



AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume Po



COMUNE DI STAGNO LOMBARDO
Provincia di Cremona

SETTORE POLITICHE ENERGETICHE PATRIMONIO AMBIENTE SERVIZI LAVORI PUBBLICI

Commessa:

CR-E-815 Rifacimento chiavica del Fossadone sull'Argine Maestro sinistro del fiume Po in Comune di Stagno Lombardo (CR) - Cod OPERA 936 - CUP B53H19000290002 - CIG 82186558A7

Livello di progettazione

PROGETTO ESECUTIVO

STRALCIO 1



©I.S.I. Ingegneria e Ambiente
Ing. Gian Lorenzo Bernini - Ing. Rosaria Ragazzini
Via Martiri della Liberazione, 36 - 43126 Vicofertile (PR)
cod.fisc. e P.I. 02577010347
Tel. 0521 941229 - info@isiingegneriaeambiente.it

Progettazione
Ing. Gian Lorenzo Bernini
Ing. Rosaria Ragazzini

Titolo

IMPIANTO DI REGOLAZIONE
Paratoie di regolazione: Specifiche e dimensionamento

Numero

2020-815-CR-SPM4.2

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
04	31.03.2021	Progetto Esecutivo	RR	RR	FA
05	25.05.2021	Validazione	RR	RR	FA

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge, di questo elaborato è vietata la riproduzione e la cessione a terzi senza esplicita autorizzazione

Sommario

1	DESCRIZIONE DELLO SCHEMA STRUTTURALE	2
2	SPECIFICHE TECNICHE.....	3
2.1	GRUPPO DI MANOVRA	3
2.2	MATERIALI	4
2.3	CERTIFICAZIONI E CONTROLLI.....	4
2.3.1.	<i>Processo di fabbricazione carpenterie</i>	5
2.3.2.	<i>Controlli non distruttivi sulle saldature.....</i>	5
2.3.3.	<i>Definizione dei cicli di verniciatura.....</i>	5
2.3.4.	<i>Controllo dei trattamenti superficiali.....</i>	6
2.3.5.	<i>Collaudi</i>	6
3	CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO	7
3.1	Normativa di riferimento	7
3.2	Materiali impiegati.....	7
3.2.1.	<i>Mantello, lamiera e profilati</i>	7
3.2.2.	<i>Unioni saldate</i>	7
3.2.3.	<i>Unioni bullonate</i>	7
3.3	Criteri di verifica	7
3.3.1.	<i>Sollecitazioni sullo scudo.....</i>	7
3.3.2.	<i>Verifica a flessione dei profilati</i>	8
3.3.3.	<i>Verifica a flessione del mantello.....</i>	8
3.3.4.	<i>Carichi verticali e coppie sugli organi di movimentazione.....</i>	9
3.3.5.	<i>Perni di collegamento</i>	9
3.3.6.	<i>Riduttori di giri</i>	9
3.3.7.	<i>Dimensionamento dell'attuatore elettrico</i>	10
3.3.8.	<i>Coppia di manovra.....</i>	10
3.3.9.	<i>Tempo di manovra</i>	10

1 DESCRIZIONE DELLO SCHEMA STRUTTURALE

Le paratoie oggetto della presente relazione servono da compartimentazione idraulica di continuità dell'Argine Maestro di Po in corrispondenza del recapito del Fossadone. Il sistema consente la definizione di uno sbarramento, organizzato su tre luci a 2ml di ampiezza netta, tale da consentire il contenimento di un livello idrometrico di Po pari alla altezza di massima piena PAI Tr200, fissata in sito alla quota di +38.17m.s.l.m.

La soglia di fondo è posta a quota +31.20m.s.l.m. (ossia pari alla quota di estradosso platea) e l'altezza dello scudo risulta pertanto essere pari a 7.6ml.

Il nuovo manufatto chiavicale presenta un solo ordine di paratoie organizzate su tre luci e considera come ulteriore sbarramento di sicurezza quanto già in opera nel manufatto chiavicale esistente, di pari geometria ed allineamento con le luci di progetto.

La movimentazione delle tre paratoie avverrà tramite un meccanismo elettromeccanico composto da un attuatore elettrico agenti su riduttori e vitoni di trasmissione, collegati al diaframma superiore.

Le tre paratoie avranno le seguenti caratteristiche geometriche e di carico:

- ⇒ larghezza nominale della paratoia: $L = 2,00 \text{ m}$
- ⇒ altezza nominale della paratoia: $H = 7,60 \text{ m}$
- ⇒ massimo battente idraulico a monte: $Y_{up} = 5,00 \text{ m}$
- ⇒ minimo battente idraulico a valle: $Y_{dw} = 9,00 \text{ m}$
- ⇒ Carico idrostatico max: $\Delta H = 9,00 \text{ m}$
- ⇒ Corsa utile : $H_u = 4\text{m}$
- ⇒ Tenuta perimetrale sui tre lati
- ⇒ movimentazione: elettromeccanica

Lo scudo delle singole paratoie è considerato essere formato da elementi modulari stimati nel numero di 5 ma che potranno essere adattati dalla ditta fornitrice in funzione della propria tecnologia costruttiva.

La tenuta idraulica verrà ottenuta con l'adozione di una serie di guarnizioni tra i moduli inferiore ed il gargame, nonché tra i moduli superiore e l'inferiore; i moduli saranno anche dotati di pattini di strisciamento in bronzo nella parte frontale, sui quali grava l'intero carico idraulico, ed in teflon (o polizene) sui lati.

Tutti i pattini dovranno essere intercambiabili nelle future manutenzioni.

Si rimanda per maggiori dettagli all'elaborato grafico "SPM4.1- Paratoie di regolazione: Tavola grafica" per maggiori dettagli, precisando che in fase costruttiva tutte le dimensioni e posizioni andranno accuratamente verificate in sito a cura ed onere della Impresa appaltatrice. Gli elaborati grafici costruttivi delle carpenterie metalliche e delle gargamature, della soglia e dei dispositivi di tenuta saranno a carico della Impresa appaltatrice.

2 SPECIFICHE TECNICHE

Paratoia di luce netta 7600x2000mm, in acciaio comune al carbonio S355JR e acciaio inox AISI 304 e costituita da:

- Gargami di guida di profilo pressopiegato in lamiera di acciaio inox AISI 304 spessore 10mm, con zanche per fissaggio alla struttura di getto di prima fase;
- Soglia di fondo in profilo pressopiegato di battuta paratoia in acciaio inox AISI 304;
- Travi di alloggiamento gruppo manovra in profili commerciali S355JR con trattamento di verniciatura epossidica;
- Scudo in lamiera spessore 10mm con travatura di rinforzo orizzontale e verticale in acciaio S355JR e dimensionato per sostenere la spinta idraulica di lato fiume 9m.s.l.m. contro mt 5 m.s.l.m. lato monte, completo di trattamento di verniciatura epossidica;
- Scorrimento con ruote (minimo n. 8) su perni in acciaio inox AISI 304;
- Tenute su 3 lati in gomma EPDM a sezione nota musicale e piana di durezza 60-70SH, fissata allo scudo con piatti in acciaio inox AISI 304 e viteria in acciaio inox A2;
- Gruppo manovra motorizzato a 2 viti non salienti
- Bulloneria di assemblaggio per parti sommerse in acciaio inox AISI 304, per il rimanente in CL 8.8 zincato;
- Carpenteria antinfortunistica;
- Prove e aggiustaggi per dare l'opera finita a regola d'arte;
- Progettazione, realizzazione e documentazione in classe di costruzione EXC2.

2.1 GRUPPO DI MANOVRA

Il **gruppo di manovra** sarà completo di supporto, piastre di attacco al riduttore e albero di trasmissione, costituito da:

- n. 1 attuatore
- n. 1 riduttore con gruppo reggispira speciale,
- n. 2 viti diam. 70x16 TPG (1Sx + 1Dx) – mat. UNI C45, compresa prolunga e rompi tratta idoneo ad evitare le flessioni per carico di punta (presidio di sicurezza)
- n. 2 chioccioline in bronzo all'alluminio, diam. 118x120 lg. Filettate 80
- n. 2 piastre d'attacco riduttori al gargame paratoia,
- n. 2 giunti elastici GR3 completi di flangia A e B per albero di collegamento;

L'**Attuatore elettrico** avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

- ⇒ Motore elettrico trifase a gabbia di scoiattolo; isolamento in Classe "F"; completo di protezione termostatica incorporata realizzata a mezzo di n. 3 pastiglie bimetalliche, in serie tra loro con i terminali riportati a morsettiera
- ⇒ Velocità di rotazione n°80 giri / min
- ⇒ Coppia regolabile da 300 a 1000 N/m
- ⇒ Contagiri di manovra con campo 15/1450 giri / ora
- ⇒ Potenza nominale ~ 8.5KW (circa)
- ⇒ Potenza installata ~ 27.50 KW (circa)
- ⇒ Corrente nominale ~ 18.7 A
- ⇒ Corrente di spunto ~ 112 A
- ⇒ Comando manuale di emergenza a volantino con pulsante di innesto e dispositivo automatico di disinneamento
- ⇒ N. 1 interruttore lampeggiante blinker
- ⇒ N. 2 interruttori di fine corsa (1 in apertura e 1 in chiusura) con contatti NA+NC
- ⇒ N. 2 limitatori di coppia (1 in apertura e 1 in chiusura) con contatti NA+NC
- ⇒ Resistenza anticondensa (5-20 watt) da alimentare esternamente (110-250 V)

L'Attuatore multigiro dovrà essere idoneo per servizi on/off e regolazione grossolana fino a 60 partenze/ora, classe S2.

Alimentazione del motore a 400V-50Hz, trifase, isolamento in classe F, rating 15 minuti. Sarà presente Protezione termostatica negli avvolgimenti. Sarà inserito un volantino di manovra manuale con leva d'innesto ed ingranaggi interni totalmente indipendenti dal motore. La coppia sarà regolabile dal 40 al 100% della massima nominale.

Gruppo fine corsa digitale sarà composto da encoder assoluto per lettura continua della corsa e sensore di coppia.

Sarà predisposta una presa multi connettore tipo "Plug & Socket" per il collegamento dei cavi in accordo allo schema di cablaggio con n°3 ingressi per cavi metrici (1xM32, 1xM25, 1xM20).

La temperatura ambiente di funzionamento sarà compresa da -30° a +70°C.

La temperatura ambiente di stoccaggio sarà compresa da -40° a +80°C.

Il Grado di protezione meccanica sarà IP68 in accordo a EN60529.

Il Ciclo di verniciatura sarà in accordo allo standard Centork, colore finale RAL a discrezione della SA.

Sarà prevista una resistenza anticondensa da alimentare esternamente a 22Vca, 110Vca o 24Vcc a richiesta della SA.

Unità di controllo sarà completa di:

- pulsantiera locale con selettore Locale/Spento/Remoto lucchettabile in tutte le posizioni e comando Apri/Chiudi.
- Lo stesso gruppo di selettori saranno anche usati per le operazioni non-intrusive di taratura e configurazione
- Display a cristalli liquidi per indicazione locale di stato
- n°2 contattori per inversione senso di marcia interbloccati elettricamente e meccanicamente
- n°6 ingressi isolati galvanicamente per comandi di: apertura, chiusura, stop, ESD, segnali d'interblocco
- n°4 uscite libere da tensione isolate galvanicamente e relè di monitoraggio, rating 250Vca / 24Vcc, 5°
- alimentazione ausiliaria 24Vxx + 20%, 5W
- sincronizzatore di fase
- scheda data logger
- Trasmettitore di posizione a distanza, segnale in uscita 4-20 mA (carico ammesso 0-500 Ohm)
- Alimentazione 24V c.c., inclusa nell'attuatore
- Selettore di posizione LOCALE-FERMO-REMOTO (bloccabile in tutte e tre le posizioni)
- Pulsanti APRI-STOP-CHIUSI

2.2 MATERIALI

- ✓ Acciaio inox AISI 304: bulloneria, piatti di compressione guarnizione
- ✓ Acciaio S 355 JR EN 10025: diaframma, portale, gargami, copri steli
- ✓ Bronzo B12: pattini d'usura frontali
- ✓ Teflon o polizene: pattini di scorrimento laterali
- ✓ Acciaio C45: vitoni di movimentazione
- ✓ Trattamento protettivo superficiale tramite:
- ✓ Sabbatura SA 2 1/2
- ✓ Applicazione primer zincante per uno spessore medio del film secco di 70 micron
- ✓ Applicazione di n. 3 mani di pittura epossidica per uno spessore medio del film secco di 300 micron; tonalità di finitura a discrezione della DD.LL.

L'ancoraggio alle opere di cemento armato avverrà tramite getti di seconda fase con l'impiego di malte antiritiro.

I materiali strutturali costituenti la fornitura saranno accompagnati da certificato 3.1 + CE o dichiarazione di conformità rilasciata dal Produttore

2.3 CERTIFICAZIONI E CONTROLLI

La fornitura dovrà essere completa dei seguenti documenti tecnici:

- ✓ Relazione di calcolo dettagliata
- ✓ Controllo visivo sul 100% delle saldature e del controllo con liquidi penetranti sul 20% delle saldature

- ✓ Dichiarazione di Conformità CE ai sensi della Direttiva Macchine 2006/42/CE
- ✓ Dichiarazione di Conformità CE in accordo con la Norma EN 1090-1
- ✓ Targatura CE della paratoia ai sensi della Direttiva Macchine 2006/42/CE e della Norma EN 1090-1
- ✓ Fornitura delle certificazioni 3.1 dei materiali utilizzati per la costruzione della paratoia
- ✓ Fornitura delle abilitazioni dei saldatori impiegati nella realizzazione delle strutture
- ✓ Fornitura delle certificazioni dei materiali di apporto e del gas di saldatura
- ✓ Esecuzione delle verifiche degli spessori minimi del rivestimento protettivo, con l'utilizzo di strumento certificato

2.3.1. Processo di fabbricazione carpenterie

Il processo di fabbricazione delle carpenterie prevede la prefabbricazione completa in stabilimento (compatibilmente con le dimensioni trasportabili) di tutte le carpenterie metalliche.

Tutte le carpenterie saranno costruite mediante il medesimo processo che prevede le seguenti fasi:

- Taglio a misura dei vari componenti (profilati e lamiere) in accordo con i disegni costruttivi;
- Assemblaggio dei componenti per la costruzione degli assiemi;
- Saldatura dei componenti assemblati;
- Trattamenti superficiali;
- Trasporto;
- Montaggio.

Tutte le fasi saranno assoggettate ai controlli dettagliati sui piani di controllo qualità secondo quanto previsto dalle procedure del Costruttore. In particolare:

1. I controlli operativi eseguiti durante le lavorazioni di taglio e assemblaggio delle carpenterie (prettamente di tipo dimensionale) verranno eseguiti dagli operatori subito dopo lo stoccaggio della materia prima tagliata con supervisione del responsabile di produzione ed in conformità alle specifiche richieste.
2. I riscontri saranno riportati nel Piano di Lavorazione e Controllo del Costruttore, comunicati alla SA prima di avviare la produzione dei pezzi
3. I controlli operativi eseguiti durante le lavorazioni di preparazione e saldatura e al termine di tale fase verranno eseguiti secondo quanto previsto nella procedura di controllo aziendale che verrà comunicata alla SA.
4. I controlli operativi eseguiti dopo la zincatura verranno eseguiti secondo quanto previsto nel piano di controllo di prodotto condiviso con la SA

Le strutture e le carpenterie prodotte verranno identificate mediante targhe poste in posizione ben visibile (in accordo con le normative applicabili per quanto riguarda i prodotti da costruzione) e in modo da facilitare le successive operazioni di carico, scarico ed installazione. Il materiale verrà preparato per la spedizione (imballaggio, preparazione su pallet, protezione su parti lavorate) e stoccato in un'area aziendale ben definita.

2.3.2. Controlli non distruttivi sulle saldature

Tutte le saldature saranno realizzate come specificato nei disegni esecutivi/costruttivi di officina approvati.

Saranno eseguiti: controlli visivi ed ultrasuoni con accettabilità secondo quanto previsto dalle norme di riferimento.

I difetti giudicati inaccettabili a seguito dei controlli dovranno essere eliminati, le parti difettose delle saldature dovranno essere rimosse esclusivamente mediante lavorazione meccanica a freddo fino a raggiungere il materiale sano.

Tutti i controlli eseguiti in officina e in opera saranno registrati e documentati

Prima dei trattamenti superficiali sarà eseguito un controllo dimensionale finale con notifica al cliente.

2.3.3. Definizione dei cicli di verniciatura

In considerazione del servizio previsto per le strutture e della classe (ISO 12944-2 – Classificazione degli ambienti) di corrosività sono state identificate:

- Strutture immerse (ante porte vinciane e lenti paratoie) classificate come superfici immerse in acqua dolce, salmastra o di mare, TIPO IM2;
- Strutture non immerse (traverse porta-meccanismi) classificate come superfici esposte in atmosfera TIPO C-4

Tutte le superfici verranno trattate con cicli di verniciatura a durabilità H (> 15 anni) secondo ISO 12944 o Norsok M-501:
Di seguito si riportano i cicli:

CICLO DI LAVORAZIONE: zone immerse secondo Norsok M-501

- System 7 durabilità **H (> 15 anni)**, su materiale grezzo in accordo ad ISO 12944-9
- Sabbiatura Sa secondo ISO 8501-1;
- Applicazione di INTERSEAL 670 HS GRAY, per 175µm;
- Applicazione di INTERSEAL 670 HS RAL a scelta SA, per 175µm:
- **Tot. DFT 350 µm**

CICLO DI LAVORAZIONE: zone emerse

- su materiale zincato a caldo, secondo ISO 12944 ambiente C4 durabilità **H (> 15 anni)**
- Sweep blast;
- Applicazione di INTERCURE 420, per 100µm;
- Applicazione di INTERTHANE 990 RAL a scelta SA, per 60µm:
- **Tot. DFT 160 µm su zincatura a caldo.**
- I cicli sono stati scelti anche in base alla tinta richiesta che è RAL a scelta SA su tutte le superfici.

2.3.4. Controllo dei trattamenti superficiali

Per il controllo della zincatura a caldo sarà allegato il certificato di conformità della zincheria (dove applicabile).

Per il controllo della verniciatura sarà eseguito il controllo degli spessori al fine di verificare la corrispondenza degli stessi con quelli richiesti dalla specifica.

2.3.5. Collaudi

Una volta installate le opere, prima di procedere con il normale utilizzo delle strutture, si dovrà procedere al collaudo concordato con la SA

3 CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO

3.1 Normativa di riferimento

L'elaborazione è stata sviluppata nell'osservanza della vigente normativa tecnica, con riferimento a:

- Norma DIN 19704/76 "Hydraulic steel structures"

Per le caratteristiche dei materiali si è inoltre consultata la:

- UNI ENV 1993 – 1 – 1 (Eurocodice 3)

3.2 Materiali impiegati

3.2.1. Mantello, lamiere e profilati

Acciaio inox S355JR

Carico unitario minimo di rottura	$R_m = 5100 \text{ daN/cm}^2$
Carico unitario di snervamento	$R_{p,0.2} = 3550 \text{ daN/cm}^2$
Tensione ammissibile	$\sigma_{am} = 2100 \text{ daN/cm}^2$
Tensione di taglio ammissibile	$\tau_{am} = 1212 \text{ daN/cm}^2$
Modulo di elasticità	$E = 200000 \text{ daN/cm}^2$

3.2.2. Unioni saldate

Saldatura continua o a tratti a filo conforme EN ISO 14343-AENV 1993-1-1

3.2.3. Unioni bullonate

Bulloni inox A4 conformi alla ISO 3506:

Classe A2 -70

Carico unitario minimo di rottura	$R_m = 7000 \text{ daN/cm}^2$
Carico unitario di snervamento	$R_{p,0.2} = 4500 \text{ daN/cm}^2$
Tensione ammissibile	$\sigma_{am} = 3000 \text{ daN/cm}^2$
Tensione di taglio ammissibile	$\tau_{am} = 2120 \text{ daN/cm}^2$

3.3 Criteri di verifica

Nella presente relazione, viene eseguito un Calcolo di Verifica Statica in condizioni di massima sollecitazione in termini di carico idraulico. In considerazione di quanto esposto, per il calcolo si assume un dislivello idraulico di 9,00 m.

Saranno verificati, quindi:

- La massima sollecitazione sui profili orizzontali di rinforzo
- La massima sollecitazione sul mantello dei moduli dello scudo
- Il massimo carico verticale gravante sugli organi di movimentazione
- La massima coppia ed i tempi di manovra richiesti dall'attuatore elettrico

3.3.1. Sollecitazioni sullo scudo

Lo scudo della paratoia è costituito da un telaio in profilati commerciali UPN200, mantello in lamiera spessore 10mm, travi laterali in profilati commerciali UPN200, attacchi laterali per le aste di manovra, guarnizioni di tenuta perimetrali.

Per lo stato di sollecitazione longitudinale la struttura è soggetta ad una sollecitazione di flessione, con momento flettente "M" indotto dal carico idrostatico, che genera tensioni normali con direzione parallela all'asse dei profilati costituenti il telaio della porta. Il momento flettente "M" è progressivamente decrescente a partire dalla estremità inferiore della paratoia, in funzione dell'andamento del carico idrostatico esterno.

Poiché la struttura principale è formata dai soli profilati costituenti il telaio, assume rigidità molto limitata nella direzione ortogonale alle travi di irrigidimento, quindi per il calcolo delle tensioni massime per lo stato di sollecitazione longitudinale è lecito calcolare singolarmente le caratteristiche di sollecitazione (momento flettente M) per i singoli profilati orizzontali, trascurando l'effetto del profilato verticale centrale.

Nel dettaglio la spinta sul diaframma è la risultante dell'azione del carico idraulico sulla superficie "bagnata" del diaframma stesso:

$$S_{max} = 1.000 \text{ daN/m}^3 \times 2\text{m} \times 9\text{m} \times 9\text{m} \times 0,5 = 81.000 \text{ daN}$$

3.3.2. Verifica a flessione dei profilati

I profilati utilizzati per la struttura portante dello scudo sono del tipo commerciale UPN200, posti ad interasse di 330mm, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Modulo di resistenza elastico $W = 191 \text{ cm}^3$
- Momento d'inerzia elastico $I = 1.910 \text{ cm}^4$

Detti profili sono suddivisi sull'altezza del diaframma in modo da suddividere il carico idraulico in maniera uniforme su ciascuno di essi; risulterà, quindi, un interasse tra profili leggermente crescente man mano che ci si sposta verso la parte alta del diaframma.

Complessivamente la struttura dei due diaframmi si compone di n.8 profili, più uno aggiuntivo (che non compare nei calcoli seguenti) nella parte superiore, ed uno aggiuntivo in corrispondenza della tenuta tra i due diaframmi con paratoia completamente sollevata.

La verifica dei profili avviene assumendo, cautelativamente:

- lo schema statico della trave appoggiata alle estremità e soggetta ad un carico uniformemente distribuito
- trascurabile il contributo della lamiera costituente il mantello, anche se collaborante con la trave
- trascurabile il contributo dei profili verticali di irrigidimento che rendono tutte le travi ed il mantello collaboranti

In considerazione delle predette assunzioni di carico si ricava una sollecitazione flettente ed una freccia massime di:

$$S_{max \text{ UPN200-1}} = 1.000 \text{ daN/m}^3 \times 9.00\text{m} \times 0.33\text{m} \times 0.5 = 1.485 \text{ daN/m}$$

$$M_{max} = 1.485 \text{ daN/m} \times 2\text{m} \times 2\text{m} / 8 = 742,5 \text{ daNm} = 74.250 \text{ daNcm}$$

$$\sigma_{max} = 74.250 \text{ daNcm} / 191 \text{ cm}^3 = 389 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{am}$$

$$f_m = 5 / 384 \text{ ql}^4 / EI = (5/384) \times 14.85 \text{ daN/cm} \times (200^4 \text{ cm}^4) / (200.000 \text{ daN/cm}^2 \times 1.910 \text{ cm}^4) = 0.81 \text{ cm (pari a circa lo 0,40\% della luce dello scudo riferita all'UPN ubicato in corrispondenza della soglia)}$$

$$S_{max \text{ UPN200-2}} = 1.000 \text{ daN/m}^3 \times 8.7\text{m} \times 0.33\text{m} = 2.871 \text{ daN/m}$$

$$M_{max} = 2.871 \text{ daN/m} \times 2\text{m} \times 2\text{m} / 8 = 1.435 \text{ daNm} = 143.500 \text{ daNcm}$$

$$\sigma_{max} = 143.500 \text{ daNcm} / 191 \text{ cm}^3 = 751 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{am}$$

$$f_m = 5 / 384 \text{ ql}^4 / EI = (5/384) \times 28.71 \text{ daN/cm} \times (200^4 \text{ cm}^4) / (200.000 \text{ daN/cm}^2 \times 1.910 \text{ cm}^4) = 1.56 \text{ cm (pari a circa lo 0,78\% della luce dello scudo riferita all'UPN ubicato in corrispondenza al successivo di soglia)}.$$

3.3.3. Verifica a flessione del mantello

Il mantello della struttura è essenzialmente una lamiera spessore 10 mm saldata alle travi di cui sopra ed ulteriormente rinforzata con piatti verticali atti a irrigidire il mantello stesso. La verifica viene prodotta su una porzione di mantello scelta come quella a maggiore superficie sottoposta alla maggiore pressione idrostatica.

Si assume, quindi, una superficie di 330x2000 mm, su cui grava una pressione idrostatica media di 9 m d'acqua. La porzione di lamiera si può ricondurre ad una configurazione di trave rettangolare incastrata alle estremità cui le massime sollecitazione di flessione in asse sono pari a:

$b = \text{lato lungo lastra} = 200\text{cm}$

$a = \text{lato corto lastra} = 33\text{cm}$

$b/a = C_r = 6 > 2$

$q = \text{pressione sulla lastra} = 9000 \text{ daN/m}^2$

$M_{\max} = 9000 \text{ daN/m}^2 \times 0.33\text{m} \times 0.33\text{m} \times 2\text{m} / 8 = 245 \text{ daNm} = 24.500 \text{ daNcm}$

$W = 200\text{cm} \times 1^2\text{cm}^2 / 6 = 33 \text{ cm}^3$

$\sigma_{\max} = 24.500\text{daNcm} / 33\text{cm}^3 = 742 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{\text{am}}$

3.3.4. Carichi verticali e coppie sugli organi di movimentazione

La movimentazione del diaframma avviene tramite coppia di vitoni con passo trapezoidale TPG 70x16, collegati al diaframma tramite perni da 30mm di diametro. In corrispondenza del portale, una coppia di riduttori sostiene il carico e trasmette il moto saliente ai vitoni. Il carico verticale da movimentare si assume come somma tra il peso proprio della struttura e della componente di attrito dovuto, nel caso peggiore, alla compresenza dell'attrito volvente sulle ruote ed allo strisciamento della guarnizione sul gargame con paratoia chiusa

I carichi propri della struttura sono costituiti dal peso del diaframma (5.000 kg) e dal peso dei vitoni (1.000 kg).

La valutazione del contributo dell'attrito della guarnizione sul gargame si ottiene considerando, nell'ordine:

- ⇒ Lo sviluppo longitudinale della guarnizione
- ⇒ La pressione idrostatica massima esercitata
- ⇒ La larghezza della guarnizione a contatto con il gargame ipotizzata pari a 10cm
- ⇒ Il coefficiente di attrito, assunto ad un valore di 0,9

$R_t = (7,6 + 2,4 + 7,6)\text{m} \times 0,1\text{m} \times 9000 \text{ daN/m}^2 \times 0,9 \times 0,5 = 7.130 \text{ kg}$

Complessivamente risulta un carico verticale complessivo

$P = 5.000 + 1.000 + 7.130 = 13.130 \text{ daN}$

3.3.5. Perna di collegamento

Sono realizzati in acciaio inox AISI420B e sono soggetti ad una sollecitazione di taglio pari a

$\tau = 13.130 \text{ daN} \times 0.5 / (\pi \times 3\text{cm}^2 / 4) = 929 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{\text{amm}}$

3.3.6. Riduttori di giri

Per la costruzione si adotteranno dei riduttori commerciali, che presentino le caratteristiche sotto riportate:

- coppia ammissibile in uscita: $T_{\text{OUTamm}} = 300 \text{ daN m}$
- carico verticale ammissibile: $R = 15.000 \text{ daN} > 13.130 \text{ daN}$
- rapporto di riduzione: $4,0 : 1$
- rapporto tra coppie(+/-10%): $3,4 : 1$

E' immediatamente verificata la condizione di sostegno del massimo carico verticale.

La coppia necessaria al sollevamento è funzione della geometria del vitone e del carico da sollevare, ottenibile nel seguente modo. Si determina l'angolo α di inclinazione dei filetti dei vitoni come

$\alpha = \arctg (14 / (\pi \times (60 + 45) / 2)) = 4,85^\circ$

E si identifica un rendimento nell'accoppiamento vite – madrevite come di seguito riportato

$\mu = (1 - 0,2 \text{ tg } \alpha) / (1 + 0,2 / \text{tg } \alpha) = 0,29$

Ed una coppia agente sulla vite di

$T_{\text{OUT}} = 13.130\text{daN} \times p / (2\pi \times \mu) = 131.300\text{N} \times 0.004 \times 3.14 \times 2 \times 0.29 = 95.6 \text{ daNm} < 300 \text{ daN m}$

Si omette la verifica a flessione/taglio del portale superiore, avendo adottato un profilo di dimensioni rilevanti rispetto all'effettiva sollecitazione a cui viene sottoposto, essendo i riduttori in posizione molto prossima ai punti di appoggio della trave

3.3.7. Dimensionamento dell'attuatore elettrico

La paratoia viene movimentata tramite un attuatore elettrico, collegato al rinvio centrale, da cui si dipartono due alberi di collegamento simmetrici, sino ad azionare i riduttori laterali ed i vitoni. Per la manovra si è scelto un riduttore avente:

- ⇒ coppia massima 350 Nm
- ⇒ fattore di servizio S2 – 15 min
- ⇒ velocità di rotazione 101,4 rpm

La verifica dell'attuatore si traduce in verifica della coppia di manovra necessaria e verifica del tempo per la manovra complessiva.

3.3.8. Coppia di manovra

Dalle verifiche di cui al precedente paragrafo, si evince una coppia massima richiesta per la rotazione del vitone di 95,6 daNm. Il riduttore possiede un rapporto minimo tra coppia in ingresso e uscita di 3,06 : 1, da cui si evince una coppia richiesta dall'attuatore di

$$T_{IN} = 95,6 \text{ daNm} / 3,06 = 31,24 \text{ daNm} = 315 \text{ Nm}$$

3.3.9. Tempo di manovra

In considerazione della velocità di rotazione dell'attuatore ($v_{in} = 101,4 \text{ rpm}$), si ricavano la velocità in uscita dal riduttore (velocità della madrevite della bronzina)

$$v_{out} = 101,4 \text{ rpm} / 4,0 = 25,35 \text{ rpm}$$

la velocità di traslazione verticale dei vitoni (quindi del diaframma)

$$v_{diaf} = 25,35 \text{ rpm} \times 14 \text{ mm} = 355 \text{ mm/min}$$

ed un corrispondente tempo di manovra

$$t_{man} = 4000 \text{ mm} / 355 \text{ mm/min} = 11.26 \text{ min}$$

La presente relazione propone un dimensionamento degli elementi di carpenteria e delle parti meccaniche della paratoia in considerazione delle sue condizioni di lavoro presso l'impianto chiavicale. L'impresa esecutrice dovrà sviluppare gli elaborati tecnici costruttivi adattando le specifiche indicare in relazione con lo specifico prodotto commerciale proposto.