

Premessa

La Regione Autonoma della Sardegna, con D.G.R. n. 28/61 del 24.06.2011, ha approvato un Programma di spesa fondi di cui al P. O. F.E.S.R. 2007 – 2013, Asse IV Obiettivo operativo 4.1.5. Linea di attività 4.1.5.b, individuando nell'Ente Acque della Sardegna l'Ente attuatore.

Il Programma prevede la realizzazione di quindici interventi urgenti per la riqualificazione, l'adeguamento e il potenziamento del Sistema Idrico Multisetoriale regionale gestito in nome e per conto della RAS in forza dell'art. 18 LR n. 19/2006, con una dotazione complessivamente pari ad € 7.508.000,00.

Di questi interventi, quattro ricadono nelle aree di competenza del Servizio Gestione Nord dell'EnAS, e precisamente due nella provincia di Sassari, uno in quella di Olbia – Tempio e l'ultimo nella provincia d'Ogliastra, per complessivi € 1.873.000,00.

Il presente progetto sviluppa, a livello preliminare, l'intervento rubricato "*Sistema Liscia – Interventi di riqualificazione dell'opera di presa ed alimentazione dell'acquedotto*", finanziato per complessivi € 500.000,00.

Gli interventi previsti consistono in:

- sostituzione dell'esistente valvola dissipatrice a getto conico Howell-Bunger DN 500 mm, PN 6 bar;
- realizzazione di nuovo by-pass della torre di presa idropotabile;
- riqualificazione dell'esistente by-pass della torre di presa idropotabile;
- riqualificazione dell'esistente torre di presa idropotabile.

Viene qui sviluppato il dimensionamento idraulico e strutturale delle opere in progetto.

Il progetto è stato predisposto dal Servizio Gestione Nord, con incarico formalizzato mediante DDG EnAS n. 1021 del 23.09.2011.

1. Verifiche e determinazioni idrauliche

Viene qui sviluppato il dimensionamento e la verifica delle opere in progetto, sotto il profilo idraulico e strutturale, per quanto di pertinenza.

Preliminarmente vengono forniti in forma sintetica i dati generali del sistema in cui sono ubicate le opere, quali quote, diametri, etc.

In tutte le elaborazioni si è fatto riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14.01.2008.

1.1. Caratterizzazione del sito d'intervento

Tutti gli interventi sono concentrati nelle pertinenze dello sbarramento sul fiume Liscia alla sezione di *Su Calamaiu*, in agro di Luras, avente volume utile di regolazione pari a 104 M mc.

La quota del pelo libero è compresa tra massima di regolazione pari a 177,50 m slm ed il massimo svaso, raggiunto a quota 132,00 m slm corrispondente ad un franco di circa 2 m sull'opera di derivazione ad uso irriguo.

La derivazione ad uso idropotabile è costituita da una condotta In acciaio e Cemento Armato Precompresso con termine all'impianto di potabilizzazione dell'Agnata, articolata come da prospetto seguente:

Tratta	DN	materiale	lunghezza
Torre - innesto galleria di derivazione irrigua	1200	ACCIAIO	130,00
Innesto galleria di derivazione irrigua - camera di manovra paratoia	800	ACCIAIO	110,00
Camera di manovra paratoia – sbocco galleria irrigua	700	ACCIAIO	96,00
sbocco galleria irrigua - impianto potabilizzazione Agnata	1200	GHISA SF	3.000,00

L'opera di presa irrigua è costituita da una galleria, preceduta da una griglia, del diametro di 2.000 mm e pendenza dell'1%, con soglia d'ingresso a quota 127 m slm e sviluppo di circa 110 m, sino alla camera delle paratoie d'intercettazione (primo organo di sezionamento della linea irrigua).

Da qui prosegue in tubazione metallica DN 2.000 mm in galleria per altri 96 m circa sino allo sbocco nella vasca di testa del canale irriguo, con quota fondo pari a 123,60 m slm ed escursione massima di 5,40 m, immediatamente a valle della biforcazione verso una centrale di produzione idroelettrica mai entrata in esercizio.

Il canale continua quindi per le utenze irrigue.

1.2. Valvola dissipatrice a getto conico HB 500 PN6 bar

La valvola sarà fornita dalla ditta Calzoni Hydro, già Riva Calzoni, che sotto la precedente ragione sociale ha progettato, realizzato, costruito, installato e (quando richiesta) manutenzionato le due valvole installate sulla derivazione irrigua dall'invaso sul fiume Liscia.

La nuova valvola sarà analoga alla precedente come campo di portate ottimali di funzionamento, sino a circa 1.000 l/s, e classe di pressione, 6 bar.

La movimentazione del cuneo non sarà invece garantita da meccanismi a vite, come nell'installazione originaria.

Tenendo infatti conto delle condizioni di esercizio, la valvola funziona completamente sotto battente, e dei riscontri effettuati nel corso delle precedenti manutenzioni, sarà attuata con meccanismi a pistone.

Verrà inoltre installato uno specifico aeroforo, costituito da un pezzo speciale in acciaio Fe 510 DN 300, in corrispondenza del dissipatore, onde evitare il determinarsi di condizioni che favoriscono la cavitazione, i cui effetti sono già stati riscontrati sull'installazione esistente.

Sarà infine fornito il tronco di tubazione in acciaio Fe 510 DN 500 in derivazione dalla linea principale irrigua verso la HB DN 500 PN 6, completo di flangia di collegamento alla valvola.

Sia l'aeroforo che la derivazione sono compresi nella fornitura della ditta Calzoni Hydro.

Lo spessore di questi ultimi pezzi speciali dovrà essere non inferiore al valore commerciale immediatamente superiore al valore sotto determinato, ossia dovrà essere $s \geq 8,0$ mm.

$s, \text{ mm} =$	$p \cdot d$	$+ c$	$\frac{100}{(100 - a)}$	$=$	7,74
	$200 \sigma_{adm} z + p$				
$d, \text{ mm}$	diámetro esterno	508			
$p, \text{ kg/cm}^2$	pressione di esercizio	6			
$c, \text{ mm}$	sovraspessore $0 \leq s \leq 1$	1,0			
$a, \%$	tolleranza di fabbricazione sullo spessore	15			
$\sigma_{adm}, \text{ kg/mm}^2$	pari a Rm/K , con				
$Rm, \text{ kg/mm}^2$	valore minimo del carico max a trazione dell'acciaio	27			
K	coefficiente di sicurezza $\geq 2,3$	5,0			
z	efficienza saldature $0,5 \leq z \leq 1$	0,5			

1.3. Nuovo by-pass

Note le caratteristiche di diametri, materiali e lunghezze delle tratte coinvolte sino allo sbocco alla vasca di accumulo acque grezze dell'impianto di potabilizzazione terminale di linea, a quota circa pari a 125 m slm, si è valutata la capacità di trasferimento verso l'utenza potabile per il lago al livello massimo ed un livello intermedio.

Nel primo caso, accettando una velocità massima pari a circa 4 m/s nel tratto del by-pass, si riesce a convogliare una portata massima di circa 800 l/s.

Tale valore può essere mantenuto sino a valori d'invaso pari a circa 150 m slm, come si deduce dalla Tab. 1 successiva.

Si sono considerati valori di portata irrigua variabili nei due casi, e riferibili a condizioni rispettivamente estive ed invernali.

1.4. Calcolo spinte sui punti singolari del nuovo by-pass

Il by-pass è realizzato con tubi in acciaio DN 500 (DE 508 mm), spessore 9,57 mm e peso unitario pari a 117 kg/m.

La spinta sarà calcolata per il valore di pressione corrispondente al livello di massimo invaso, e per la sezione maggiormente sollecitata, corrispondente alla prima curva, nel verso del flusso, dell'attraversamento tra il setto divisorio dei punti di immissione e scarico dalla centrale idroelettrica e la parete della vasca, pari ad $\alpha = 110$ gradi sessagesimali.

La quota di massimo invaso è pari a 177,50 m slm, mentre la quota in asse del by-pass, sopraelevato di 5,80 m rispetto alla quota fondo vasca canale pari a 123,60 m slm, risulta pari a 129,40 m slm.

La pressione massima di esercizio p è quindi pari a 48,10 m di colonna d'acqua, che equivalgono a $4,81 \text{ kg/m}^2$, ed il valore di calcolo si ottiene amplificando prudenzialmente il valore di esercizio di una quota parte pari al 50%, ottenendo $p = 72.200 \text{ kg/m}^2$, ossia $7,22 \text{ kg/cm}^2$.

Risulta quindi la spinta sulla sezione trasversale pari a:

$$P = p \pi DE^2/4 = 14.650 \text{ kg}$$

e la spinta risultante sulla curva pari a:

$$R = 2 P \sin(\alpha/2) = 24.000 \text{ kg}.$$

Si considererà tale valore come rappresentativo della massima sollecitazione degli elementi tubolari flangiati (v. tav. 04), e per il dimensionamento delle tassellature di fissaggio a parete delle mensole di sostegno.

La spinta P_1 in corrispondenza dell'innesto nella linea principale ad uso idropotabile ha espressione coincidente con quella della spinta sulla sezione trasversale, col valore della pressione p incrementato del dislivello tra assi del by-pass e della linea potabile, pari a 4 m.

Stante le amplificazioni operate nella determinazione, si assume pertanto il medesimo valore :

$$P_1 = p \pi DE^2/4 = 14.650 \text{ kg}.$$

1.5. Calcolo mensole di sostegno del nuovo by-pass

Il by-pass è realizzato con tubi in acciaio DN 500 (DE 508 mm), spessore 9,57 mm e peso unitario pari a 117 kg/m, con uno sviluppo complessivo della parte in orizzontale pari a 50 m.

il peso unitario della tubazione, sommato a quello dell'acqua in questa contenuto, pari rispettivamente a 117 kg/m e 188 kg/m, è complessivamente pari a $P_U = 305 \text{ kg/m}$.

Si prevede di realizzare 15 mensole intermedie d'appoggio tra il montante iniziale (nel verso del flusso) e l'attraversamento della parete, mentre il discendente terminale è vincolato agli estremi incastrati nella parete e nel blocco d'ancoraggio terminale.

È quindi possibile valutare le sollecitazioni sulle mensole intermedia del tratto sub orizzontale assimilando quest'ultimo ad una trave continua incastrata agli estremi, con tanti appoggi intermedi quante sono le mensole.

Ipotizzando una distribuzione uniforme di queste, ed un'uniformità del carico distribuito (trascurando quindi le apparecchiature lungo linea, ovvero incrementando il carico a m lineare), a fronte della simmetria geometrica e di carico, il sistema 17 equazioni in 17 incognite risultante dall'applicazione dell'equazione dei 3 momenti, si riduce ad un sistema di 9 equazioni nelle 9 incognite costituite da:

- momento d'incastro in A, eguale al momento d'incastro nell'estremità opposta B;
- momenti sugli appoggi: $M_1 = M_{15}$, $M_2 = M_{14}$, $M_3 = M_{13}$, $M_4 = M_{12}$, $M_5 = M_{11}$, $M_6 = M_{10}$ ed $M_7 = M_9$.

Per semplificare le operazioni di calcolo, e tenere conto dell'incremento delle reazioni intermedie, ossia del carico su ciascuna mensola (Belluzzi I, n. 248), si assume per la reazione il valore $R = q_i l$, con $q_i = 320 \text{ kg/m}$, $l = 50/16 = 3,125 \text{ m}$, incrementando quindi il valore così ottenuto del fattore $k = 1,50$, ottenendo così $P = k q_i l = 1.500 \text{ kg}$.

Con riferimento ai carichi ed ai disegni si individua quindi, il profilato HEB, realizzato in Fe 510 zincato a caldo e sagomato come nella tav. 05.

Tubazione			Elemento portante			
materiale		acciaio	profilato Fe 510		HEB 450	
DN	500	mm	larghezza ali, b		300,00	mm
spessore	9,50	mm	altezza profilato		450,00	mm
carico distribuito	116,80	kg/m	interdistanza superfici interne ali, c		398,00	mm
fluido	acqua		spessore ali, e		26,00	mm
densità	1.000,00	kg/mc	altezza parte piana dell'anima, d		344,00	mm
carico distribuito	196,35	kg/m	spessore anima, a		14,00	mm
Carico distribuito totale, kg/m	313,15	kg/m	peso a metro lineare		171,00	kg/m
coefficiente amplificativo	1,50	-	lunghezza trave, IT		0,71	m
interasse campata	3,1250	m	Momento di resistenza rispetto all'asse x		3.551,00	cm ³
carico concentrato equivalente, kg		1.467,89	peso mensola, kg 121,41			
Reazioni			profilato HEB 450 come da tav. 05		HEB 450	
Verticale R	1.589,30	kg	larghezza ali, b		300,00	mm
Momento M	850,44	kgm	altezza profilato		270,00	mm
	85.043,92	kgcm	interdistanza superfici interne ali, c		244,00	mm
Verifiche			spessore ali, e		26,00	mm
profilato HEB 450			spessore anima, a		14,00	mm
Tensione massima $\sigma = M/W_x$	23,95	kg/cm ²				
Tensione ammissibile σ_{adm}	2.400,00					
profilato HEB 450 come da tav. 05			y_G (Belluzzi I n. 77 es. 29)		2,16	cm
Tensione massima $\sigma = M/W_x$	36,54	kg/cm ²	J_x (Belluzzi I n. 82 es. 33)		57.818,60	cm ⁴
Tensione ammissibile σ_{adm}	2.400,00		Momento di resistenza rispetto all'asse x		2.327,53	cm ³

La tubazione sarà bloccata con un anello di serraggio 10 x 15 mm in acciaio Fe 510 zincato a caldo, irrigidito come nella tavola citata, e bloccato con due bulloni per lato.

Verifiche dadi fazzoletti di serraggio			fazzoletti di serraggio		
classe dado	8		come da tav. 05		
classe bullone	8.8				
numero bulloni	4	-	spessore	10,00	mm
di cui per lato	2	-	larghezza	15,00	mm
n. piani di taglio/bullone	1				
diametro	18,00	mm	Calcolo tensione ammissibili - Rif. DM 14.01.2008		
area resistente	192,00	mmq	coeff. sicurezza res. bulloni γ_{M2}	1,25	
Sollecitazione di taglio				N/mm ²	kg/cm ²
Spinta idrostatica in curva S	24.000,00	kg	Tensione rottura dado/bullone cl 8 f_{tb}	800,00	8.000,00
di cui su ciascun bullone	12.000,00	kg	Tensione snervamento dado/bullone cl 8 f_{yb}	649,00	6.490,00
Tensione di taglio	6.250,00	kg/cm ²	Resistenza di calcolo a taglio per bulloni classe 8.8 $F_{vRD} = 0,6 f_{tb} A_{res}/\gamma_{M2}$	7.372,80	kg/cm ²
Tensione ammissibile	7.372,80				

Il profilato sarà saldato ad una piastra di fissaggio con dimensioni quali quelle riportate nella tav. 05.

Giunzione HEB - piastra di fissaggio sulla parete					
piastra			Sollecitazioni		
larghezza	54,00	cm	Spinta idrostatica in curva S	24.000,00	kg
altezza	66,00	cm	che determina σ_{ort}	697,67	kg/cm ²
spessore	15,00	mm	Reazione verticale all'incastro R	1.589,30	kg
Cordoni di saldatura			che determina τ_{parall}	46,20	kg/cm ²
numero (sui lati dell'anima)	2	-	La tensione da considerare per la verifica è quindi		
l cordone (d)	34,40	cm	$radq(\sigma_{ort}^2 + \tau_{parall}^2) =$	699,20	kg/cm ²
spessore	0,50	cm	sforzo limite = 0,70 $\sigma_{admFe510} =$	1.680,00	kg/cm ²

L'elemento sarà tassellato a parete con impiego di 8 tasselli in acciaio inox ed incollante chimico.

Verifiche dadi fissaggio a parete					
classe dado	8		Sollecitazioni		
classe bullone	8.8				
numero bulloni	8	-	Spinta idrostatica in curva S	24.000,00	kg
diametro	18,00	mm	che sollecita a trazione i bulloni con	1.562,50	kg/cm ² cad
area resistente	192,00	mmq	Resistenza di calcolo a trazione per bulloni classe 8.8 $F_{tRD} = 0,9 f_{tb} A_{res}/\gamma_{M2}$	11.059,20	kg/cm ²
			Reazione verticale all'incastro R	1.589,30	kg
			Resistenza di calcolo a rifollamento della piastra $\sigma_{Rif} = R_b/(s \cdot d)$	73,58	kg/cm ²
			$\sigma_{Rif adm} =$	800,00	kg/cm ²

Ciascun tassello richiede un ammorsamento minimo nel cls pari a 40 cm, per un cls stimato classe Rck 350 kg/cm², in corrispondenza della curva convessa, essendo tale curva ancorata alla parete mediante due appoggi su cui si ripartisce l'azione complessiva della spinta.

Tale valore potrà comunque ridursi con l'impiego di idonei adiuvanti chimici.

Sviluppo ammorsamento tasselli nella parete		
$\sigma_{Rif adm} =$	800,00	kg/cm ²
Sforzo / tassello	1.500,00	kg
Rck cls	350,00	kg/cm ²
$\tau_{Adm cls} =$	6,67	kg/cm ²
Inghezza tasselli	39,79	cm

In corrispondenza degli appoggi lungo la parete piana, in cui la sollecitazione è pari a circa il 15% della spinta in curva, tale valore viene dimezzato, e potrà comunque ridursi con l'impiego di idonei adiuvanti chimici.

Tab. 1 – Capacità di trasporto verso l'utenza potabile con l'impiego del nuovo by-pass**a) Livello di massimo invaso**

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
Galleria di derivazione irrigua - camera paratoie	acciaio	0,23	110,00	2.000,00	2100	0,58	177,50	0,02	177,47		
Camera paratoie - innesto valvola HB 500	acciaio	0,23	96,00	2.000,00	2000	0,64	177,46	0,02	177,44		
innesto valvola HB 1400 - innestovalvola HB 500	acciaio	0,23	10,00	2.000,00	1400	1,30	177,44	0,01	177,26		
innesto valvola HB 500 - innesto linea potabile	acciaio	0,23	52,00	800,00	500	4,07	177,26	2,49	173,93		
Innesto linea potabile - L'Agnata	acciaio	0,20	3.000,00	800,00	1200	0,71	173,93	1,23	172,69	125,00	47,69

b) Livello intermedio d'invaso

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
Galleria di derivazione irrigua - camera paratoie	acciaio	0,23	110,00	2.000,00	2100	0,58	145,00	0,02	144,97		
Camera paratoie - innesto valvola HB 500	acciaio	0,23	96,00	2.000,00	2000	0,64	144,96	0,02	144,94		
innesto valvola HB 1400 - innestovalvola HB 500	acciaio	0,23	10,00	2.000,00	1400	1,30	144,94	0,01	144,76		
innesto valvola HB 500 - innesto linea potabile	acciaio	0,23	52,00	800,00	500	4,07	144,76	2,49	141,43		
Innesto linea potabile - L'Agnata	acciaio	0,20	3.000,00	800,00	1200	0,71	141,43	1,23	140,19	125,00	15,19

1.6. Calcolo cuffie per il sezionamento delle bocche di presa

Occorre distinguere tra bocche di presa fisse e succhieruola terminale sulla tubazione oscillante, che impongono diverse tipologie al dispositivo di intercettazione.

Nel primo caso infatti, essendo installato sulla luce di passaggio un tronchetto di tubazione DN 700 di lunghezza pari a circa 1 m, portante le griglie di protezione dall'ingresso di corpi in sospensione, il dispositivo, altrimenti detto *cuffia*, è costituito, come in tav. __, da un disco in acciaio zincato flangiato, che si innesta sul tronchetto DN 700 per circa 20 cm, bloccato con una controflangia e una guarnizione in neoprene interposta per evitare trafilamenti d'acqua.

La pressione idrostatica garantisce la stabilità del sistema.

Nel caso della succhieruola terminale sulla tubazione oscillante, avente DN 600 mm, l'innesto si sviluppa sino a coprire integralmente la succhieruola, per una lunghezza stimata in 150 cm.

Onde poter isolare tutto il tratto agevolmente, lavorando sott'acqua, l'innesto sarà realizzato mediante 2 settori di 50 cm di sviluppo, con controflangia di bloccaggio e disco in acciaio zincato, come in tav. __.

Gli elementi sono flangiati con guarnizioni in neoprene interposte per garantire la tenuta all'acqua.

Il dimensionamento sarà effettuato con riferimento alla condizione di sollecitazione massima, che si ha in corrispondenza della bocca di presa più bassa, a quota 131,00 m slm, nelle condizioni di massimo invaso, a quota 177,50 m slm.

In tale situazione la pressione idrostatica è pari a $p = 46,5$ m di colonna d'acqua, assunta pari a $p = 5$ kg/cmq.

Applicando la relazione di cui al punto 1.2 precedente, adottando un coefficiente di sicurezza pari a 2,5 si ricava:

$s, \text{ mm} =$	$\frac{p \cdot d}{200 \cdot \sigma_{adm} \cdot z + p}$	$+ c$	$\frac{100}{(100 - a)}$	$=$	5,13
$d, \text{ mm}$	diametro esterno	730			
$p, \text{ kg/cm}^2$	pressione di esercizio	5			
$c, \text{ mm}$	sovraspessore $0 \leq s \leq 1$	1,0			
$a, \%$	tolleranza di fabbricazione sullo spessore	15			
$\sigma_{adm}, \text{ kg/mm}^2$	pari a Rm/K , con				
$Rm, \text{ kg/mm}^2$	valore minimo del carico max a trazione dell'acciaio	27			
K	coefficiente di sicurezza $\geq 2,3$	2,5			
z	efficienza saldature $0,5 \leq z \leq 1$	0,5			

Lo spessore di questi ultimi pezzi speciali dovrà essere non inferiore al valore commerciale immediatamente superiore al valore sopra determinato, ossia dovrà essere $s \geq 6,0$ mm, con un peso $\geq 47,10$ kg/mq.

SOMMARIO

PREMESSA	1
1. VERIFICHE E DETERMINAZIONI IDRAULICHE	2
1.1. Caratterizzazione del sito d'intervento	2
1.2. Valvola dissipatrice a getto conico HB 500 PN6 bar	2
1.3. Nuovo by-pass	3
1.4. Calcolo spinte sui punti singolari del nuovo by-pass	4
1.5. Calcolo mensole di sostegno del nuovo by-pass.....	4