	312.50	
tensione acciaio σ_{id}	(kg/cm ²)	835.78	
freccia	(mm)	44.57	» 1/499
luce/500	(mm)	44.50	
luce/1000	(mm)	22.25	

diametro nominale	(mm)	500	
spessore tubo	(mm)	6.3	
peso tubo	(kg)	94.7	
pressione interna	(kg/cm ²)	10	
peso tubo grezzo	(kg)	78.76	
peso acqua	(kg)	196.35	
peso totale	(kg)	291.05	
momento d'inerzia	(cm ⁴)	32113.77	
momento max	(kg*m)	10131.16	
tensione acciaio 1	(kg/cm ²)	808.57	
'' press.int. 2	(kg/cm ²)	396.83	
tensione acciaio id	(kg/cm ²)	1064.01	
freccia	(mm)	57.17	1/389
luce/500	(mm)	44.50	
luce/1000	(mm)	22.25	

3.2. Relazione di calcolo pozzetto di scarico CBSM

3.2.1. Premessa

La presente relazione dei calcoli statici e strutturali di un pozzetto d'ispezione, è parte integrante del progetto SAR-AC-08. Il pozzetto in oggetto sarà collocato in prossimità della cunetta con progressiva 209.42 vedi Tav. 6d ,ed avrà forma parallelepipedica con altezza 300 cm e dimensioni in pianta 2.10 x 1.40 m, con spessori di tutte le membrature pari a 20 cm.



3.2.2. Normative di riferimento

Tutte le verifiche statiche degli elementi strutturali trattati nella presente relazione sono stati condotti secondo i metodi della scienza della costruzioni e nel rispetto delle normative in vigore. In particolare si fa riferimento a:

- D.M. Infrastrutture 14/01/2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 02/02/2008 n. 617 - Nuova circolare per le norme tecniche per le costruzioni

3.2.3. Materiali utilizzati

<ul style="list-style-type: none"> • Calcestruzzo 	C25/30
fck (resistenza caratt. cilindrica)	25 N/mm ²
fcd (Resist. Calcolo compressione)	$(0.85 \cdot f_{ck})/1.5 = 14.16 \text{ N/mm}^2$
<ul style="list-style-type: none"> • Acciaio per armature 	FeB44K
f _{yk} (resistenza caratt. acciaio)	430 N/mm ²
f _{yd} (Resist. Calcolo acciaio)	$f_{yk}/1.15 = 373 \text{ N/mm}^2$

3.2.4. Elaborazione numerica

Si è proceduto scomponendo idealmente il manufatto nelle sue pareti (parete corta “P.C.” e parete lunga “P.L.”), nella sua soletta superiore (“S.S.”) e nella sua soletta di fondazione (“S.F.”), soggette ai carichi effettivamente agenti sulle stesse.

Ai fini della verifica strutturale del pozzetto in c.a, si sono analizzate e prese in considerazione le pareti meno resistenti, ovvero caratterizzate da dimensioni maggiori: P.L. di dimensioni 280x210x20 cm, ossia la parte in cui graveranno le maggiori sollecitazioni di tutto il pozzetto, quali pesi propri e spinte geostatiche.

– Pareti laterali

Dette membrature sono soggette alle spinte delle terre, al peso proprio ed alle azioni trasmesse dalla soletta superiore. Ai fini dei calcoli, consideriamo una striscia di trave di cm 100, incastrata alla base, e svincolata all'estremo opposto.

– Calcolo spinte

Per il calcolo delle spinte, si suppone che tutta l'altezza della parete sia a contatto con il terreno, per un'altezza di cm 280.

I parametri geotecnici di progetto sono:

• peso specifico	1700 daN/m ³
• angolo attrito interno	30°
• Coesione	0.00 daN/cm ²

Dai calcoli risulta che:

Ka (Coef. Spinta attiva)	0.333
--------------------------	-------

Spinta terreno	2221 daN*m
Momento base terreno	2088 daN*m
Momento totale agente	2088 daN*m

Ipotizziamo che la spinta totale risultante sia applicata ad 1/3 dell'altezza del muro.

La minima area di armatura tesa necessaria, considerando un copriferro di cm 3, risulta essere di:

$$A_s \geq M_{\max} / (f_{yd} \cdot 0.85 \cdot d)$$

$$A_s = 387 \text{ mm}^2$$

Utilizziamo in una striscia di 100 cm, n.4 Ø12 con:

$$A_{\text{eff}} = 452 \text{ mm}^2$$

Oltre a tenere l'armatura al di sotto di un valore massimo, verifichiamo che l'area di armatura sia superiore ad un valore minimo che viene fornito dalle norme e che ha lo scopo di assicurare un collasso duttile a trazione e di assorbire eventuali sforzi prodotti da variazioni termiche.

Il valore minimo di armatura imposto dall'EC2 è:

$$A_{s,\min} = 0.0013 \cdot b \cdot d$$

$$A_{s,\min} = 221 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s,\min}$$

Verificato.

Dall'equazione di equilibrio alla traslazione, la posizione dell'asse neutro è:

$$a = (A_s \cdot f_{yd}) / (0.85 \cdot f_{cd} \cdot b)$$

$$a = 14 \text{ mm}$$

$$c = a / 0.8$$

$$c = 17.50 \text{ mm}$$

La posizione dell'asse neutro corrispondente alla rottura bilanciata è:

$$C_b = ((735/735 + f_{yd})) \cdot d$$

$$C_b = 112,77 \text{ mm}$$

Poiché $C_b > c$, si tratta di una trave debolmente armata, ossia l'acciaio raggiunge lo snervamento prima che il calcestruzzo raggiunga il massimo sforzo di compressione ossia prima che il cls si schiacci.

Al crescere del carico la deformazione nell'acciaio cresce oltre ϵ_y e le fessure del cls continuano ad aprirsi mostrando con evidenza l'approssimarsi del collasso. In questo caso si ha una rottura duttile che fornisce un preavviso rispetto al collasso. Inoltre un collasso di questo tipo consente la redistribuzione dei momenti nelle strutture iperstatiche.

Il momento ultimo che la sezione può assorbire è:

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - (a/2))$$

$$M_{rd} = 27481148 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$M_{rd} > M_{ed}$$

Verificato.