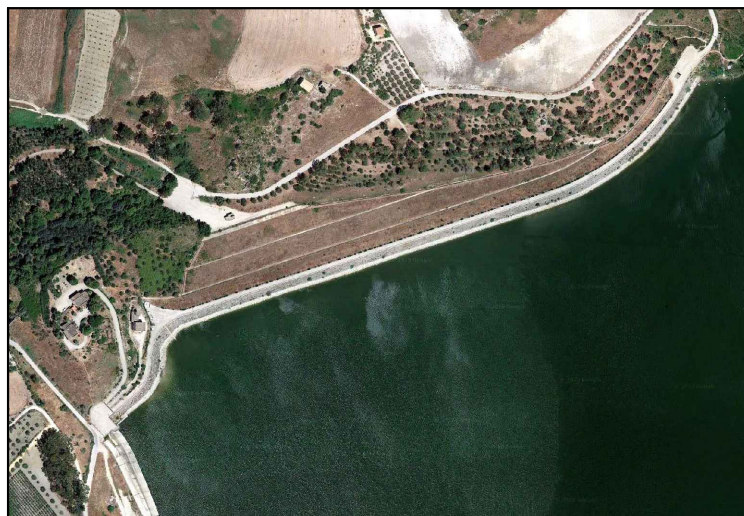




ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ  
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI  
**SERVIZIO 3 - PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE INTERVENTI INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE**

PROGETTO DEI LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL SISTEMA  
DI TENUTA DELLA DIGA SAN GIOVANNI NEL TERRITORIO  
DEL COMUNE DI NARO (AG) (SCHEDA INTERVENTO N. 080)

CUP: G29E18000040001 - CIG: 7725373B77



RTP

mandatario

mandanti

**PRO-GEO**  
progettazione geotecnica

**S P A I**  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

s.i.a.

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI

Studio di Geologia

G. Graziano e M. Masi

Studio di Ingegneria

Ing. E. Giannone Codiglione



## PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO (R.U.P.) :

Dott. Ing. Salvatore Stagno

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE  
TRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE :

Dott. Ing. Pietro Umiltà

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE SUGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE  
DELLE PARATOIE DELLO SCARICO DI FONDO

ELABORATO N° :

PAR 6.1.1

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO	
SIGLA		G. Lusco		G. Lusco		F. Lusco	
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE				
	0	DIC 2021	Emissione elaborati progetto esecutivo				
	1						
	2						

DATA :

DICEMBRE 2021

SCALA :



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

### SOMMARIO

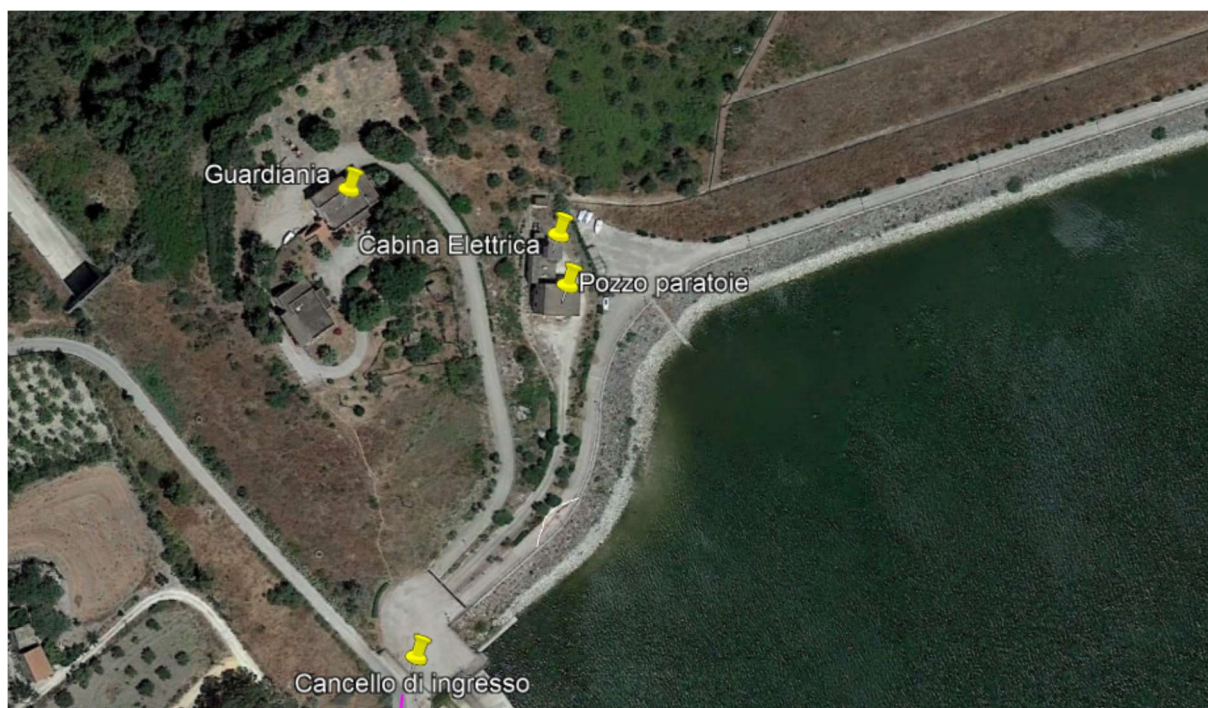
<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INTERVENTI PREVISTI .....</b>	<b>10</b>
2.1	Intervento ottimale .....	10
2.1.1	<i>Intervento di svaso totale.....</i>	<i>10</i>
2.1.2	<i>Intervento di svaso fino a quota 292 m s.l.m. ....</i>	<i>13</i>
2.2	Soluzione di progetto .....	15
2.2.1	<i>Revisione paratoia di monte .....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Revisione paratoia di valle .....</i>	<i>24</i>
2.2.3	<i>Revisione by-pass.....</i>	<i>24</i>
2.2.4	<i>Sostituzione della centralina oleodinamica.....</i>	<i>24</i>
2.3	Considerazioni conclusive .....	26
2.4	Cronoprogramma degli interventi .....	26
<b>3</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>29</b>



## 1 PREMESSA

Il presente progetto esecutivo sviluppa quanto trattato nel progetto definitivo concocernente gli interventi relativi ai lavori di manutenzione straordinaria inerenti il sistema di tenuta della Diga San Giovanni nel territorio comunale di Naro, in provincia di Agrigento, gestita dal Servizio 4 – *Gestione Infrastrutture per le Acque* - del Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti dell'Assessorato all'Energia e ai Servizi di Pubblica Utilità della Regione Siciliana.

La diga San Giovanni è realizzata in materiali sciolti e l'omonimo invaso ad esso sotteso ha una capienza complessiva di 21,50 Mm<sup>3</sup>. A tergo del corpo diga, in sponda sinistra, sono stati realizzati sia lo scarico di superficie che lo scarico di fondo. Il primo è realizzato con una soglia sfiorante realizzata a quota 305,55 m s.l.m. ed è posto in adiacenza al cancello di ingresso come si può evincere dalla Figura 1.



**Figura 1 – Vista satellitare sponda sinistra diga San Giovanni**

Lo scarico di fondo è anche questo collocato in sponda sinistra, accessibile dall'alto attraverso un vano pozzo con diametro 8,50 m. La struttura è realizzata in cemento armato, con quota fondo posta a 285,30 m s.l.m., ed è raggiungibile agevolmente dalla viabilità interna.

In occasione del sopralluogo effettuato, si è potuto constatare che il locale di accesso al pozzo, realizzato in elevazione esterna, presenta un portone di accesso con dimensioni pari a 4,50 m sia in altezza che in larghezza. Antistante al portone è presente un piazzale con dimensioni sufficienti a




**RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE**

consentire la movimentazione di mezzi pesanti. Il piano di calpestio del locale è realizzato con travi in acciaio su cui poggiano delle lamiere bugnate removibili, mentre la copertura dell'edificio risulta essere piana e priva di accessi. All'interno del locale è presente un carroponete su binari da 10 tonnellate, con struttura di tenuta a ponte monotrave, posto fuori servizio.

All'interno del vano di accesso al pozzo paratoia, sono inoltre presenti la scala metallica, la centralina oleodinamica e il quadro di comando locale della paratoia.

La centralina oleodinamica è stata fornita dalla General Hydraulik di Verona (Figura 2) e risulta equipaggiata con n°3 valvole di distribuzione oleodinamiche, n.2 motori asincroni da 9 kW cadauno, pressostati, limitatori di pressione,


**Figura 2 - Centralina oleodinamica**

**Figura 3 - Carroponete**

indicatore di livello olio, etc. Le valvole di distribuzione sono a doppio effetto e permettendo la realizzazione della manovra di apertura e di chiusura del cilindro oleodinamico associato. Le stesse valvole presentano la possibilità di manovra manuale, in caso di mancato funzionamento del comando elettrico, nonché è presente una pompa a braccia per le eventuali manovre di emergenza, nel caso di mancato

funzionamento del sistema di pressurizzazione dell'olio.

La pressione di esercizio della centralina oleodinamica è stata valutata di avere un valore massimo di 150 bar. Le tubazioni si dipartono dalle valvole di distribuzione e arrivano nel fondo del pozzo paratoia, a mezzo di un percorso verticale adiacente alle scale, le cui giunzioni sono realizzate con giunti a pressione e pezzi speciali non a saldare. Le tubazioni in uscita dalle valvole sono tutte di ugual diametro. Le tre valvole comandano i cilindri oleodinamici posti sulla paratoia di monte, la paratoia di valle, la valvola del by-pass e la valvola di monte alla turbina. Una coppia di tubi di diametro inferiore risulta affiancata alle tubazioni suddette e proviene dal gruppo turbopompa presente in adiacenza alle paratoie. Tale equipaggiamento, presente anche nel progetto della diga, permette di pressurizzare il circuito dell'olio anche in caso di mancata alimentazione elettrica della centralina oleodinamica. L'avvio del gruppo turbopompa è realizzato attraverso l'apertura della valvola di monte collegata all'invaso, comandata dal sistema oleodinamico.


**RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE**

All'interno del locale risulta presente anche il quadro di comando e controllo delle paratoie, con dispositivi di sicurezza quali: pulsanti di arresto in emergenza, indicatori di posizione delle paratoie, selettori, indicatori dei parametri di corrente, finecorsa e pulsanti per comandi di apertura e chiusura, il tutto come mostrato in Figura 4.



**Figura 4 - Quadro di comando e controllo**

Sul fondo del pozzo sono presenti le due paratoie di uguale dimensione 2,40 m x 3,90 m. Il peso stimato del diaframma è di 5000 kg mentre il peso del cilindro per la movimentazione, ivi compreso lo stelo è di 3000 kg. L'ispezione delle stesse è stata possibile, in occasione di un precedente sopralluogo da parte del personale della diga che ha realizzato il report fotografico di seguito mostrato, con accesso da valle attraverso la galleria di scarico. Tale attività ha permesso di constatare lo stato delle paratoie. Come rilevabile dalla Figura 5, le paratoie risultano versare in condizioni di degrado generalizzato a causa delle condizioni ambientali in cui operano.





RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE



**Figura 5 (sinistra) Vista frontale della paratoia di valle. (destra) Dettaglio del dado terminale dello stelo della paratoia**

La paratoia di valle presenta un'ottima tenuta sui fianchi e in sommità (tenute metallo-metallo), mentre risulta leggermente usurata la tenuta in gomma presente sul fondo, tanto che si manifestano perdite di acqua. Le sedi su cui scorrono le paratoie non presentano problematiche evidenti, tuttavia non è stato possibile verificare, dalla documentazione fotografica fornita, la superficie su cui fa tenuta la paratoia, generalmente in acciaio inox.

Il sistema di movimentazione risulta efficiente, anche se la tenuta idraulica non risulta essere in condizioni ottimali a causa delle incrostazioni diffuse che non ne permetterebbero la regolazione, come si evince dalla Figura 6.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE



**Figura 6 - Tenuta idraulica a baderna della paratoia di valle**

La paratoia di monte, anche questa oggetto di una specifica indagine visiva realizzata con accesso dallo scarico di valle, versa nelle medesime condizioni della paratoia di valle, mostrando altresì perdite di acqua sul cielo, come visibile dalla Figura 7, che potrebbero alla lunga provocare danneggiamenti localizzati della struttura.





## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE



Figura 7 - Vista frontale della paratoia di monte

Ciò che però versa nelle peggiori condizioni è il sistema di movimentazione della paratoia di monte ed in particolare lo stelo di movimentazione. Questo presenta rigature e cavità lineari di corrosione, con profondità stimate in un paio di millimetri, e che determinano la perdita di notevoli quantità di olio durante le operazioni di apertura o chiusura, come si può evincere dalla Figura 8.

Si ritiene che tali cavità siano state originate dalla corrosione del metallo base, a seguito della completa asportazione dello strato di cromo a partire dalle rigature. Quest'ultime hanno avuto origine dalla mancata presenza di elementi di protezione come ad esempio gli anelli raschiatori e dalla mancata manutenzione del sistema di tenuta, in cui alloggia la baderna e che presenta un evidente stato di ruggine.





## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE



**Figura 8 - Vista dettagliata dello stelo di movimentazione della paratoia di monte**

All'interno della camera di manovra risulta presente anche il sistema di by-pass, il quale è munito di valvola di sezionamento manuale posta a monte e a valle della valvola di regolazione, la quale è attuata oleodinamicamente. Una rappresentazione delle valvole di attuazione è data dalla Figura 9.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE



**Figura 9 - Valvole con attuazione oleodinamica**

Ultimo elemento considerato è la tubazione del by-pass che presenta un pessimo stato di conservazione.



## 2 INTERVENTI PREVISTI

A seguito del sopralluogo effettuato, e delle evidenze raccolte sul grave ammaloramento degli organi di manovra; tenuto anche in considerazione la impossibilità di operare sul cilindro e sullo stelo della paratoia di monte previa rimozione dello stesso per la presenza di pressione nella galleria di monte, nel seguito si descrivono le attività che si ritengono necessarie per il ripristino della funzionalità distinguendo una ipotesi di intervento definita ottimale che richiede però notevoli risorse economiche e lo svuotamento del bacino (parziale o totale) per l'esecuzione degli interventi e la soluzione di progetto tale da potersi attuare nell'immediato con le risorse economiche attualmente disponibili e senza procedere con lo svuotamento del bacino.

Tale soluzione, ripristinando l'integrità dimensionale della superficie esterna dello stelo in abbinamento alla sostituzione degli elementi di tenuta, minimizzerà le perdite di olio dal cilindro e gli ingressi di acqua dalla baderna durante le operazioni di movimentazione. Si ritiene tuttavia doveroso precisare che l'intervento agisce in modo locale, non intervenendo sulle cause che hanno originato i fenomeni di malfunzionamento dello stelo, configurandosi a tutti gli effetti come una soluzione che potrà comportare maggiori costi di manutenzione per il gestore.

### 2.1 Intervento ottimale

Per lo smontaggio del cilindro è necessario poter operare in assenza d'acqua in pressione in corrispondenza della paratoia di monte e garantendo la sicurezza idraulica durante l'intervento.

Come già rappresentato nella *Nota sulle possibili soluzioni per il ripristino delle paratoie dello scarico di fondo* redatta nel Maggio 2020 le ipotesi di intervento sono essenzialmente due:

- svaso totale
- svaso fino a quota 292 m s.l.m

#### 2.1.1 INTERVENTO DI SVASO TOTALE

Perché sia possibile lo smontaggio dell'assieme costituito da cilindro, castelletto e diaframma è necessario operare in assenza d'acqua in pressione in corrispondenza della paratoia di monte e garantire la sicurezza idraulica durante l'intervento; ciò si può ottenere previo svaso dell'invaso e realizzazione di una diaframma metallico provvisorio in vicinanza della sede paratoie, munito di saracinesca per consentire l'ulteriore vuotamento delle fluenze accumulate nel periodo delle lavorazioni che si prevede avvengano in officina, anziché in sito.

Dall'esame dei dati pluriennali dell'invaso emerge che i mesi di ottobre, novembre e dicembre danno un apporto idrico pari al 14% del totale annuale, mentre i mesi che vanno da gennaio a maggio il restante 86%. Si evidenzia quindi una possibile finestra temporale compresa





## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

tra i mesi da ottobre a dicembre, al termine della stagione irrigua, che consentirebbe lo svasso senza particolari ripercussioni sul servizio di irrigazione.

Nel seguito si evidenzia la sequenza delle operazioni previste e la loro descrizione. Si rappresenta che l'assenza di acqua consente l'effettuazione di una serie di attività sulle apparecchiature, nel seguito indicate con un asterisco \*, che altrimenti non sarebbero possibili.

La ridotta durata del possibile periodo di intervento impone la scelta di sostituire il cilindro, non essendoci il tempo sufficiente per un'eventuale riparazione.

#### 2.1.1.1 *Sostituzione cilindro paratoia di monte*

Dopo lo svasso sarà possibile estrarre con il carroponte posto in testa al pozzo paratoia (che dovrà preventivamente essere sottoposto a revisione e certificazione) l'assieme costituito da cilindro, castelletto e diaframma. Successivamente tali elementi potranno essere portati in officina provvedendo:

- allo smontaggio del cilindro;
- alla sabbiatura del castelletto (\*),
- alla revisione del sistema premistoppa (\*),
- alla sabbiatura del diaframma (\*),
- alla riparazione eventuale della tenuta sul diaframma, previa ricarica con idoneo materiale di apporto e ripristino della planarità per raschiatura (\*),
- alla revisione del sistema di indicazione della posizione ed all'installazione di indicatore di posizione lineare a filo (\*),
- alla verifica e manutenzione del sistema di degasaggio (\*),
- alla verifica e sostituzione del sistema di introduzione del materiale di sigillatura guarnizioni con lignite (\*),
- alla riverniciatura di tutto il materiale con ciclo epossidico ad alto spessore.

Il nuovo cilindro oleodinamico dovrà essere costruito preventivamente, così che si potrà provvedere, ancora in officina, al riassiemaggio dei componenti.

#### 2.1.1.2 *Intervento di manutenzione sulle saracinesche oleodinamiche*

Smontaggio dell'attuatore e revisione del cilindro oleodinamico.

Verifica delle tenute ed eventuale ripristino. Riverniciatura e rimontaggio, in alternativa, sostituzione dell'intera saracinesca con attuatore oleodinamico.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

*2.1.1.3 Sostituzione centralina oleodinamica*

Si prevede la sostituzione della centralina oleodinamica anche in relazione al ridotto tempo a disposizione per l'intervento. La centralina avrà le stesse caratteristiche dell'attuale, pressione nominale 150 bar e sarà equipaggiata con elettrovalvole, accumulatore di olio in pressione a sacca di azoto e accessori quali filtri in mandata e in ritorno, indicatori di livelli, valvole di massima pressione e connessioni con la turbopompa di emergenza.

*2.1.1.4 Tubazioni oleodinamiche*

- Intervento di verifica di tutte le tubazioni oleodinamiche ed eventuale intervento di riparazione locale con sostituzione dei supporti delle tubazioni con elementi in materiale polimerico.
- Pulizia della tubazione, sgrassaggio e ripristino della pitturazione.
- Verifica del serraggio dei giunti a pressione.

*2.1.1.5 Interventi sul by-pass*

- Verifica e riparazione/sostituzione dei componenti con eccessivo livello di corrosione. Sabbatura e riverniciatura.
- Riparazione/sostituzione della saracinesca di bypass

*2.1.1.6 Manutenzione paratoia di monte (\*)*

- Verifica sedi di tenuta.
- Verifica strutturale corpo saracinesca previa rimozione delle incrostazioni presenti.
- Riporto con idoneo elettrodo sulle sedi di tenute e successiva ripristino della planarità con raschiatura.
- Intervento localizzato di placcatura o riporto di saldatura delle eventuali zone ammalorate del corpo.
- Sabbatura e verniciatura dell'interno corpo saracinesca.

*2.1.1.7 Manutenzione paratoia di valle (\*)*

Pur essendo per la paratoia di valle gli interventi di manutenzione eseguibili in ogni momento in presenza di paratoia di monte chiusa ed a tenuta, si ritiene che l'esecuzione degli interventi in situazioni di svasso consenta di operare in condizioni più efficaci. Sarà quindi possibile valutare la possibilità di intervenire anche sulla paratoia di valle, sia per quanto riguarda la



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

verifica/manutenzione del cilindro di manovra, dell'assieme gruppo premistoppa e delle tenute nonché delle verniciature così come descritto per la paratoia di monte.

### 2.1.1.8 *Stima dei costi di intervento*

La stima dei costi dell'intervento così descritto ammonta a circa € 390.000,00

### 2.1.2 *INTERVENTO DI SVASO FINO A QUOTA 292 M S.L.M.*

L'intervento in seguito descritto prevede gli stessi interventi sulle paratoie sopra descritti per l'intervento di svaso totale, cui si rimanda; diversa però è la metodologia di intervento che si prevede di utilizzare per poter comunque garantire di operare in assenza di acqua in corrispondenza delle paratoie; dovrà infatti essere realizzata una **tura provvisoria sulla galleria a monte paratoia, mediante lavorazioni subacquee.**

La soluzione è possibile, ma di fatto comporta, in particolare nel caso in oggetto, grosse difficoltà, precisabili come segue.

#### 2.1.2.1 *Attività preliminari*

Innanzitutto si rende necessaria una ispezione preliminare subacquea tesa a verificare lo stato di interrimento in prossimità dell'imbocco, la qualità del materiale presente e una ispezione visiva con rilievo dimensionale del raccordo di presa.

L'ispezione dovrà prevedere un rilievo batimetrico della zona interessata ai lavori ed al flusso di scarico ed in seguito il rilievo geometrico dettagliato della zona di inserimento della tura. Il costo previsto per l'ispezione è di circa € 10.000,00 / 15.000,00.

Qualora si riscontrasse presenza di materiale si renderà necessaria la rimozione preliminare dello stesso; la rimozione potrà essere effettuata con sistema a sorbona o altro sistema idoneo e la valutazione del relativo costo sarà possibile solo dopo aver realizzato l'ispezione.

Si rappresenta che l'ispezione preliminare è da ritenersi indispensabile per stabilire la reale fattibilità dell'intervento che in seguito si descrive.

Per intervenire sulle paratoie senza lo svaso completo del bacino sarà comunque necessario uno svaso parziale sino al livello di 292 m s.m. e poter garantire un livello di sicurezza e visibilità sufficiente per esecuzione di operazioni subacquee.

#### 2.1.2.2 *Realizzazione della tura*

Una "tura" a elementi metallici disposta subito a monte delle paratoie e ammorsata al rivestimento metallico, che si estende per un tratto a monte e a valle delle paratoie, sarebbe la





## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

soluzione più tradizionale. Questa soluzione, che trova riscontro in casi già realizzati, si presenta nel presente caso del tutto irrealizzabile a causa del lungo tratto di galleria da percorrere per l'accesso (circa 170 m) e per la presenza di acque a forte torbidità. Queste condizioni infatti renderebbero i lavori subacquei a rischio molto elevato ed anche estremamente faticosi.

Resta la possibilità di realizzare la "tura" provvisoria in corrispondenza dell'imbocco della galleria. Dai disegni disponibili risulta che la posizione più adatta è da individuare nel tratto di raccordo alla galleria circolare, nel quale l'andamento della sezione trasversale della stessa opera d'imbocco assume un andamento convergente a imbuto. Si prevede quindi che possa essere realizzata nella zona di imbocco ed in particolare al termine del raccordo convergente quadro tondo, previa demolizione parziale in corrispondenza della fine del raccordo per realizzare delle superfici di appoggio per la tura che dovrà trasmettere alle stesse un carico di quasi 500 t (DN della galleria 6.5 m). La tura realizzata preventivamente in officina sarà calata da un pontone galleggiante dotata di gru ed introdotta nell'imbocco del tunnel da personale subacqueo con attrezzature speciali realizzate allo scopo. La tura sarà dotata di organi per le successive fasi di riempimento e svuotamento della galleria.

Per intervenire sulle paratoie sarà comunque necessario uno svaso parziale sino al livello di 292 m s.m. e poter garantire un livello di sicurezza e visibilità sufficiente per esecuzione di operazioni subacquee.

La stima economica preliminare che potrà essere affinata solo dopo l'ispezione subacquea e con il coinvolgimento già in fase progettuale di esperti riconosciuti nel settore delle operazioni subacquee, è di circa € 400.000,00.

Il costo complessivo dell'intero intervento ammonta quindi a circa € 800.000,00.



## 2.2 Soluzione di progetto

In relazione al ridotto budget disponibile ed alle difficoltà legate allo svuotamento dell'invaso necessario per procedere con gli interventi descritti al paragrafo 2.1.1.1 *Sostituzione cilindro paratoia di monte*, si è elaborata una soluzione che può ridurre gli effetti dell'ammaloramento dello stelo del cilindro della paratoia di monte e le conseguenti difficoltà nella movimentazione della paratoia.

**La soluzione descritta non richiede lo svaso del bacino o la realizzazione di una tura** e quindi non consente lo smontaggio completo del cilindro dalla paratoia dovendo necessariamente mantenere lo stelo in posizione interna alla baderna di tenuta per evitare l'allagamento del pozzo paratoia.

Le lavorazioni appresso descritte prevedono l'esecuzione dell'intervento di manutenzione dello stelo in situ ripristinando l'integrità e la cilindricità dello stesso mediante il riempimento delle cavità e delle rigature profonde formatesi nel corso degli anni, con apporto di materiale.

Inizialmente si è ipotizzato il riempimento delle cavità e delle rigature profonde con resina bi componente ad elevate caratteristiche di adesività, meccaniche e con buone caratteristiche anticorrosione (tipo LOCTITE EA3478 o equivalente). Tale tipologia di intervento però non ha sempre fornito i risultati attesi; adottata nel recente passato per le paratoie della diga di Disueri (CL), gestita dalla Regione Siciliana, la scarsa durabilità dell'intervento ha portato il Gestore a prevedere un nuovo e diverso intervento di ripristino.

Ci si è quindi orientati verso una seconda soluzione, sempre con apporto di materiale in situ, ma eseguita a mezzo di saldatura continua a poli invertiti, utilizzando elettrodi metallici in acciaio inox 316L. Tale tecnologia, utilizzata con successo in ambito navale (ove i problemi corrosivi risultano molto accentuati) sugli assi veloci delle eliche e sulle aste timoni, viene da qualche tempo utilizzata anche nell'ambito delle dighe.

Il Consorzio di Bonifica 2 – Palermo, in qualità di Ente Gestore, ha infatti effettuato un intervento sulla tenuta del cilindro della paratoia di monte della diga di Garcia, ripristinando le scanalature sullo stelo con la tecnica della saldatura con elettrodi metallici. L'intervento risale a circa cinque anni fa e, ad oggi, si manifestano soltanto piccole fuoriuscite di olio dalla tenuta, garantendo un funzionamento in perfetta sicurezza ed efficienza.

La Regione Siciliana, in qualità di gestore di parecchi invasi, ha già effettuato il sopra descritto intervento sulla paratoia di monte della diga di Rosamarina (PA), mentre sono già stati programmati gli interventi sugli impianti di Poma (PA) e Disueri (CL) di cui si è fatto prima cenno.

In sintesi verrà eseguita una saldatura con elettrodi in acciaio INOX 316 L rivestiti effettuando preliminarmente le operazioni descritte in dettaglio nel successivo paragrafo (pulizia, smerigliatura, asciugatura). Prima di procedere con l'intervento dovrà essere verificata la compatibilità del materiale di apporto con quello costituente lo stelo, atteso che una diversa qualità



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

dei materiali (stelo-saldature) porterebbe durante le fasi successive alla saldatura (raffreddamento) alla formazione di "cricche" derivanti dalla diversa dilatazione termica dei materiali.

In tale fase potrà quindi essere accertato di concerto con la D.L. la compatibilità del materiale di apporto (inox 316L) con quello in situ optando eventualmente per una diversa tipologia di elettrodi nel caso in cui si dovessero riscontrare anomalie. Verificata la piena compatibilità degli elettrodi si potrà procedere con il riempimento delle cavità mediante il processo di saldatura a poli invertiti e corrente continua con intensità pari a circa 160 Ampere. Completato il riempimento delle cavità si dovrà procedere con la levigatura dello stelo al fine di ripristinare la cilindricità dello stesso necessaria per garantire la tenuta con le guarnizioni.

Optando quindi in progetto per questa seconda soluzione, si prevede l'esecuzione in sequenza delle seguenti operazioni:

### 2.2.1 REVISIONE PARATOIA DI MONTE

- Realizzazione di "noce di bloccaggio"<sup>1</sup> da inserire sullo stelo per bloccarne la posizione dopo la completa apertura del diaframma; tale noce sarà realizzata in due pezzi con interposizione di guarnizione ad elevata durezza per tutelare la cromatura dello stelo ed ottenere un elevato coefficiente di attrito.

<sup>1</sup> La noce di bloccaggio, vedi fig.10, consiste in un componente metallico in due parti, appositamente progettato e realizzato, con la funzione di bloccare la paratoia in posizione di massima apertura venendo meno il contributo del cilindro di attuazione. Le due metà di cui si compone devono consentire, l'inserimento all'interno del castelletto, il contatto con lo stelo, delle viti per il serraggio necessario alla resistenza per attrito dello scorrimento dello stelo e della flangia di scarico sul basamento in c.a. (evitando di andare a contatto con pacchetto di tenuta in cui è alloggiata la baderna).



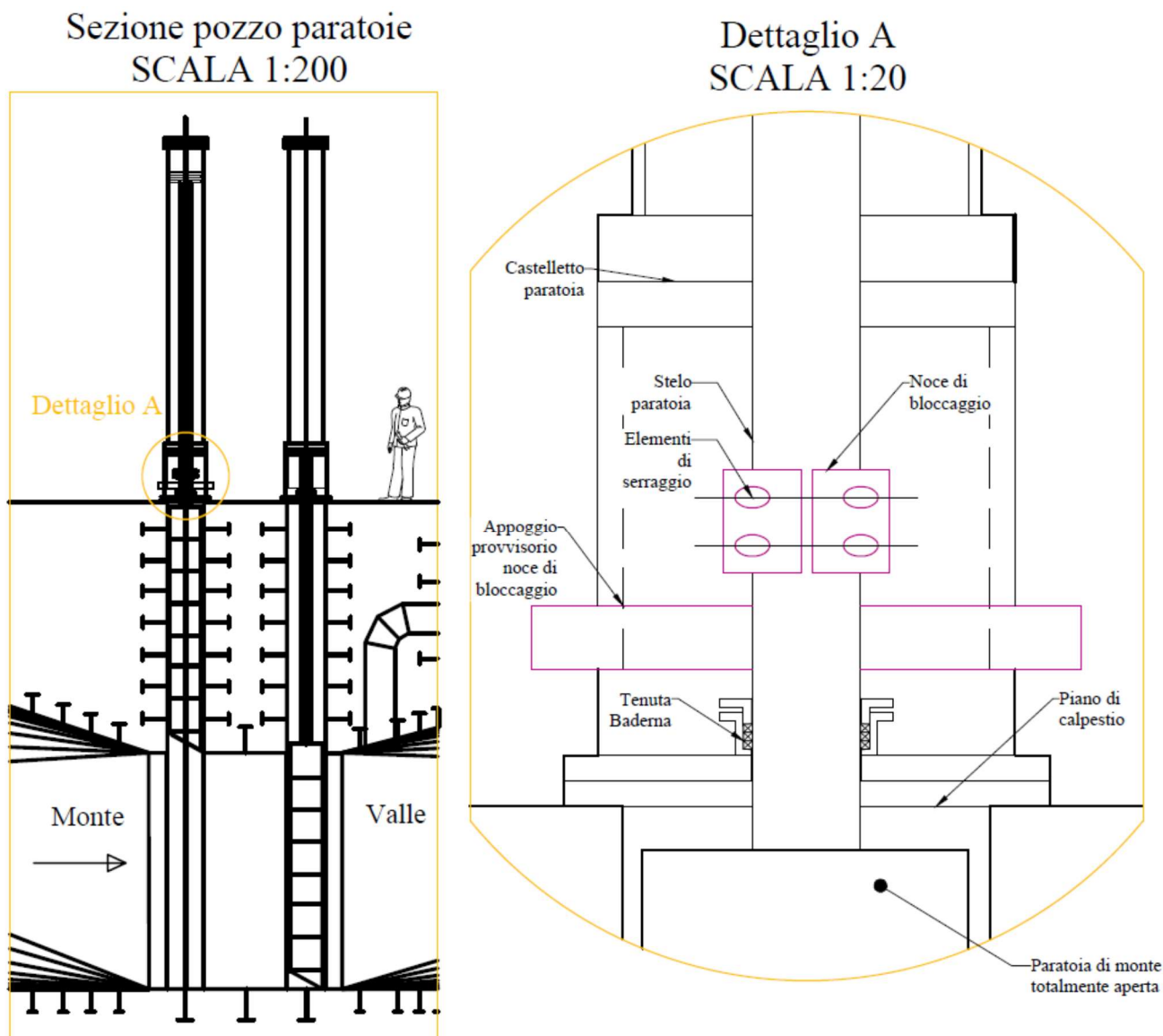


Figura 10 – Stralcio sezione del pozzo paratoie e dettaglio della noce di bloccaggio

- Apertura completa del diaframma della paratoia per mezzo del cilindro oleodinamico.
- Pulizia e sgrassaggio dello stelo in vista all'interno del castelletto.
- Applicazione della “noce” in due pezzi e serraggio dei bulloni ad alta resistenza con chiave dinamometrica.
- Interposizione di supporto di appoggio al disotto della “noce”.
- Posizionamento lento in appoggio, con comando manuale, della “noce” sul supporto di base.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

- Noleggio con operatore di autogrù da piazzare nel piazzale antistante il pozzo paratoia che con lo sbraccio, stimato in circa 15 m possa attestare il gancio sopra la paratoia di monte per permetterne lo smontaggio del cilindro di movimentazione. Il carico di progetto che l'autogrù deve movimentare, nella posizione descritta, risulta pari a 5 tonnellate.
- Imbracatura con fasce del cilindro e messa in tiro del paranco di sollevamento.
- Rimozione dell'olio dall'interno del cilindro.
- Smontaggio dei bulloni della flangia inferiore del cilindro.
- Progressivo sollevamento della camicia del cilindro per mezzo del paranco sino a completa estrazione del pistone.
- Verifica ed eventuale manutenzione del cilindro in officina compresa la riverniciatura esterna dello stesso.
- Smontaggio del pistone e sostituzione del pacco di tenute.
- Pulizia completa e sgrassaggio accurato dello stelo compresa la realizzazione del ponteggio necessario per raggiungere tutti i punti dello stelo.
- Preparazione delle cavità mediante pulizia e smerigliatura con apposita attrezzatura dei solchi per il successivo riempimento.
- Trattamento per l'asciugatura dello stelo con adeguato forno ventilante.
- Riempimento delle cavità e delle rigature profonde mediante apporto di materiale saldante AISI 316L con procedimento di saldatura continua a poli invertiti.
- Installazione della apparecchiatura di lavorazione meccanica (tipo ILT1600Y o equivalente).
- Rimozione del materiale in eccesso e levigatura dello stelo sino al ripristino della cilindricità dello stesso. Questa operazione avverrà per tratti successivi in relazione alla lunghezza di lavorazione massima consentita dalla apparecchiatura.
- Lucidatura a mano dello stelo con tela abrasiva di granulometria finissima idonea.
- Lubrificazione dei componenti e rimontaggio del cilindro.
- Riempimento completo di olio con rimozione totale di aria dalle camere.
- Messa in pressione con comando manuale della camera inferiore e sollevamento della noce di blocco dall'appoggio.
- Accurata pulizia dell'interfaccia tra baderna e stelo.
- Collaudo a mezzo di esecuzione di alcune manovre di prova.



### 2.2.1.1 DIMENSIONAMENTO NOCI DI BLOCCAGGIO

Come sopra esposto, il sistema di bloccaggio prevederà un accoppiamento bullonato che, attraverso un forzamento per attrito sul cilindro, sosterrà il peso del diaframma durante le operazioni di manutenzione.

L'accoppiamento bullonato sarà progettato in modo tale che il precarico necessario al serraggio delle viti sarà sufficiente a sostenere per attrito sia il peso del diaframma che quello del cilindro in quanto vi sono delle fasi della manutenzione in cui la noce sorreggerà temporaneamente tali carichi. Le viti saranno soggette puramente a sforzo di taglio in quanto il carico graverà trasversalmente al gambo delle viti, non vi è alcuna forza di trazione sulle viti al di fuori del precarico, ed essendo quest'ultimo un valore tale da portare vicino lo snervamento le singole viti esse sono implicitamente già verificate alla trazione.

Per la progettazione si è anche reso necessario il dimensionamento delle piastre di collegamento con il calcolo dello spessore e dell'altezza di contatto tra noci e cilindro. Si è quindi effettuata la verifica al rifollamento dei fori delle viti e degli appoggi su cui si posizionerà la noce dopo essere stata accoppiata al cilindro. Tali appoggi saranno delle travi IPE 100, mentre per il contatto noce-cilindro è fondamentale avere un alto coefficiente di attrito statico in modo tale da garantire una elevata tenuta durante la fase di esercizio, in virtù di questo è necessaria la preliminare verifica della superficie del cilindro, la quale dovrà essere perfettamente asciutta prima del collegamento.

Al peso stimato di diaframma e cilindro, di circa 8000 kg, si è aggiunto un coefficiente di sicurezza allo slittamento pari ad  $n=1.5$  in modo da sovradimensionare il sistema per un carico superiore. Per generare un alto coefficiente di attrito si utilizzerà una gomma poliuretanica di una durezza a partire da 80 shoreA ,tali gomme sono raccomandate per il contatto con i metalli.

Tale materiale ha come proprietà, secondo alcuni rivenditori (Demezzi), pari a:

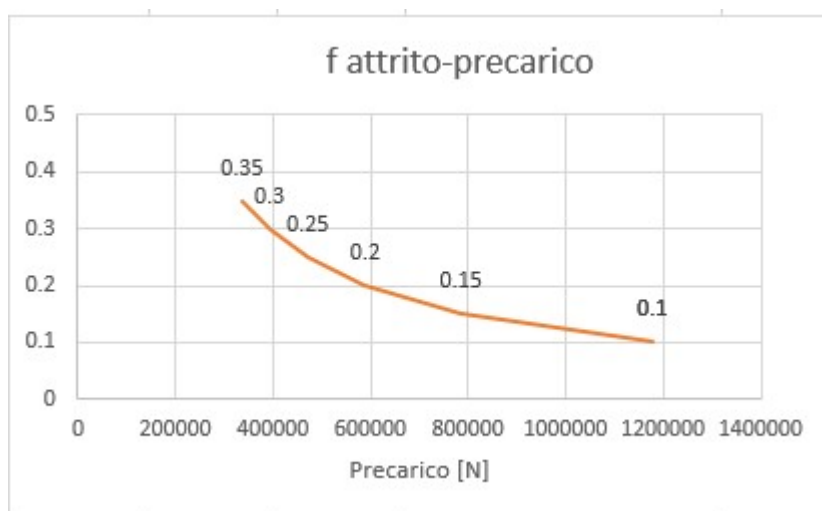
- Resistenza a trazione 25 MPa;
- Allungamento a rottura pari al 750%;
- Deformazione permanente (compression set) ,22 ore a 70°C;
- Durezza shore A pari ad 80;
- Resistenza alla lacerazione 14 kN/m;
- Rimbalzo elastico al 55%;
- Densità pari a 1.20 g/cm<sup>3</sup>;
- Modulo di allungamento al 100% pari a 3.9 MPa.

La forza trasversale necessaria per sorreggere il carico puramente tramite l'attrito ha il seguente andamento:

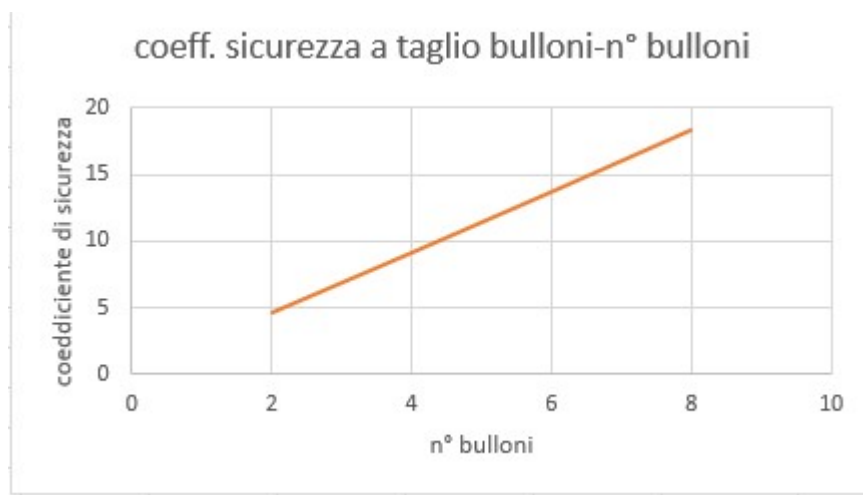




## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE



Tale forza corrisponde al precarico delle viti e con un coefficiente di attrito statico pari a 0.2 si rende necessario l'uso di viti metriche M36 classe 10.9 le quali hanno un precarico consigliato di 467413 N con una coppia di serraggio pari a 4036 Nm. Tale precarico è sufficiente a sostenere per attrito i componenti ed il numero delle viti necessario è determinato dallo sforzo di taglio sui gambi delle viti. Da tabella l'area resistente delle viti M36 è pari a 817 mm<sup>2</sup> e per un carico sovrastimato di 117720 N la verifica a taglio ha questo andamento:



La verifica è stata effettuata con il valore dello sforzo di taglio ammissibile della classe 10.9 che risulta pari a 330 Mpa.

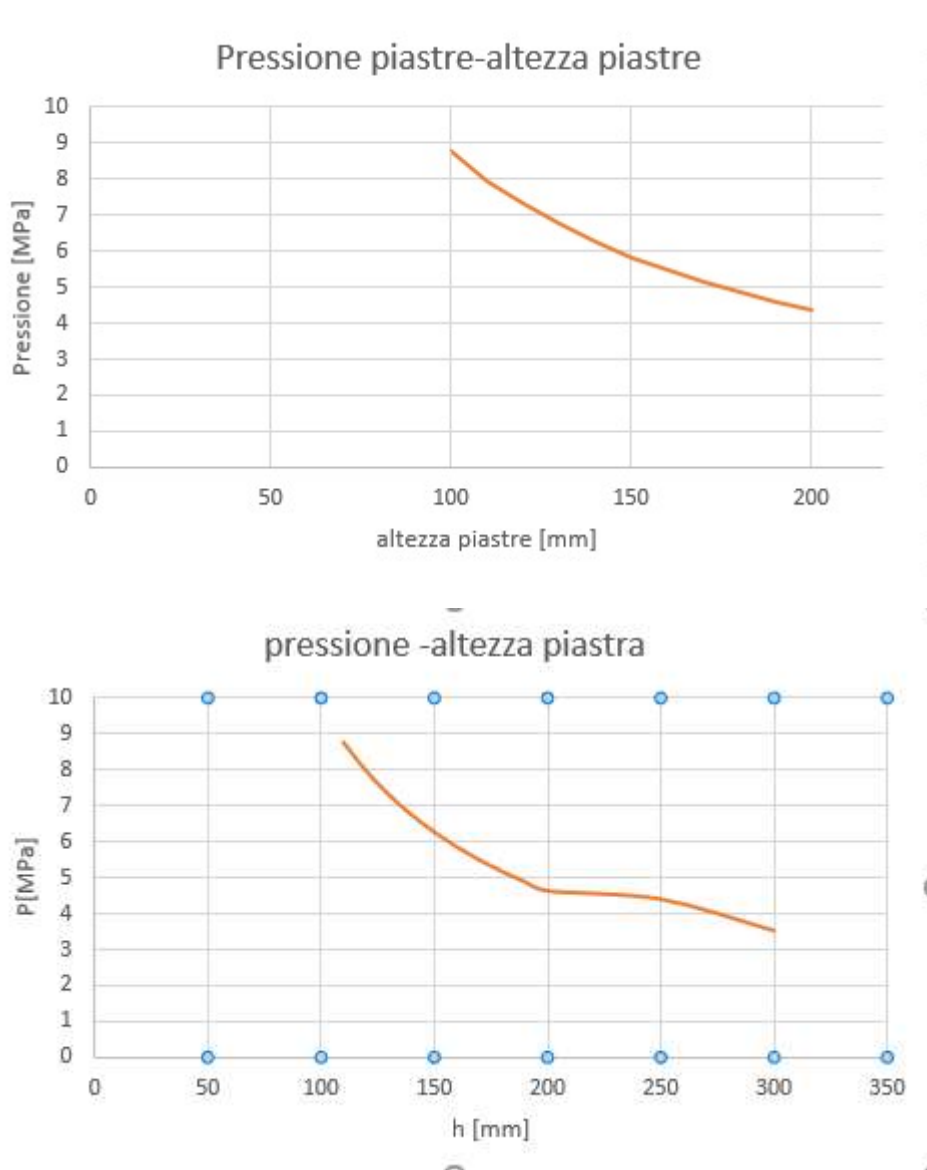
In virtù dell'andamento del coefficiente di attrito si utilizzeranno 6 bulloni che corrispondono ad un coefficiente di sicurezza a taglio pari ad 13,74.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

Adesso si prosegue con la verifica delle piastre di collegamento le quali dovranno avere una geometria simmetrica con un profilo circolare di diametro interno pari a 170 mm, corrispondente al diametro esterno del cilindro da calettare, mentre quello esterno è funzione a sua volta dell'altezza della noce in quanto maggiore è la superficie di contatto e minore risulterà la pressione interna che subiscono le piastre.

Avendo la forza di compressione laterale pari al precarico, dividendo tale forza per l'area di contatto otteniamo la pressione sulle piastre. L'area sarà quella di un cilindro e di conseguenza, avendo il raggio interno imposto dal cilindro, essa è funzione dell'altezza che a sua volta influenza la pressione. Col criterio del Von Mises a pressione interna per cilindri forzati possiamo determinare la geometria della piastra:



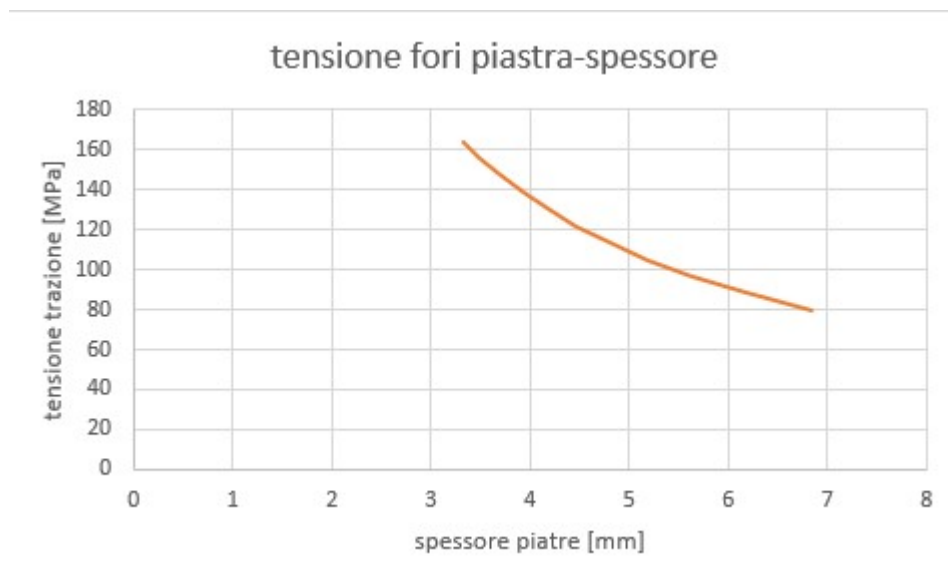


## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

Come si può evincere dai grafici più alta è la noce e minore è la pressione di conseguenza minore sarà lo spessore minimo della piastra. Quest'ultimo è calcolato con un coefficiente di sicurezza pari a 2 sulla tensione ammissibile di un acciaio C40 con cui si realizzeranno le piastre della noce.

La geometria finale prevederà dunque un'altezza delle piastre pari a 30 cm (contro i 44 cm del castelletto ,così da restare all'interno degli spazi di montaggio) e vedrà uno spessore di 3 cm, superiore a quello minimo necessario di circa 2mm, come si evince dai grafici riportati. Tale maggiorazione è necessaria per garantire un'adeguata superficie d'appoggio sulle travi IPE.

Con tali geometrie e numero di viti, la verifica al rifollamento dei fori delle piastre vedrà un coefficiente di sicurezza pari ad 11. L'andamento delle tensioni di trazione sui fori sarà il seguente:

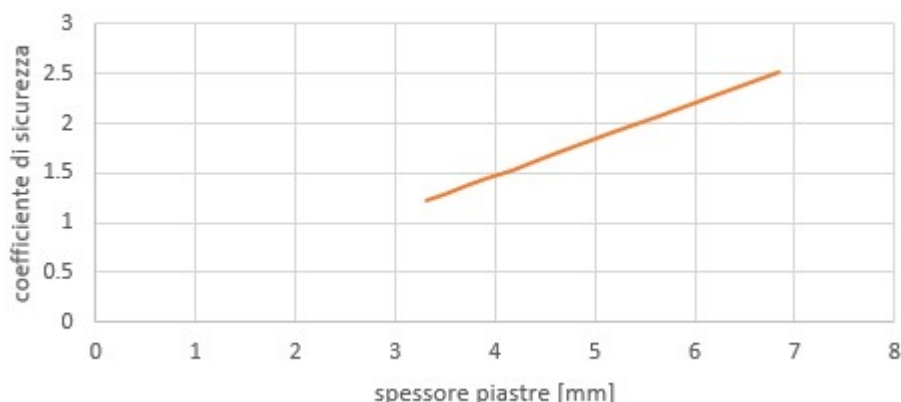


Utilizzando quindi uno spessore di 30 mm le piastre sono in sicurezza.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

## n sicurezza piastre-spessore piastre



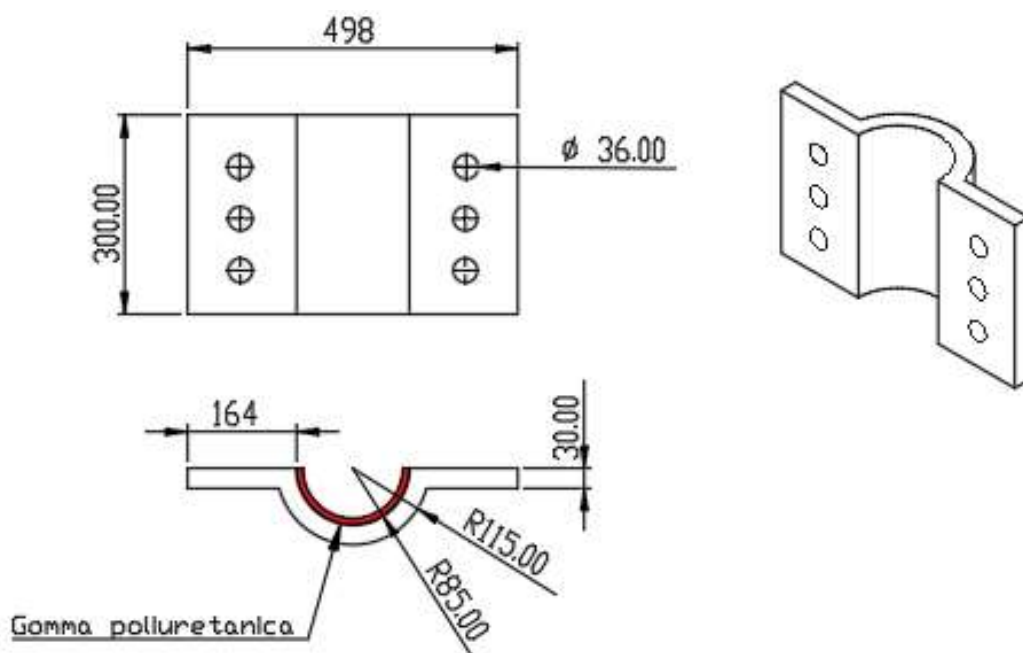
I fori devono vedere materiale attorno ad essi per almeno una distanza pari ad 1,5 volte il diametro delle viti, in modo da scaricare le sovratensioni dovute alla presenza dei fori stessi.

Gli appoggi sono quindi rappresentati dalle travi IPE 100 che sono semplicemente appoggiate con un carico concentrato in mezzeria.

Si verificherà una singola trave che sarà di lunghezza pari a 1.5 m. In queste condizioni si ha un momento flettente massimo in mezzeria pari a 44145 Nm che corrispondono ad una tensione di 12.9 Mpa che darà un elevato coefficiente di sicurezza con un acciaio qualsiasi.

La freccia massima risulterà circa  $1.15 \times 10^{-8}$  mm sulla singola trave.

## Schizzo della singola noce di bloccaggio:







### 2.2.2 REVISIONE PARATOIA DI VALLE

- Revisione del sistema di tenute a baderna a mezzo di rimozione dello strato di ossido creatosi e pulizia dell'interfaccia baderna-stelo per preservarne la durata.
- Sostituzione della baderna.
- Verniciatura in cantiere di tutti gli elementi a vista in carpenteria metallica ivi compreso il cilindro.
- Intervento di sostituzione dello sfiato e delle saracinesche manuali presenti ai lati del castelletto.

### 2.2.3 REVISIONE BY-PASS

Le operazioni di verifica della valvola di apertura del by-pass, nel seguito descritte, sono realizzabili previa verifica della funzionalità della valvola di sezionamento manuale presente a monte della valvola oleodinamica.

Nel dettaglio saranno realizzate le seguenti operazioni:

- Verifica dello stato di ammaloramento delle tubazioni e pezzi speciali tramite spazzolatura a metallo lucido, ispezione visiva ed eventuali operazioni di ripresa con apporti di materiale saldato.
- Nuova fornitura della valvola di valle con comando oleodinamico in sostituzione di quella esistente.
- Verniciatura del nuovo sistema di by-pass.

### 2.2.4 SOSTITUZIONE DELLA CENTRALINA OLEODINAMICA

La centralina oleodinamica sarà dismessa e con le medesime caratteristiche oggetto di nuova fornitura. La realizzazione di tale attività consente di avere una apparecchiatura con una vita nominale maggiore rispetto a quanto realizzabile con la sola manutenzione straordinaria dei componenti.

Il sistema oleodinamico sarà costituito da una centralina oleodinamica in grado di manovrare le quattro paratoie. La centralina dovrà essere ubicata in sommità della torre di accesso dello scarico di alleggerimento, nella camera a quota 70,8 m.s.m .

La centralina dovrà essere provvista di tre fonti di energia indipendenti:

- ☐ alimentazione da rete elettrica;



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

- ☐ alimentazione dal gruppo elettrogeno di emergenza della casa di guardia;
- ☐ gruppo motore termico – pompa di emergenza.

Deve essere inoltre previsto l'azionamento manuale con pompa. Tale azionamento manuale deve essere dimensionato in modo tale da richiedere una potenza continuata minore di 100 Nm/s. Lo sforzo manuale continuato non dovrà eccedere i 150 N per persona e quello di breve durata i 250 N.

La centralina avrà avere i circuiti elettrici ed oleodinamici distinti per ogni organo idraulico da comandare. Essa risulta composta principalmente da:

- ☐ un serbatoio di capacità adeguata in lamiera d'acciaio inox di spessore superiore a 3 mm, con portello d'ispezione e tappo di riempimento a sfiato. Il serbatoio sarà completo di accessori quali: l'indicazione ottica di livello, i controlli di livello e di temperatura dell'olio, resistenza di riscaldamento opportunamente dimensionata, completa di valvole di ritegno, filtri, manometri e quant'altro necessari per un perfetto funzionamento della centralina;
- ☐ 2 elettropompe, ciascuna di potenza pari a 10 kW in grado garantire la manovra di una singola paratoia;
- ☐ 1 motopompa di riserva con alimentazione diesel (P=10 kW) che possa inserirsi al posto di una qualsiasi delle altre eventualmente in avaria;
- ☐ 1 pompa ad azionamento manuale di emergenza;
- ☐ comando di emergenza in assenza di energia elettrica;
- ☐ valvole di massima pressione, di ritegno, di regolazione di portata ecc., e quant'altro necessario a realizzare il comando oleodinamico degli organi;
- ☐ elettrovalvole di comando a solenoide,
- ☐ tubazioni in acciaio inox 304L PN 200 di collegamento con i servomotori oleodinamici;
- ☐ sistema di blocco delle paratoie in apertura;
- ☐ tutte le anomalie e le segnalazioni generali della centralina sono da riportare sui quadri e sul banco di comando;
- ☐ un quadro di comando locale;
- ☐ apparecchiature elettromeccaniche.

L'olio contenuto nella centralina oleodinamica sarà di tipo idoneo a mantenere la viscosità di progetto anche con temperature comprese tra  $-15^{\circ}\text{C}$  e  $+45^{\circ}\text{C}$  e dovrà comunque garantire il regolare funzionamento delle apparecchiature in tali condizioni.



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

Oltre alle attività previste per la sostituzione della centralina oleodinamica si prevede la raccolta e lo stoccaggio dell'olio per le successive operazioni di smaltimento e la fornitura di nuovo olio. La quantità stimata di olio idraulico è di 1500 l.

Saranno altresì realizzate nuove tubazioni di collegamento tra centralina oleodinamica (testa del pozzo paratoia) e attuatori (fondo del pozzo paratoia) e saranno dismesse le tubazioni esistenti. Oltre alla sostituzione della tubazione si realizza anche la posa dei nuovi sistemi di appoggio in materiale plastico, prevenendo il fenomeno di ammaloramento che ha caratterizzato la tubazione esistente.

La posa in opera della nuova tubazione prevede la realizzazione di tutte le operazioni necessarie alla realizzazione secondo le regole dell'arte ivi compresa la verniciatura.

### 2.3 Considerazioni conclusive

In merito alla durata dell'intervento di riparazione in situ dello stelo gli scriventi ritengono di non poter fornire una risposta avvalorata da considerazioni tecniche e dati scientifici dato che non è possibile effettuare analisi specifiche atte ad individuare le reali condizioni dello stelo (qualità della cromatura, difetti di costruzione etc) e le cause che hanno portato al suo ammaloramento.

Tuttavia, considerato che l'attuale ammaloramento dello stelo non si è manifestato improvvisamente, ma si è lentamente evoluto nel corso di circa quarant'anni, senza che, presumibilmente, siano stati eseguiti interventi manutentivi di una certa importanza, è ragionevole pensare che dopo aver effettuato l'intervento di riparazione a regola d'arte e secondo le prescrizioni che saranno riportate nel capitolato speciale di appalto in sede di progettazione esecutiva, visto anche l'esito positivo di interventi simili, la problematica possa non ripresentarsi per tempi ragionevolmente lunghi.

Non si ritiene infatti che possano verificarsi distacchi improvvisi del materiale di apporto e quindi, con ogni probabilità, i trafilamenti avranno un andamento di crescita progressivo nel tempo, fatto comunque inevitabile anche in caso di stelo nuovo.

### 2.4 Cronoprogramma degli interventi

La sequenza delle lavorazioni descritte nei paragrafi precedenti è riportata di seguito in un diagramma di Gantt, utile per esplicitare la sequenza delle lavorazioni prima descritte con la loro relativa durata.



RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

INTERVENTI DI MANUTENZIONE SULLE PARATOIE																																																			
	Officina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
	Cantiere																																																		
Noleggio autogrù																																																			
Noleggio autogrù																																																			
Paratoia di monte																																																			
Fornitura e posa noce di bloccaggio inclusa pulizia	Sistema blocco stelo																																																		
Supporto inferiore temporaneo																																																			
Manovra di sollevamento e messa in appoggio																																																			
Imbracatura cilindro e messa in tiro	Smontaggio camicia cilindro																																																		
Rimozione olio dal cilindro																																																			
Smontaggio bulloni flangia inferiore cilindro																																																			
Sollevamento camicia cilindro ed estrazione pistone																																																			
Verifica cilindro e riverniciatura esterna	Verifica cilindro e preparazione stelo																																																		
Smontaggio del pistone e sostituzione pacco tenute																																																			
Pulizia completa e sgrassaggio dello stelo																																																			
Preparazione delle cavità per il successivo riempimento	Riparazione cavità stelo																																																		
Riempimento delle cavità con apporto di materiale mediante saldatura																																																			
Noleggio apparecchiatura di tornitura in sito																																																			
Installazione successiva (totale n 7-8 volte)																																																			
Lavorazione meccanica con apparecchiatura di tornitura																																																			
Lucidatura a mano dello stelo																																																			
Lubrificazione dei componenti e rimontaggio del cilindro	Riassemblaggio cilindro Collaudo																																																		
Riempimento con olio e rimozione aria																																																			
Verifica e ricondizionamento olio dell'impianto																																																			
Sollevamento noce di blocco																																																			
Pulizia interfaccia baderna-stelo																																																			
Collaudo ed esecuzione manovre di prova																																																			
Paratoia di valle																																																			
Revisione del sistema di tenuta a baderna	Interventi su paratoia di valle																																																		
Altri interventi minori di manutenzione sugli organi accessori																																																			
Verniciatura in cantiere																																																			



INTERVENTI DI MANUTENZIONE SULLE PARATOIE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		Officina	Cantiere	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Sistema oleodinamico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Smontaggio e dismissione vecchio impianto oleodinamico Fornitura e installazione nuova centralina oleodinamica Nuovo piping di collegamento tra centralina e attuatori Messa in funzione del circuito e collaudo impianto	Revisione sistema oleodinamico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										



## RELAZIONE - INTERVENTI DI MANUTENZIONE PARATOIE

### 3 CONCLUSIONI

Le attività sviluppate permettono di superare le problematiche del sistema di movimentazione della paratoia di monte in attesa che sia possibile affrontare la soluzione di ripristino completo della funzionalità dell'intero scarico di fondo.

Pur con le limitazioni in precedenza illustrate, gli interventi progettuali sono finalizzati ad ottenere la miglior affidabilità possibile nelle attività di manutenzione progettate. Per questo, in alternativa al ripristino, si è prevista la completa sostituzione degli apparati del sistema (centrale oleodinamica, tubazioni olio, gruppo by-pass ecc) che non implicano il vuotamento del serbatoio. Per le parti che non è risultato possibile sostituire si sono previsti con grande attenzione gli interventi, sia in situ che in officina, che comunque meglio potessero soddisfare i requisiti di massima affidabilità e durevolezza possibili