

# CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

## PROGETTO ESECUTIVO

01	07/2020	Revisione per osservazioni DGD e validazione	TRESSO	BERTERO	BERTERO
00	07/2019	Prima emissione	TRESSO	BERTERO	BERTERO
REV.	DATA	MODIFICHE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZ.

## IMPIANTI Elettromeccanici APPARECCHIATURE Elettromeccaniche MANUFATTO C RELAZIONE

### ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL R.U.P.:

 Dott. Ing. Mirella Vergnani  
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista responsabile integrazioni  
 prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico  
 della mandataria.  
 Hydrodata S.p.A.  
 Ord. Ing. Torino N°7570L  
 Dott. Ing. Roberto Bertero  
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista/Progettisti responsabili elaborato  
 Hydrodata S.p.A.  
 Ord. Ing. Torino N°7570L

 Dott. Ing. Roberto Bertero  
 (documento firmato digitalmente)


CODICE ELABORATO:

B	A	G	3	1	2	I	M	P	R	R	E	0	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

 LUGLIO  
 2020

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO .....	3
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	3
1.3 SEZIONE TIPO DEL MANUFATTO E POSIZIONE DELLE PARATOIE .....	4
<b>2. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE PARATOIE .....</b>	<b>6</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>4. DESCRIZIONE DELLE PARATOIE E DEI DETTAGLI ESECUTIVI .....</b>	<b>7</b>
<b>5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE PARATOIE .....</b>	<b>12</b>
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>13</b>
6.1 AZIONI A SLU – MASSIMO INVASO .....	14
6.2 AZIONI A SLU – MASSIMA REGOLAZIONE .....	15
6.3 AZIONI A SLV .....	16
6.4 AZIONI A SLD .....	17
<b>7. VERIFICA DELLA STRUTTURA PRINCIPALE .....</b>	<b>18</b>
7.1 VERIFICA DELLE TRAVI ORIZZONTALI .....	18
<b>8. FORZE DI MANOVRA .....</b>	<b>24</b>
8.1 ATTRITO DEI PERNI DI ROTAZIONE .....	24
8.2 ATTRITO VOLVENTE .....	24
8.3 ATTRITO DELLE GUARNIZIONI DI TENUTA .....	24
8.4 SPINTA IDRAULICA VERTICALE .....	25
8.5 PESO DELLA PARATOIA .....	25
8.6 FORZA MASSIMA IN APERTURA .....	25
8.7 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN APERTURA .....	26
8.8 FORZA MASSIMA IN CHIUSURA .....	26
8.9 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN CHIUSURA .....	26
<b>9. MECCANISMO DI MANOVRA .....</b>	<b>26</b>
9.1 ANALISI “CARICO DI PUNTA” STELO CILINDRO OLEODINAMICO .....	27
<b>10. GRUPPO “RUOTE DI SCORRIMENTO” .....</b>	<b>29</b>
10.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO .....	29

10.2	CARICHI SULLE RUOTE.....	29
<b>11.</b>	<b>CENTRALINA DI COMANDO .....</b>	<b>30</b>
11.1	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA CENTRALINA .....	30
11.2	DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI ACCUMULATORI .....	31
11.3	DESCRIZIONE DELLA CENTRALINA OLEODINAMICA.....	33
<b>12.</b>	<b>ACCETTABILITA' DEI RISULTATI DEL MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO .....</b>	<b>36</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo del sistema di paratoie del manufatto C è redatta a supporto della progettazione esecutiva della Cassa di Espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma.

### 1.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il manufatto C costituisce l'opera di svuotamento del comparto 2 e il relativo scarico di emergenza; esso è dotato di sfioratore con geometria in pianta ad "U" (ferro di cavallo), con ciglio di sfioro a quota 142.00 m s.l.m.; il fondo del canale di raccolta delle acque ha quota decrescente verso valle da 132,57 m s.m. a 126,70 all'immissione nella vasca di dissipazione. I due scarichi di fondo, posti alla base delle luci di sfioro laterali, sono costituiti da tombini a sezione quadrata con sezione netta interna 3,0 x 3,0 m, presidiati da paratoie piane ad azionamento oleomeccanico (centrale + cilindri) e relativi comandi di manovra e controllo.

Il manufatto "C" in condizioni normali si presenta con le 2 paratoie degli scarichi di fondo in condizione "Aperta". Durante l'evento di piena, al fine di mettere in funzione la cassa di espansione, sarà necessario chiudere completamente le 2 paratoie, che successivamente verranno aperte, al termine dell'evento, per scaricare le acque del comparto 2 nell'alveo del torrente Baganza.

Ogni paratoia sarà in grado di aprire e chiudere completamente la luce di passaggio nelle condizioni di massimo carico idraulico considerato (evento di piena + azione sismica) e di aprire nelle stesse condizioni.

### 1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nell'ambito della progettazione strutturale delle paratoie per sistemi di ritenuta si possono riscontrare diverse normative, sia all'interno del panorama nazionale che in quello internazionale, che forniscono alcune delucidazioni su quali siano i criteri e gli approcci da utilizzare.

La normativa italiana in materia di dighe, redatta dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti nel Giugno del 2014, espone in linea generale i criteri progettuali per gli sbarramenti di ritenuta. Per quanto concerne la valutazione delle azioni di progetto sia allo Stato Limite Ultimo sia allo Stato Limite Esercizio si prendono come riferimento le prescrizioni della normativa tecnica per le costruzioni del 2008 (NTC2008) e il DM 26/06/2014 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (Dighe e traverse)".

In particolare le paratoie possono essere classificate come opere accessorie, poiché trattasi di una struttura direttamente collegata alla sicurezza e alla funzionalità degli impianti di ritenuta.

In assenza quindi di una normativa specifica italiana relativa all'opera accessoria "Paratoia" si fa riferimento alla normativa tedesca DIN 19704 Stahlwasserbauten.

Questa è redatta dal Deutsche Institut Normburg e tratta tutte le tematiche legate alla progettazione di paratoie per dighe e traverse (Deutsche Institut Normburg - DIN, 1976 e 1998). Assieme alla normativa americana, è un punto di riferimento in ambito professionale. E' possibile applicare la suddetta normativa per il calcolo e il dimensionamento non solo strutturale, ma anche elettro-meccanico grazie alle versioni aggiornate. La versione del 1976 fornisce

indicazioni generali sui criteri di progetto e calcolo delle componenti strutturali (ad esempio gli spessori di travi e mantello) e sulla valutazione delle forze di manovra, nonché dei suoi dispositivi.

Relativamente alla Norma armonizzata EN 1090-1:2009/EC 1-2011 “Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali” descrive i requisiti e le modalità per l'apposizione della Marcatura CE, in accordo al Regolamento Europeo (UE) n. 305/2011. Tutti i produttori di strutture in acciaio e alluminio, che sono già tenuti obbligatoriamente al rispetto degli specifici requisiti previsti per il comparto degli acciai per carpenteria metallica devono prevedere, per i propri prodotti e stabilimenti produttivi anche l'implementazione della Marcatura CE secondo EN 1090-1.

Si ritiene tuttavia non necessaria l'applicazione della norma succitata in quanto è possibile ricondurre le specifiche alla “direttive Macchine” considerato che le paratoie sono classificate come “accessori” a corredo del manufatto di ritenuta.

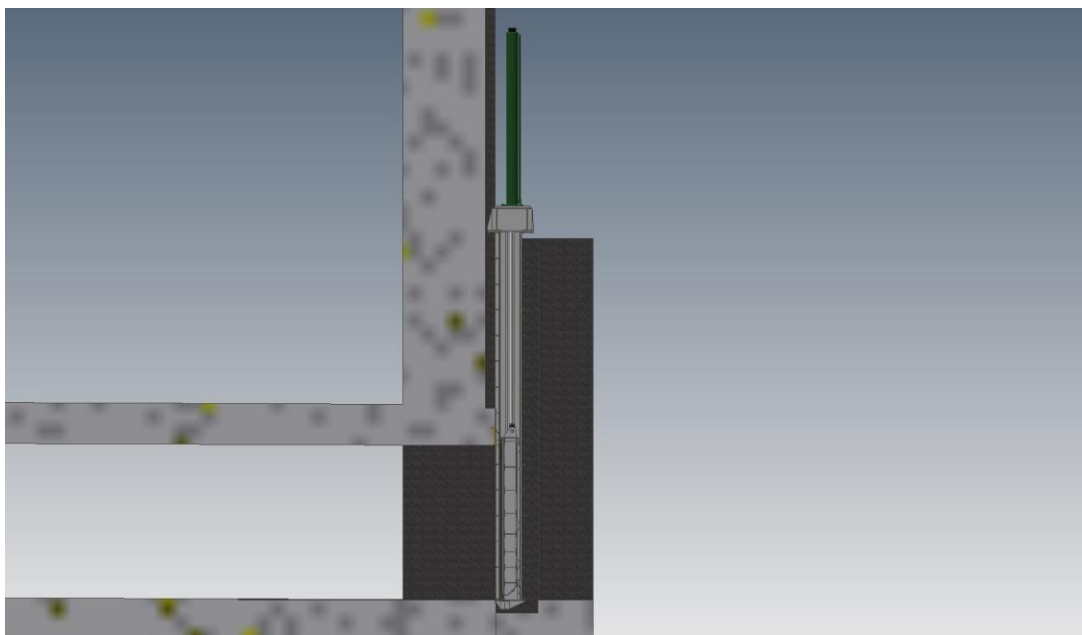
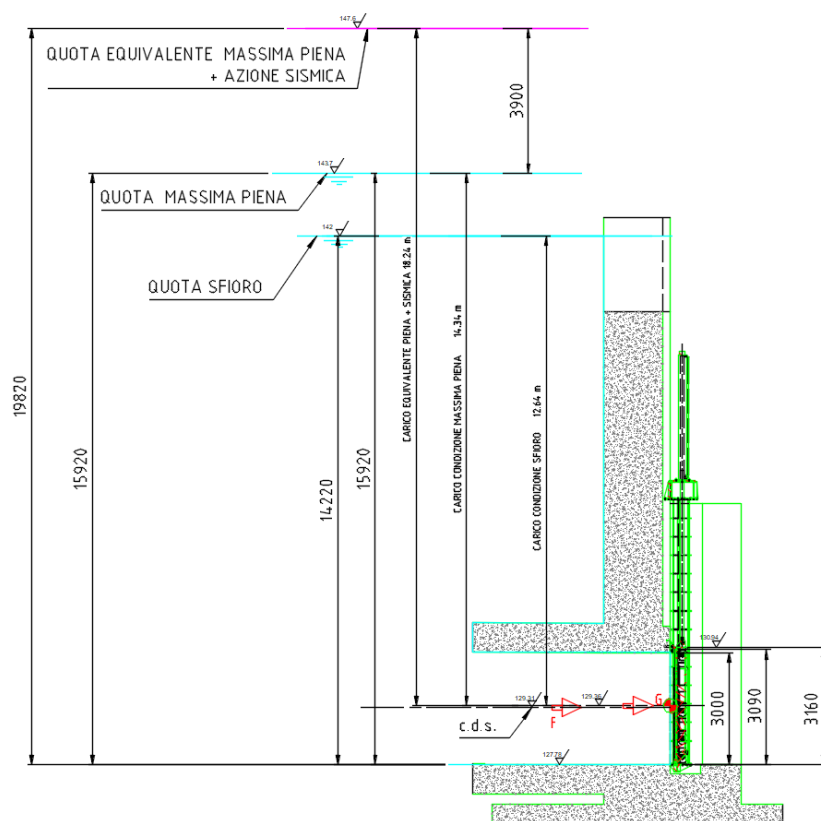
Tutte le carpenterie in questione saranno realizzate mediante unioni saldate secondo quanto richiesto dalla norma EN ISO 15609-1 /2006.

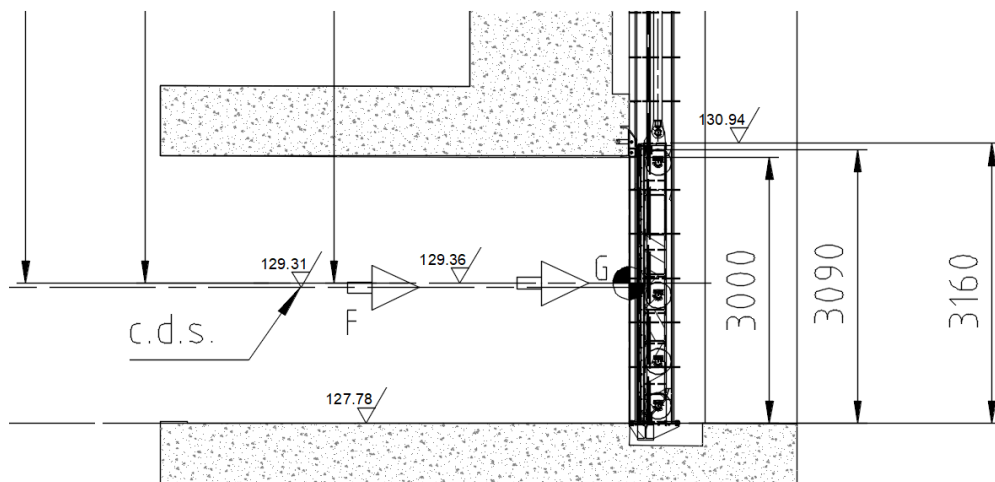
Relativamente alle normative di riferimento per le centraline oleodinamiche e accessori, per la stesura del presente documento, si fa riferimento alle seguenti:

- Motori elettrici asincroni trifase, a normativa EC 4/2014 – IEC60034-31-1 2014 IE3
- Pompe ad ingranaggi esterni, costruzione alluminio, a flangiatura europea – 4 viti e filettatura ISO 60° conforme a ISO/R 262
- Elettrovalvole direzionali, serie a cursore, grandezze idonee per portate e pressioni in gioco. Montaggio su basi ISO 4401.
- Elettrovalvole e valvole a tenuta, esecuzioni ad otturatore, cartucce cavità SAE
- Raccordi in acciaio al carbonio o inox AISI 316, a norme DIN 2353, cono a norma DIN 3861.
- Tubi rigidi in acciaio INOX secondo UNI EN 10216-5
- Tubi flessibili con trecce metalliche, a norme SAE 100 R / EN 853 – 857 – 856
- Accumulatori a sacca in acciaio al carbonio 1-50 litri, EN 14359 97/23 EC
- Protezione accumulatori con valvole di sicurezza certificate secondo normative PED 2014/68 CE -97/23/EC
- Cilindri oleodinamici ISO 6020/2

### 1.3 SEZIONE TIPO DEL MANUFATTO E POSIZIONE DELLE PARATOIE

La sezione tipo del manufatto C in corrispondenza delle paratoie è rappresentata nella seguente figura.





## 2. Caratteristiche tecniche delle paratoie

• Larghezza libera della luce:	3	m
• Altezza libera della luce:	3	m
• Interasse tenute verticali:	3.09	m
• Altezza paratoia:	3.16	m
• Interasse ruote:	3.28	m
• Quota fondo paratoia	127.78	m s.l.m.
• Quota sfioro	142	m s.l.m.
• Quota massima piena	143.7	m s.l.m.
• Norme di calcolo:	DIN 19704	

## 3. Caratteristiche dei materiali

### Acciaio strutturale del mantello in lamiera

EN 10025 S355 JR

• Tensione minima di rottura	$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
• Tensione minima di snervamento	$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
• Tensione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2$
• Tensione di taglio di calcolo	$f_{Rd} = f_{yk} / (\sqrt{3} * 1.05) = 195 \text{ N/mm}^2$
• Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
• Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.3$

### Acciaio strutturale delle travi in profilato

EN 10025 S355 JR

• Tensione minima di rottura	$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
• Tensione minima di snervamento	$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$

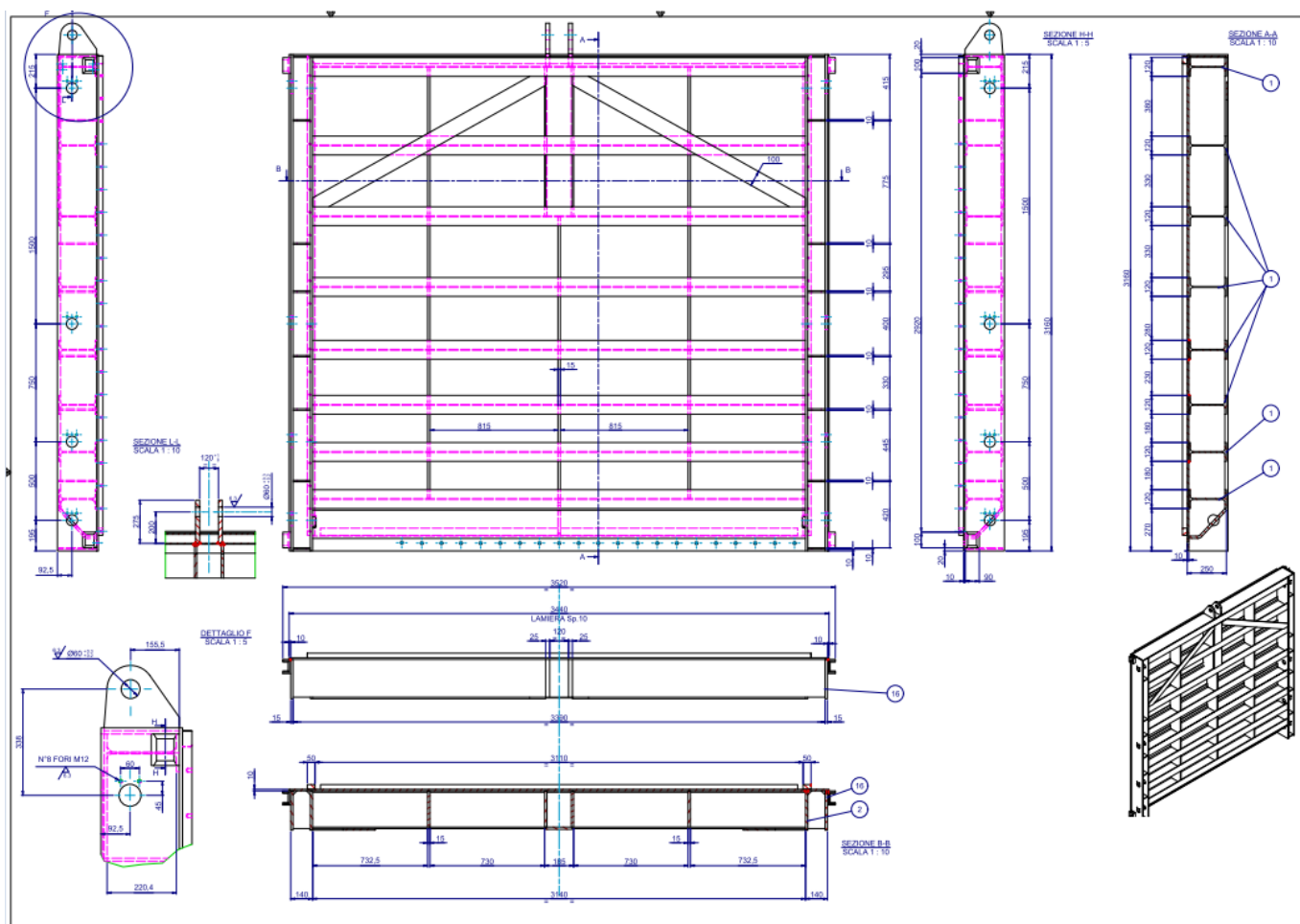


- Tensione di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di taglio di calcolo  $f_{Rd} = f_{yk} / (\sqrt{3} * 1.05) = 195 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.3$

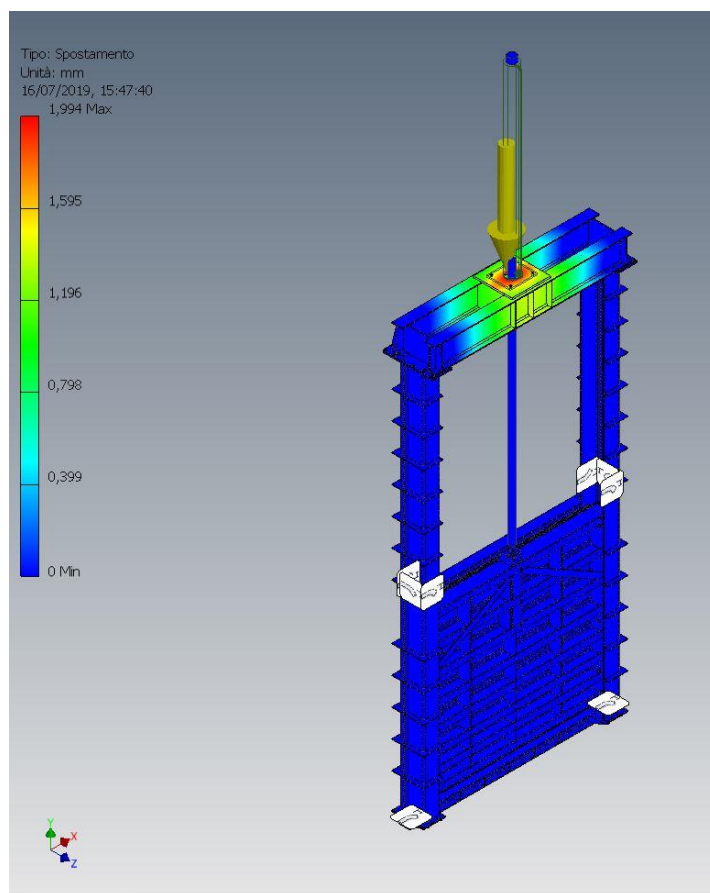
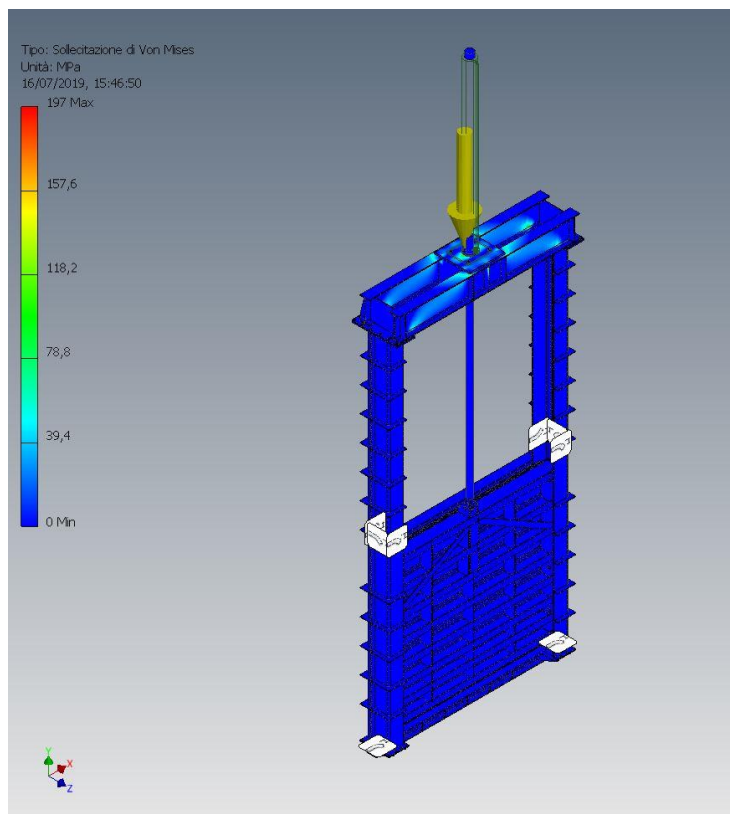
Le strutture delle paratoie saranno in acciaio elettrosaldato superficialmente trattato con apposito ciclo di verniciatura resistente all'acqua.

#### 4. Descrizione delle paratoie e dei dettagli esecutivi

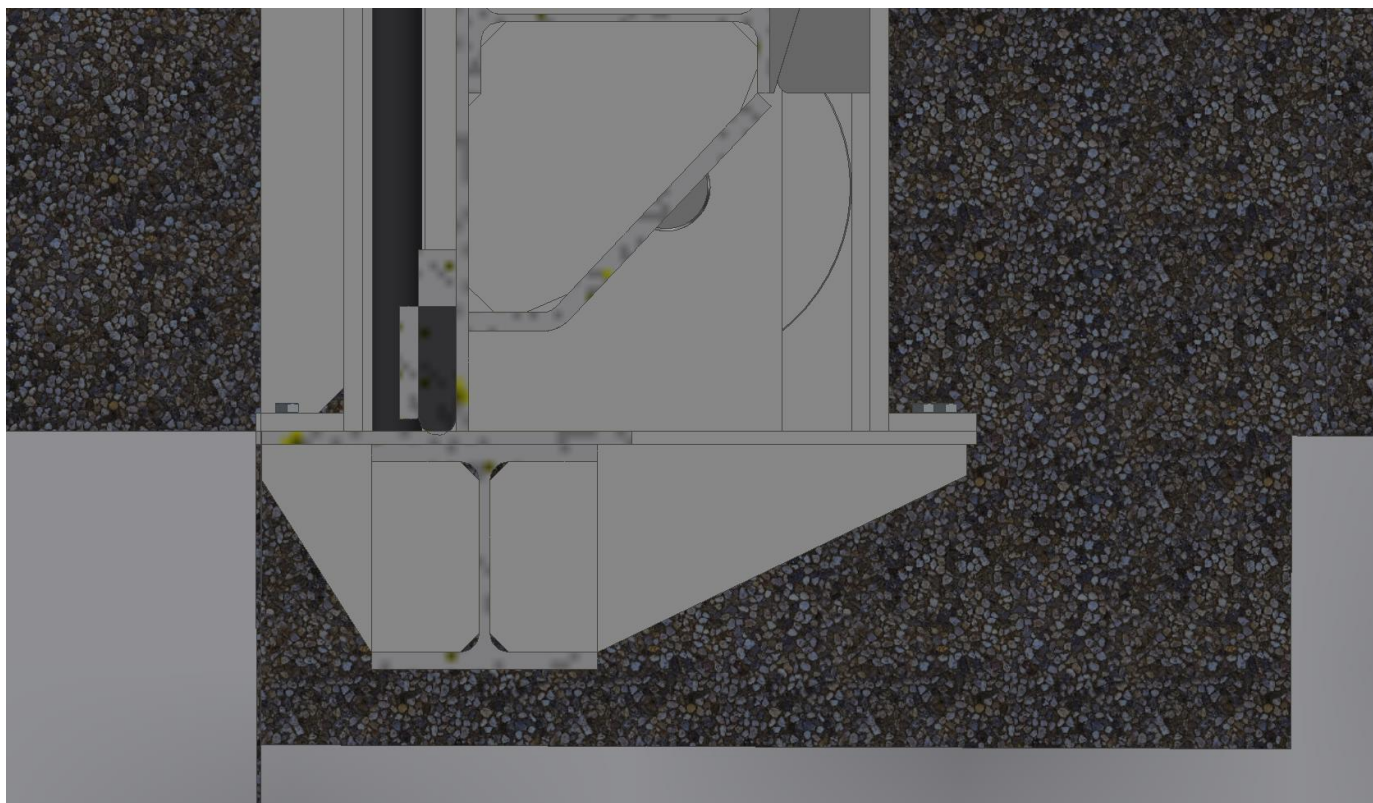
Le paratoie installate nel "manufatto C" saranno organi di tenuta "piana" carrellate con 4 coppie di ruote che scorrono in appositi "gargami" inghisati nel manufatto principale in cls. Tutti i manufatti (scudi, gargami) sono dimensionati con i criteri di seguito illustrati.

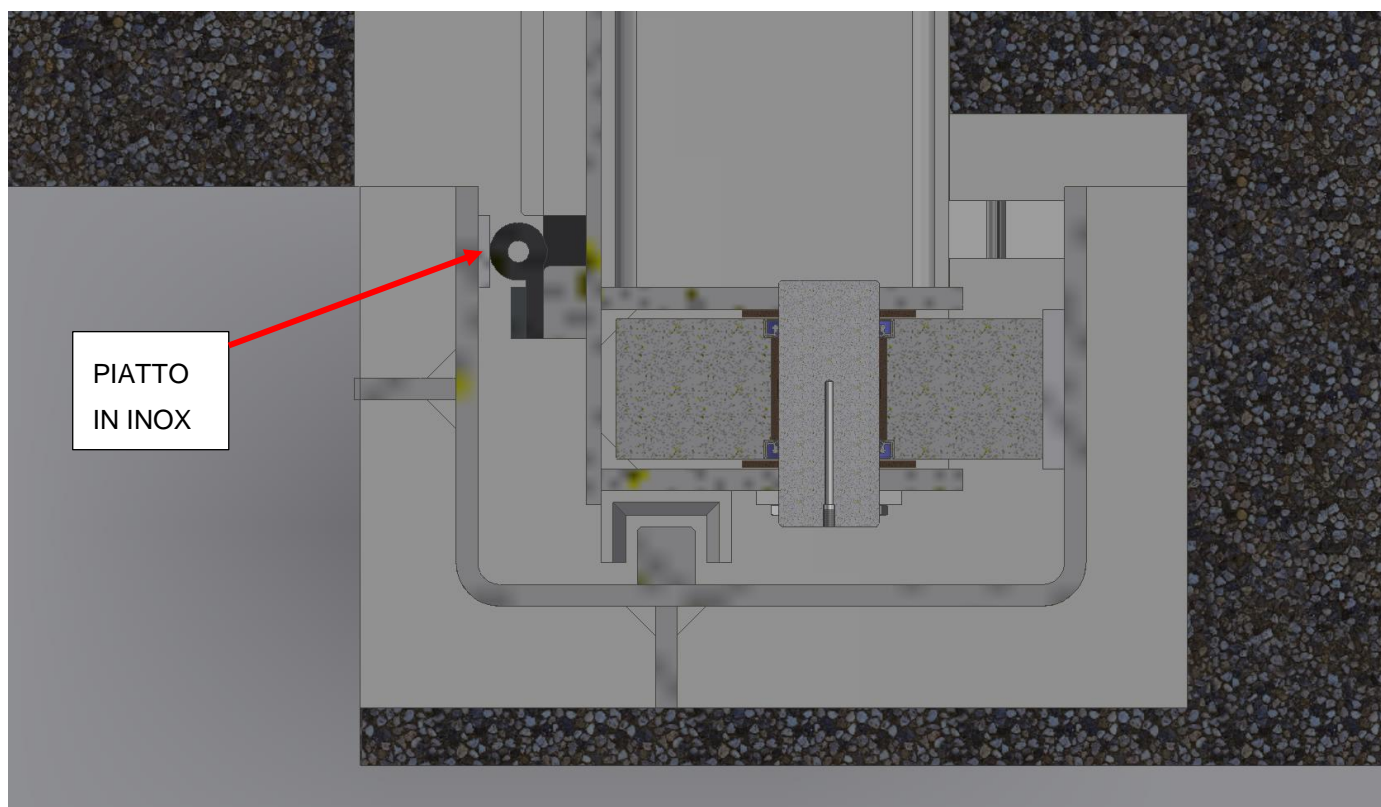
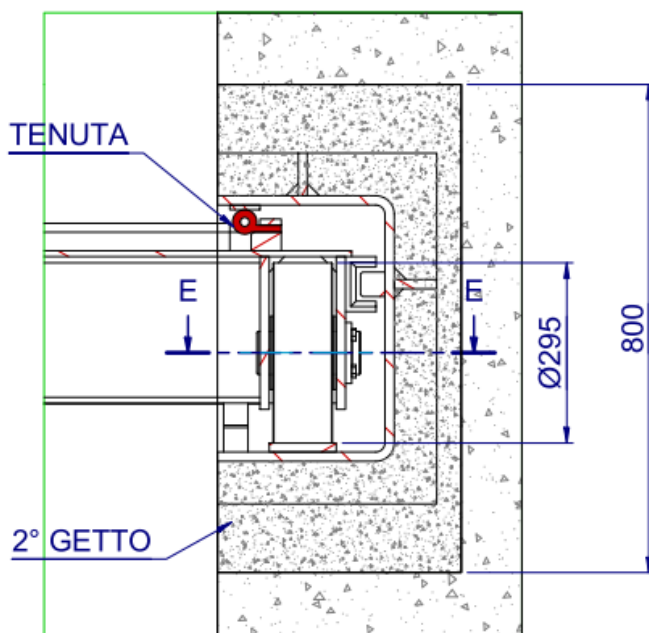






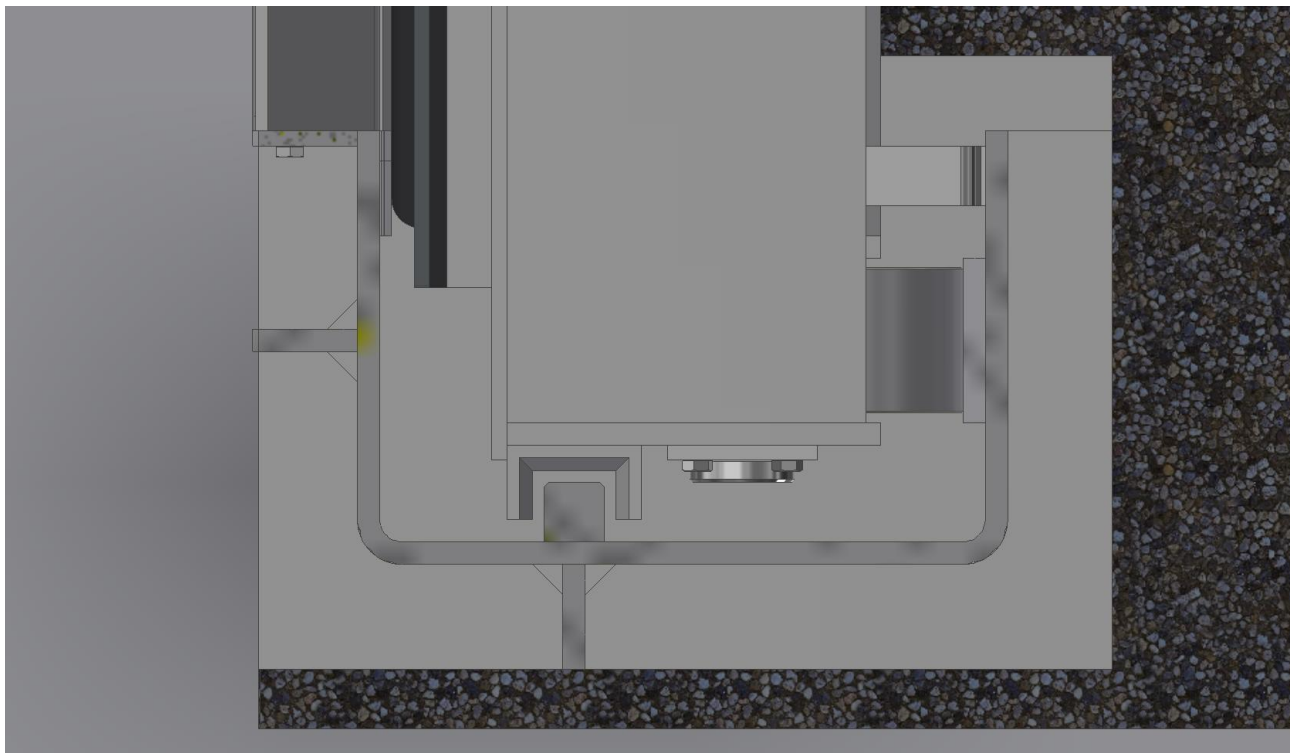
Le paratoie avranno tenuta a 4 lati garantita nella condizione di “paratoia chiusa”. Nelle condizioni di apertura parziale, la tenuta sarà unicamente funzionale sui due lati verticali.



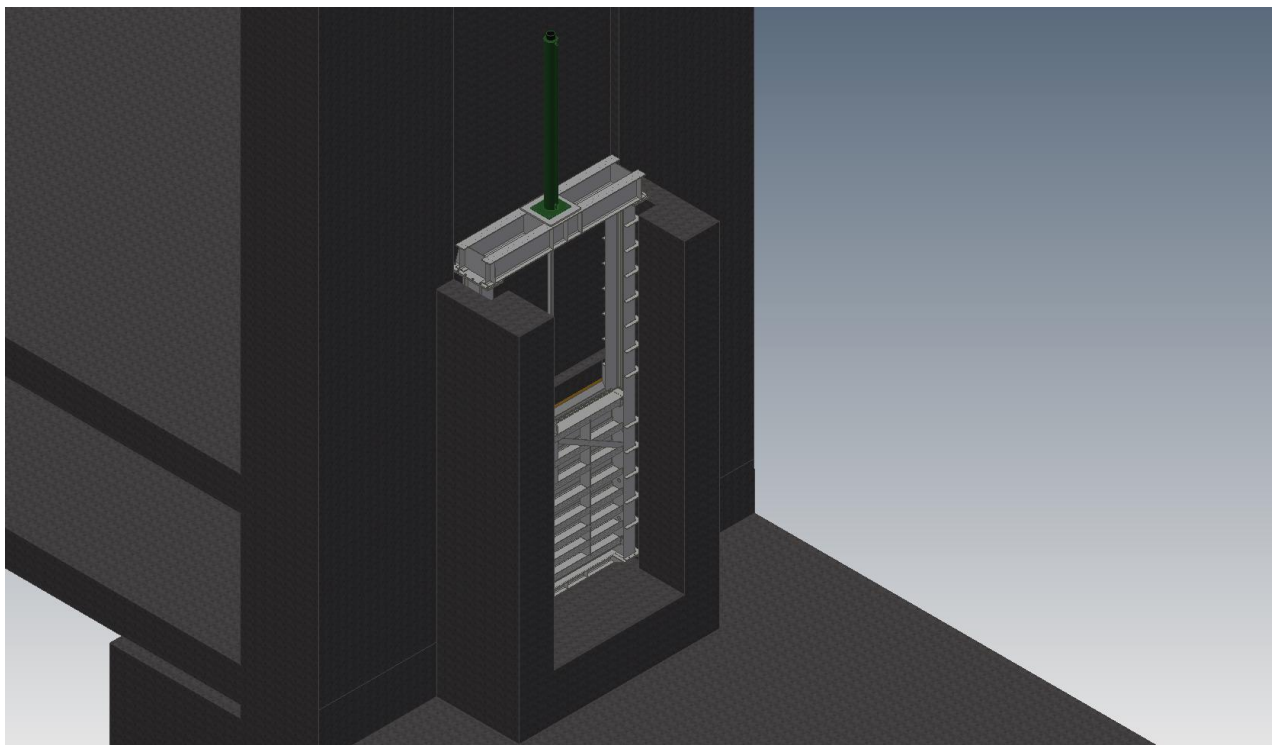


Tutte le guarnizioni di tenuta a strisciamento sui diaframmi fanno riscontro su apposite sedi in INOX applicate sui gargami. Questo al fine di garantire una maggiore durabilità ed efficacia delle tenute applicate.





Ogni paratoia sarà corredata di n° 1 cilindro oleodinamico a “doppio effetto” dimensionato per poter operare alla Pmax di 250 bar. L’attuatore oleodinamico sarà corredata di apposito sensore di posizione interno (tipo Baluff) che dialogando con il sistema di gestione e controllo sarà in grado di segnalare in tempo reale il grado di apertura della paratoia.



## 5. Criteri di dimensionamento delle paratoie

Le paratoie installate sul “Manufatto C” le cui condizioni operative le vedono sempre in posizione di chiusura, hanno principalmente la funzione di permettere lo svuotamento del bacino di ritenuta.

I manufatti delle opere di sezionamento (scudo paratoia, gargami e cilindro idraulico), sono stati dimensionati in modo da sopportare efficacemente, con relativo margine di sicurezza, la condizione più gravosa che si individua nelle condizioni di carico a SLU e in condizioni sismiche.

Appositi trasduttori di posizione tipo “Balluff” installati all’interno dei cilindri oleodinamici permetteranno in continuo il monitoraggio della posizione delle paratoie sui pannelli operatore.

Ogni paratoia sarà dotata di N°1 attuatore idraulico comandato da apposita centralina oleodinamica dedicata che avrà la funzione di comandare in chiusura e apertura la paratoia annessa.

La paratoia è dimensionata per poter attuare la chiusura ed apertura in ogni condizione di livello del bacino di ritenuta.

In caso di assenza di energia elettrica, apposita batteria di accumulatori a sacca di azoto, permetteranno una movimentazione completa del cilindro della paratoia indipendentemente dalle condizioni di invaso.

Per ultimo è possibile pressurizzare i circuiti oleodinamici e comandare le valvole di movimentazione anche in assenza di ogni fonte energetica per mezzo di apposita pompa manuale e leve di comando manuale installate sulle elettrovalvole.

## 6. Analisi dei carichi

Si considera la paratoia avente le seguenti caratteristiche geometriche (valide in tutte le condizioni):

• Quota fondo paratoia	127.78	m s.l.m.
• Altezza scudo paratoia	3.16	m
• Larghezza scudo paratoia	3.09	m
• Larghezza luce paratoia	3.0	m
• Altezza luce paratoia	3.0	m
• Interasse ruote paratoia	3.28	m
• Quota baricentro paratoia in posizione chiusa	129.36	m

Il **peso proprio** della paratoia è pari a circa 39 kN.

Le verifiche sono condotte in condizioni di paratoia completamente chiusa; i carichi considerati sono relativi al livello del battente d'acqua all'interno del bacino di ritenuta, nelle diverse condizioni di verifica di seguito illustrate:

• SLU statica - Quota massima piena	143.7	m s.l.m.
• SLV / SLD - Quota sfioro (massima regolazione)	142.0	m s.l.m.

Il calcolo della **spinta inerziale dovuta alla paratoia** tiene conto di un peso della paratoia pari a 39 kN e applica i seguenti valori di accelerazione orizzontale:

$$a = 0,103 \text{ g SLD} \quad a = 0,288 \text{ g SLV}$$

Il calcolo della **spinta inerziale dell'acqua** in condizioni sismiche è effettuato utilizzando la formulazione delle NTD2014, secondo la quale:

$$p = a \times \rho \times c \times y_0$$

dove: p = pressione sulla paratoia

$$a = \text{accelerazione orizzontale massima con } a = 0,103 \text{ g SLD} \quad a = 0,288 \text{ g SLV}$$

$\rho$  = massa per unità di volume dell'acqua

$y_0$  = differenza tra la quota dell'acqua presente nella combinazione sismica e la quota del punto più depresso dell'alveo naturale al piede del paramento, pari a 130.9 m slm

$$c = \frac{c_m}{2} \left[ \frac{y}{y_0} \left( 2 - \frac{y}{y_0} \right) + \sqrt{\frac{y}{y_0} \left( 2 - \frac{y}{y_0} \right)} \right]$$

y = differenza tra la quota dell'acqua presente nella combinazione sismica e la quota del punto generico del paramento a cui è associata la pressione p;

$c_m = -0,0073\alpha + 0,7412$  in cui  $\alpha$  è l'angolo di inclinazione del paramento rispetto alla verticale espresso in gradi sessagesimali. Poiché nel caso in esame  $\alpha = 0^\circ$  si assume  $c_m = 0,7412$ .

Dato lo schema statico e le condizioni di esercizio della paratoia, le altre azioni previste in normativa non sono applicabili al caso in oggetto (es. coazioni per ritiro, spinta del ghiaccio, spinta dovuta all'interrimento, ecc.) oppure

sono di carattere secondario (es. coazioni di origine termica). Si riportano nel seguito i carichi orizzontali agenti sulla paratoia nelle diverse condizioni di carico.

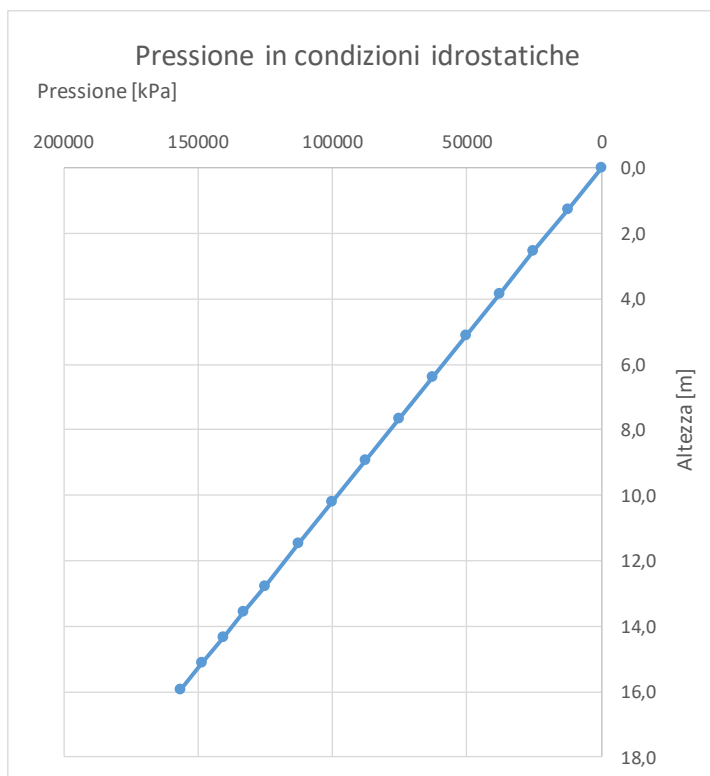
## 6.1 AZIONI A SLU – MASSIMO INVASO

### Caratteristiche geometriche

y H	=	143,7 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	127,78 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	130,94 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	3,16 m	Altezza della paratoia
B	=	3,09 m	Larghezza della paratoia
C	=	3 m	Luce della paratoia
S	=	9,76 mq	Superficie dello scudo
QG	=	129,36 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	14,34 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	12,76 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	15,92 m	Tirante massimo

### Calcolo spinta idrostatica

p sup	=	125175,6 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	156175,2 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	140675,4 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
<b>Fidro</b>	=	<b>1374 kN</b>	<b>Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)</b>
l <sub>gg</sub>	=	8,13 m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia dello scudo
y <sub>F</sub>	=	129,30 m slm	Quota del centro di spinta
y <sub>F</sub>	=	14,40 m	Affondamento del centro di spinta





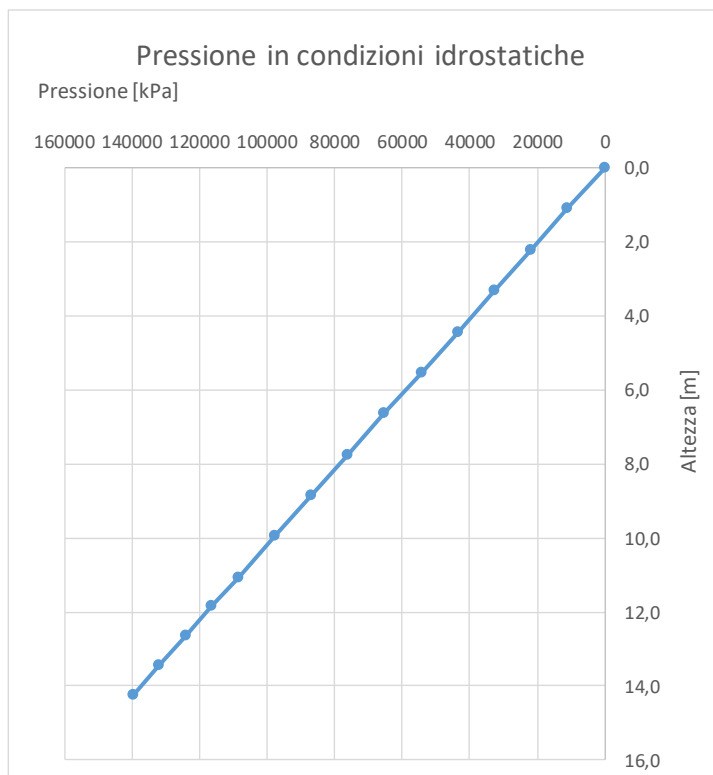
## 6.2 AZIONI A SLU – MASSIMA REGOLAZIONE

### Caratteristiche geometriche

y H	=	142 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	127,78 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	130,94 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	3,16 m	Altezza della paratoia
B	=	3,09 m	Larghezza della paratoia
C	=	3 m	Luce della paratoia
S	=	9,76 mq	Superficie dello scudo
QG	=	129,36 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	12,64 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	11,06 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	14,22 m	Tirante massimo

### Calcolo spinta idrostatica

p sup	=	108498,6 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	139498,2 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	123998,4 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	1211 kN	
$\gamma_{G1}$	=	1,3	Coefficiente di combinazione
<b>Fidro</b>	=	<b>1574 kN</b>	<b>Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)</b>
Igg	=	8,13 m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia dello scudo
yF	=	129,29 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	12,71 m	Affondamento del centro di spinta



## 6.3 AZIONI A SLV

### Caratteristiche geometriche

yH	=	142 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y1	=	127,78 m slm	Quota di fondo della paratoia
y2	=	130,94 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	3,16 m	Altezza della paratoia
B	=	3,09 m	Larghezza della paratoia
C	=	3 m	Luce della paratoia
S	=	9,76 mq	Superficie dello scudo
QG	=	129,36 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	12,64 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invasore
H1	=	11,06 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	14,22 m	Tirante massimo

### Calcolo spinta idrostatica

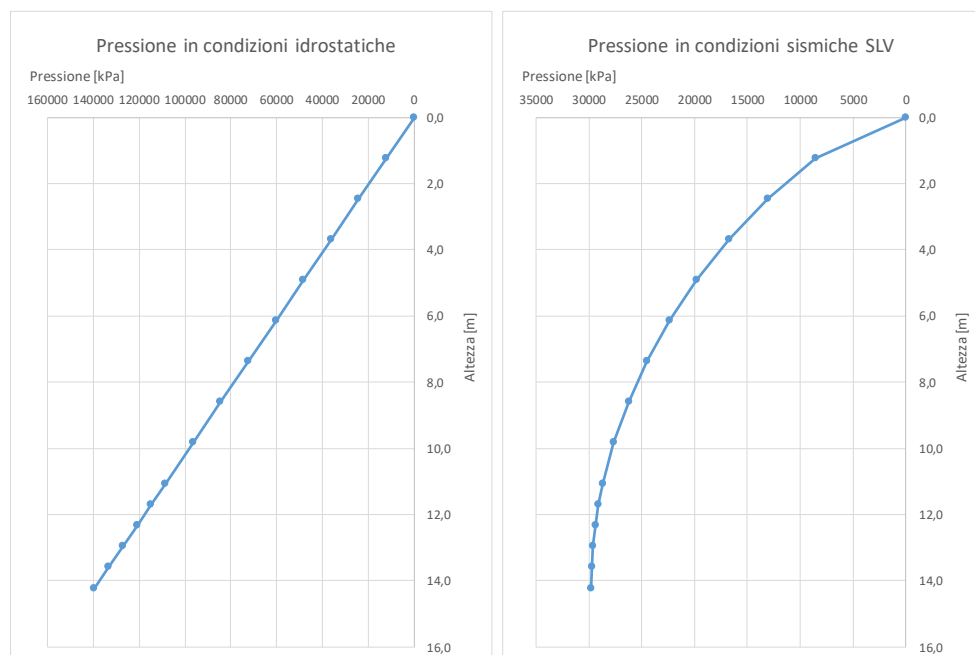
p sup	=	108498,6 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	139498 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	123998,4 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	1211 kN	Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)
Igg	=	8,13 m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia dello scudo
yF	=	129,29 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	12,71 m	Affondamento del centro di spinta

### Spinta inerziale della paratoia

P	=	39 kN	Peso della paratoia
Sp	=	11,2 kN	Forza inerziale della paratoia

### Calcolo spinta inerziale dell'acqua in condizioni sismiche

y b	=	127,78 m slm	Quota del punto più depresso dell'alveo naturale al piede del paramento
cm	=	0,7412	
alfa	=	0 °	
y0	=	14,2 m	
ro	=	1000 kg/mc	
a	=	0,288 ag	= 2,83 m/s <sup>2</sup>
p sup	=	28671 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	29778 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	29224 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Sidro	=	285 kN	Forza inerziale dell'acqua
yF	=	129,35 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	12,65 m	Affondamento del centro di spinta
STOT	=	1507,4 kN	Spinta complessiva sulla paratoia



## 6.4 AZIONI A SLD

### Caratteristiche geometriche

y H	=	142 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	127,78 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	130,94 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	3,16 m	Altezza della paratoia
B	=	3,09 m	Larghezza della paratoia
C	=	3 m	Luce della paratoia
S	=	9,76 mq	Superficie dello scudo
QG	=	129,36 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	12,64 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	11,06 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	14,22 m	Tirante massimo

### Calcolo spinta idrostatica

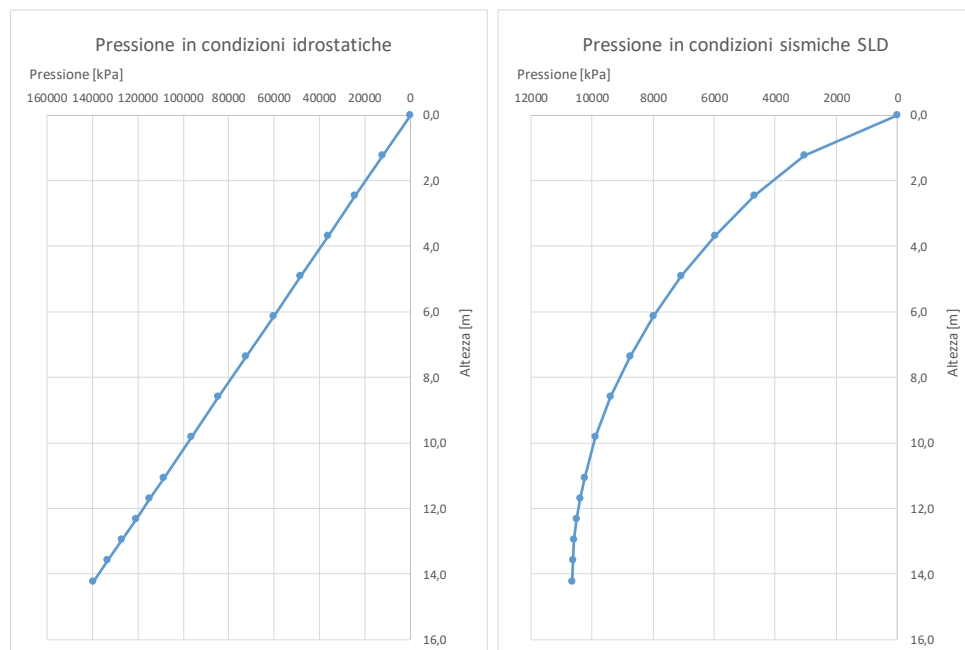
p sup	=	108498,6 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	139498 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	123998,4 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	1211 kN	Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)
Igg	=	8,13 m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia dello scudo
yF	=	129,29 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	12,71 m	Affondamento del centro di spinta

### Spinta inerziale della paratoia

P	=	39 kN	Peso della paratoia
Sp	=	4,0 kN	Forza inerziale della paratoia

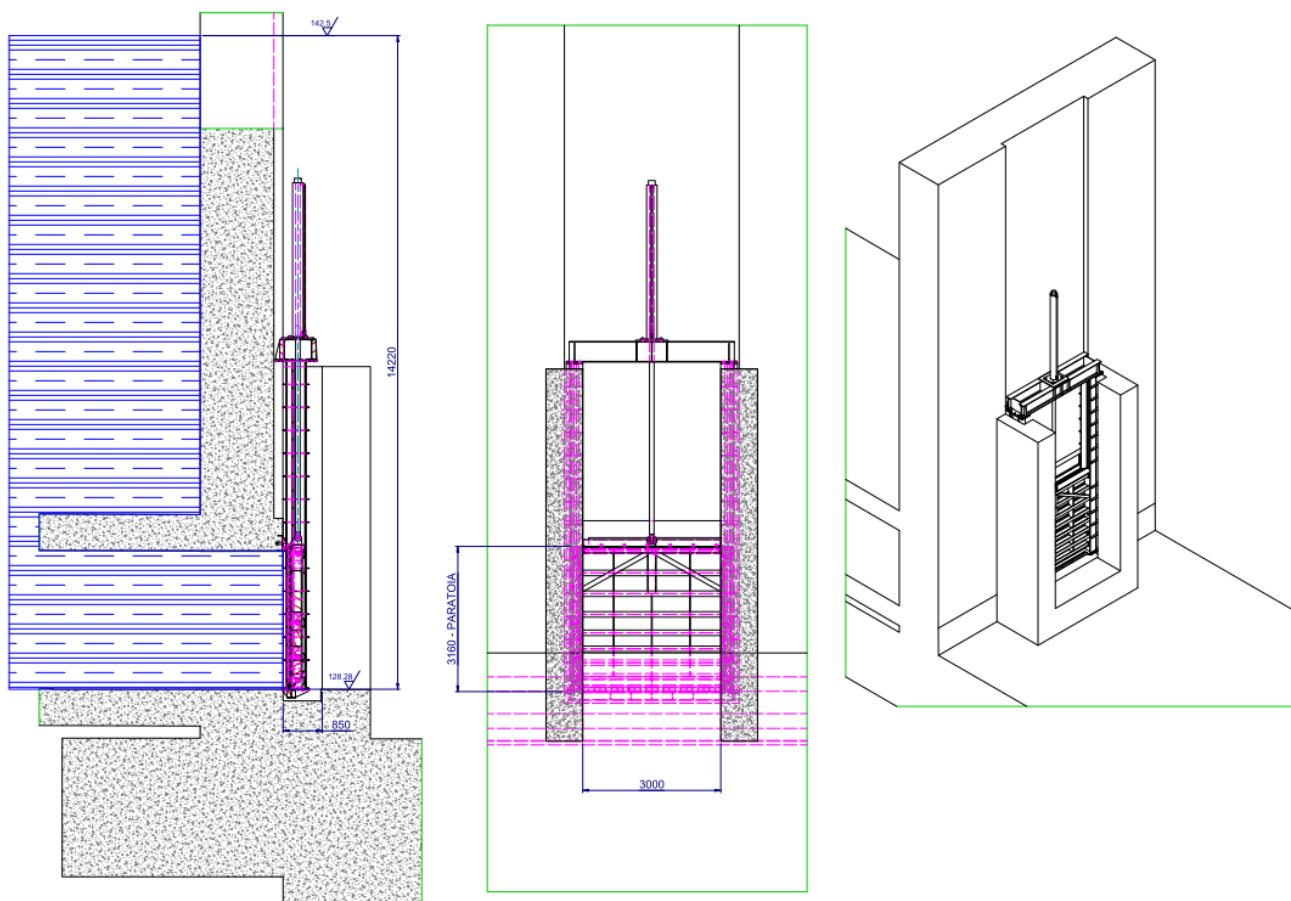
### Calcolo spinta inerziale dell'acqua in condizioni sismiche

y b	=	127,78 m slm	Quota del punto più depresso dell'alveo naturale al piede del paramento
cm	=	0,7412	
alfa	=	0 °	
y0	=	14,2 m	
ro	=	1000 kg/mc	
a	=	0,103 ag	= 1,01 m/s <sup>2</sup>
p sup	=	10254 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	10650 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	10452 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Sidro	=	102 kN	Forza inerziale dell'acqua
yF	=	129,35 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	12,65 m	Affondamento del centro di spinta
STOT	=	1316,8 kN	Spinta complessiva sulla paratoia



## 7. Verifica della struttura principale

Costruttivamente la paratoia è composta da un unico manufatto realizzato in acciaio elettrosaldato. Il carico idraulico è trasmesso dal mantello e dalle nervature verticali alle travi orizzontali, le quali scaricano poi la spinta sulle fiancate laterali e quindi su 8 ruote. La quota delle travi orizzontali è scelta in modo tale che le stesse risultino equicaricate, suddividendo in pratica la paratoia in 8 fasce orizzontali.



### 7.1 VERIFICA DELLE TRAVI ORIZZONTALI

Lo schema di calcolo è illustrato in Figura 1.

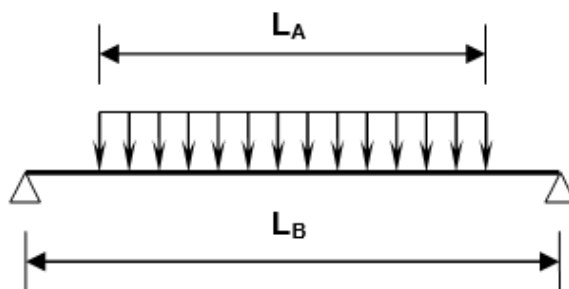
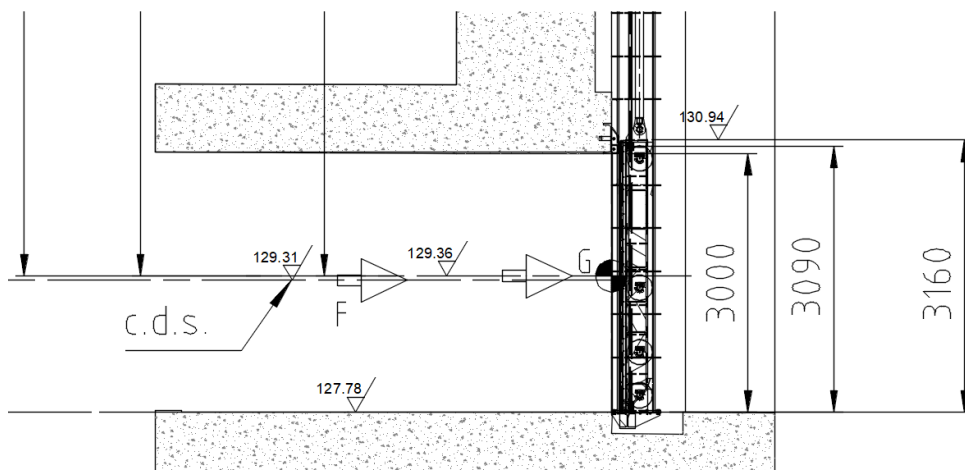


Figura 1 – Schema di calcolo

- LA = 3090 mm
- LB = 3280 mm

- Altezza paratoia  $h = 3160$  mm
- Numero di zone  $N = 8$



La larghezza della parte di mantello collaborante con la sezione resistente della trave può essere calcolata in funzione dei seguenti parametri:

- Lunghezza tra gli appoggi  $L_I = L_B = 3280$  mm
- Distanza minima tra due travi successive  $2B = 350$  mm
- Rapporto di lunghezza  $L_I/B = 18.74$
- Fattore di riduzione (dalla Figura 2 della DIN 19704)  $\nu_I = 0.97$
- Larghezza della lamiera collaborante  $LCI = \nu_I \cdot 2B = 339.5$  mm

La sezione resistente della trave è rappresentata in Figura 2.

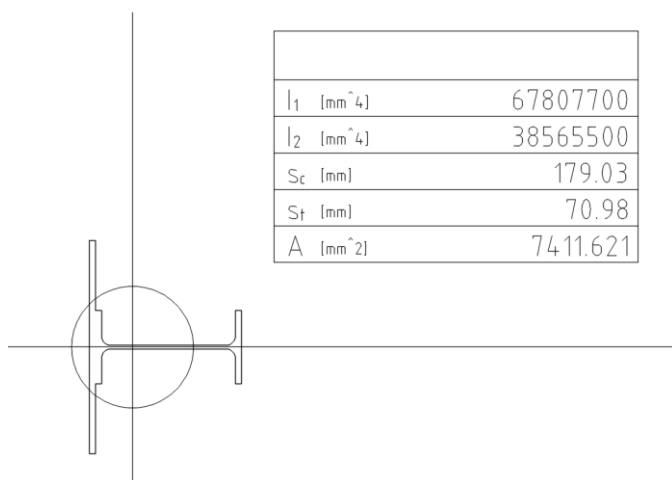


Figura 2 – Schema resistente della trave

- Area  $A = 7411 \text{ mm}^2$
- Posizione baricentro  $Y_G = 71 \text{ mm}^2$
- Momento d'inerzia  $J = 6.7 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$
- Moduli di resistenza  $W_A = 9.55 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$   
 $W_C = 3.78 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
- Momento statico  $S = 2.66 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$

Le sollecitazioni agenti sulla struttura sono le seguenti:

Sollecitazione	Espressione	SLU max invaso	SLU max regolazione	SLV	SLD
Carico sulla paratoia	$S_{TOT}$	1374 kN	1574 kN	1507 kN	1317 kN
Carico sulla singola trave	$P = S_{TOT} / N$	172 kN	197 kN	188 kN	165 kN
Massimo momento flettente	$M = P \cdot (2 \cdot L_B - L_A) / 8$	$7.45 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$	$8.53 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$	$8.17 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$	$7.14 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$
Massima azione di taglio	$T = P / 2$	85.9 kN	98.4 kN	94.2 kN	82.3 kN

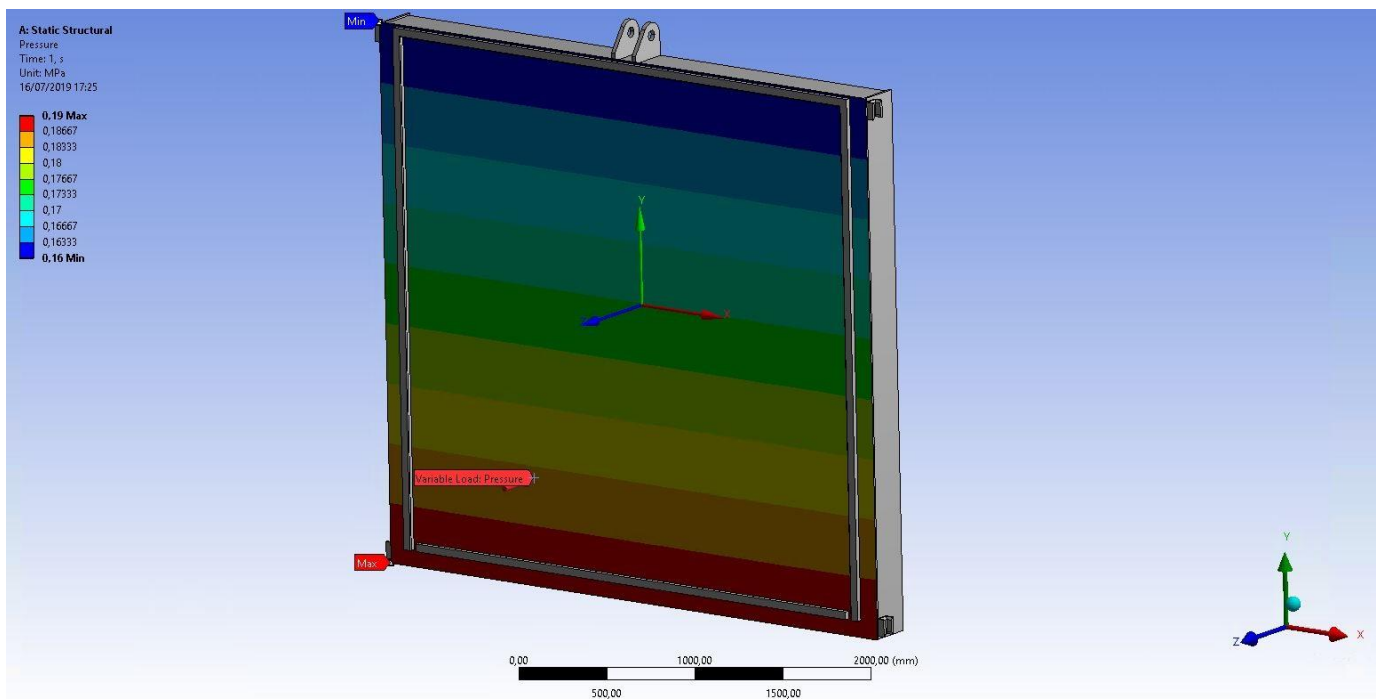
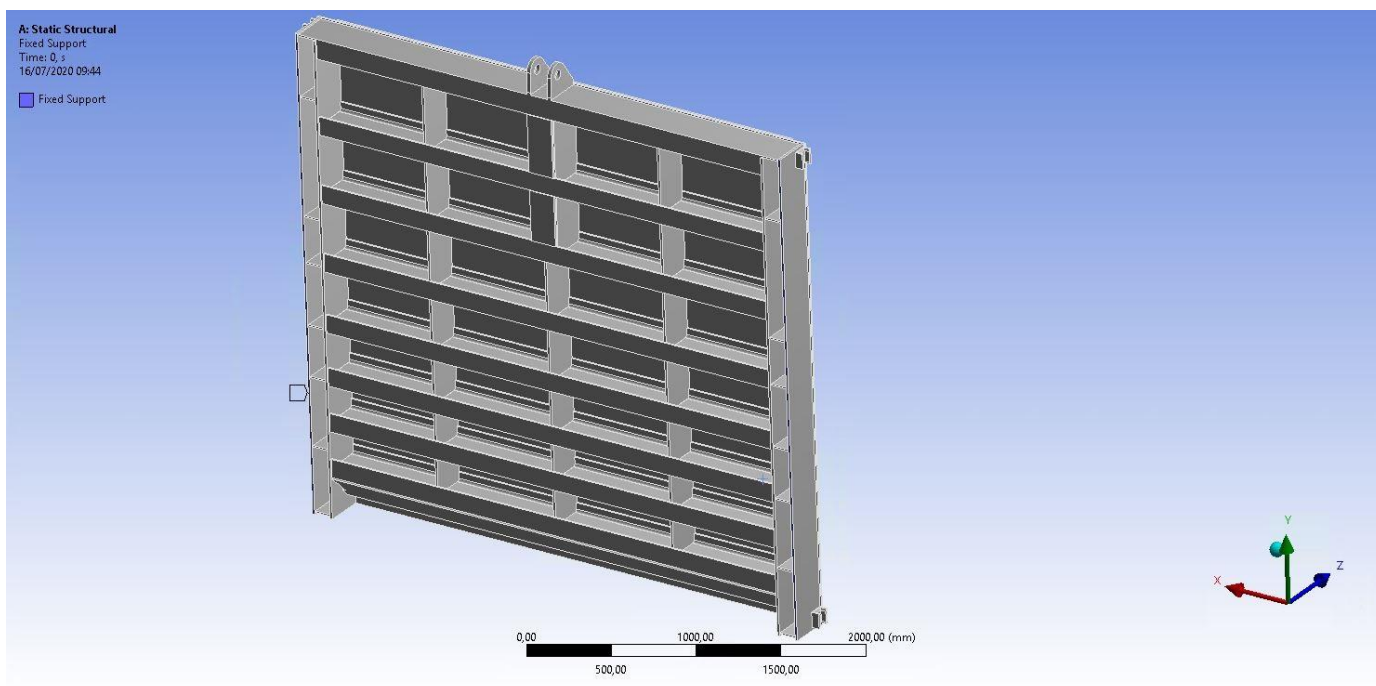
Le massime tensioni sulla trave sono:

Sollecitazione	Espressione	SLU max invaso	SLU max regolazione	SLV	SLD
Tensione pannello sup	$\sigma_A = -M / W_A$	-78.0 N/mm <sup>2</sup>	-89.4 N/mm <sup>2</sup>	-85.6 N/mm <sup>2</sup>	-74.8 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ala libera	$\sigma_C = M / W_C$	197.0 N/mm <sup>2</sup>	225.8 N/mm <sup>2</sup>	216.2 N/mm <sup>2</sup>	188.9 N/mm <sup>2</sup>
Massima tensione di taglio	$\tau = (T \cdot S) / (sp \cdot J)$	56.8 N/mm <sup>2</sup>	65.1 N/mm <sup>2</sup>	62.3 N/mm <sup>2</sup>	54.5 N/mm <sup>2</sup>
Freccia in mezzzeria	$f = \frac{P}{384 \cdot E \cdot J} \cdot (8 \cdot L_B^3 - 4 \cdot L_A^2 \cdot L_B + L_A^3)$	6.2 mm	7.1 mm	6.8 mm	6.0 mm

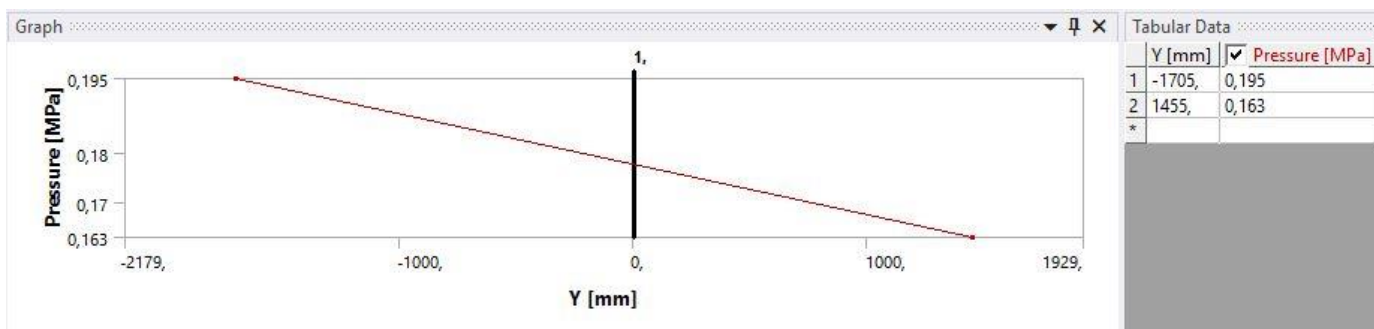
Le verifiche sono soddisfatte; poiché la struttura rimane ampiamente in campo elastico anche con le sollecitazioni allo SLU, non si procede alla verifica tensionale allo SLE. La freccia massima è inferiore ad 1/400 della luce. . Nel modello di calcolo tridimensionale le deformazioni risultano inferiori a quelle ricavate dal modello bidimensionale, grazie alla rigidità della paratoia e alla distribuzione delle sollecitazioni su tutti gli elementi. Il valore di deformazione calcolato viene ritenuto accettabile ai fini del buon funzionamento della paratoia; i criteri di giudizio si basano su risultati

sperimentali effettuati su manufatti simili ove si è rilevato che la deformazione massima reale in tutti i casi non ha mai superato il valore di 1/1000 della lunghezza della luce interessata.

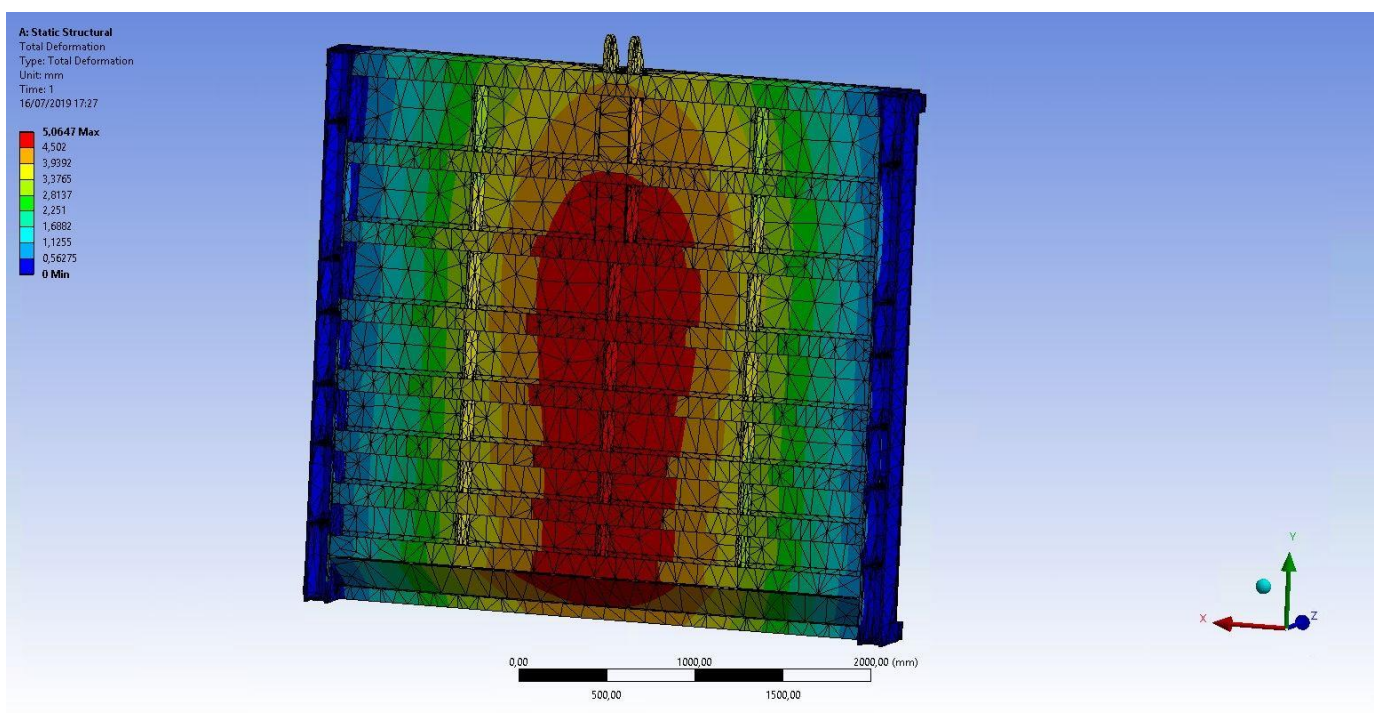
Si riportano nel seguito alcune immagini esemplificative, con l'indicazione del vincolo (fixed support) e di uno schema di carico. I vincoli sono stati applicati alla superficie delle lamiere laterali come da prassi consolidata derivata dall'esperienza che ci assicura un risultato accettabile e realistico basato su verifiche effettuate su modelli reali.

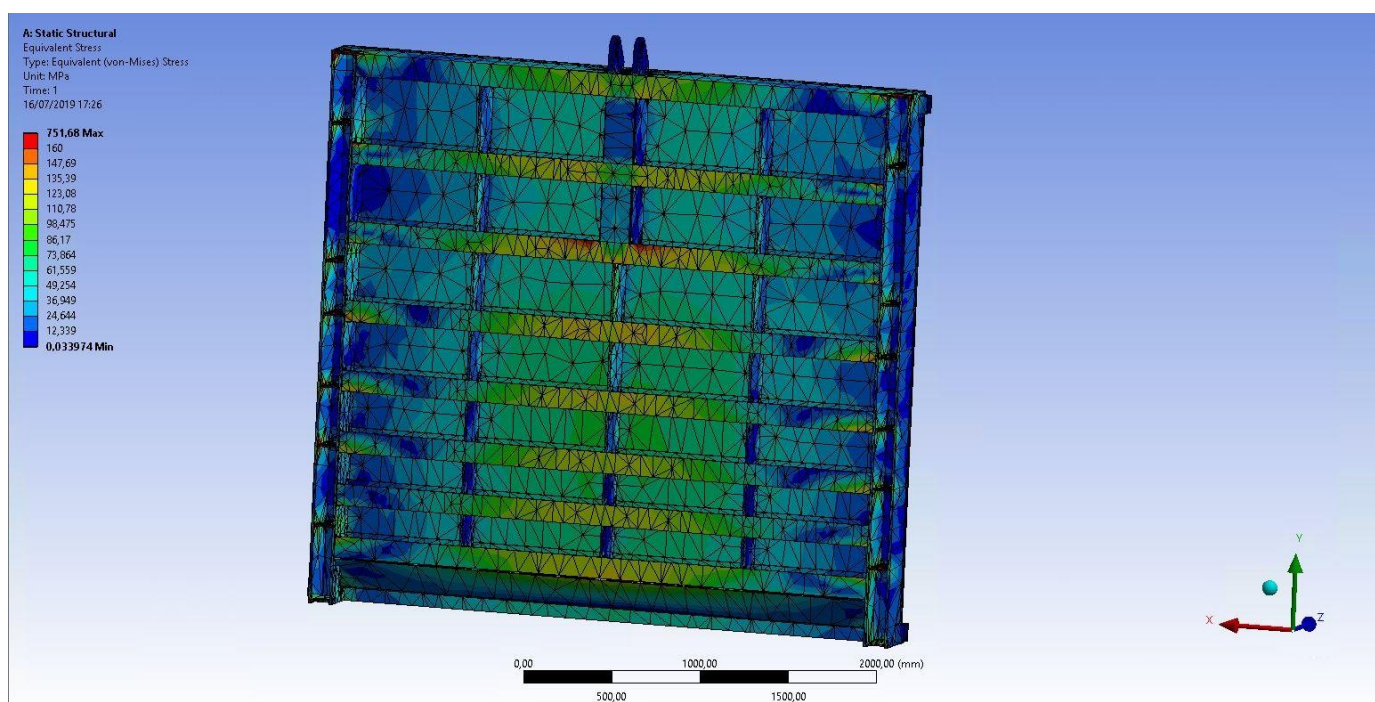
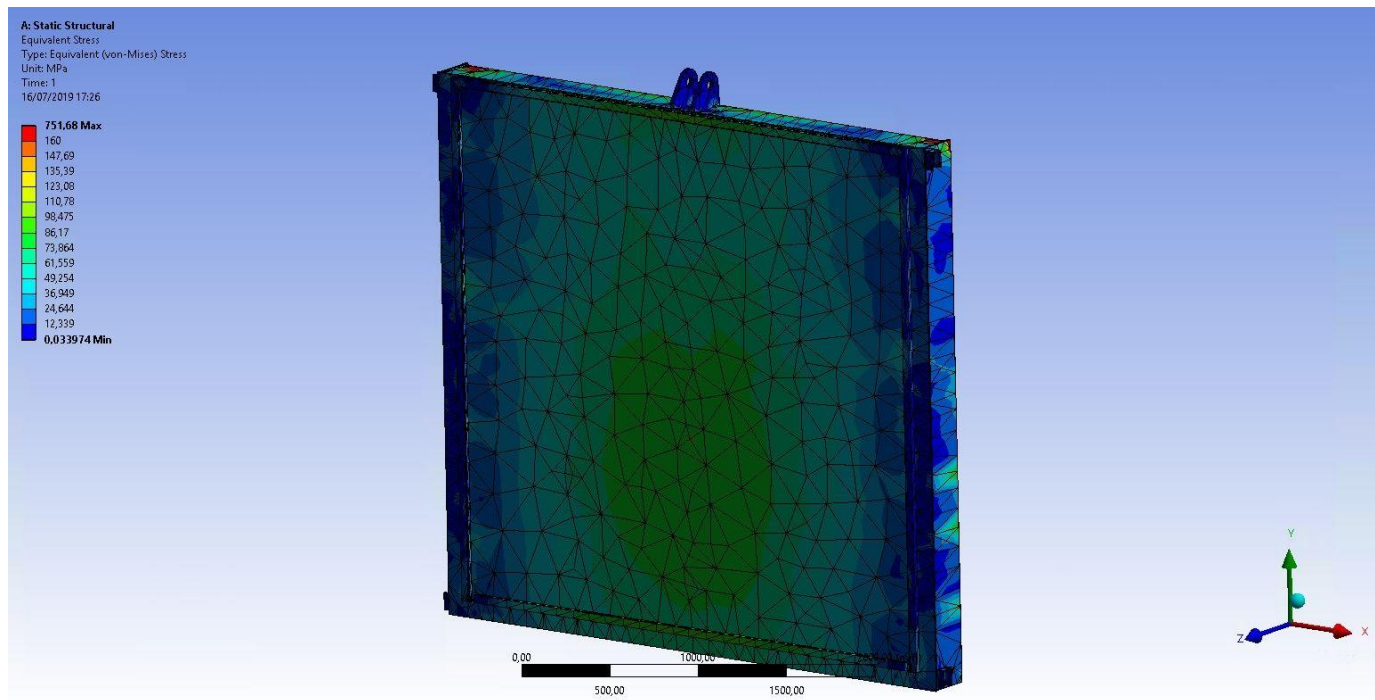


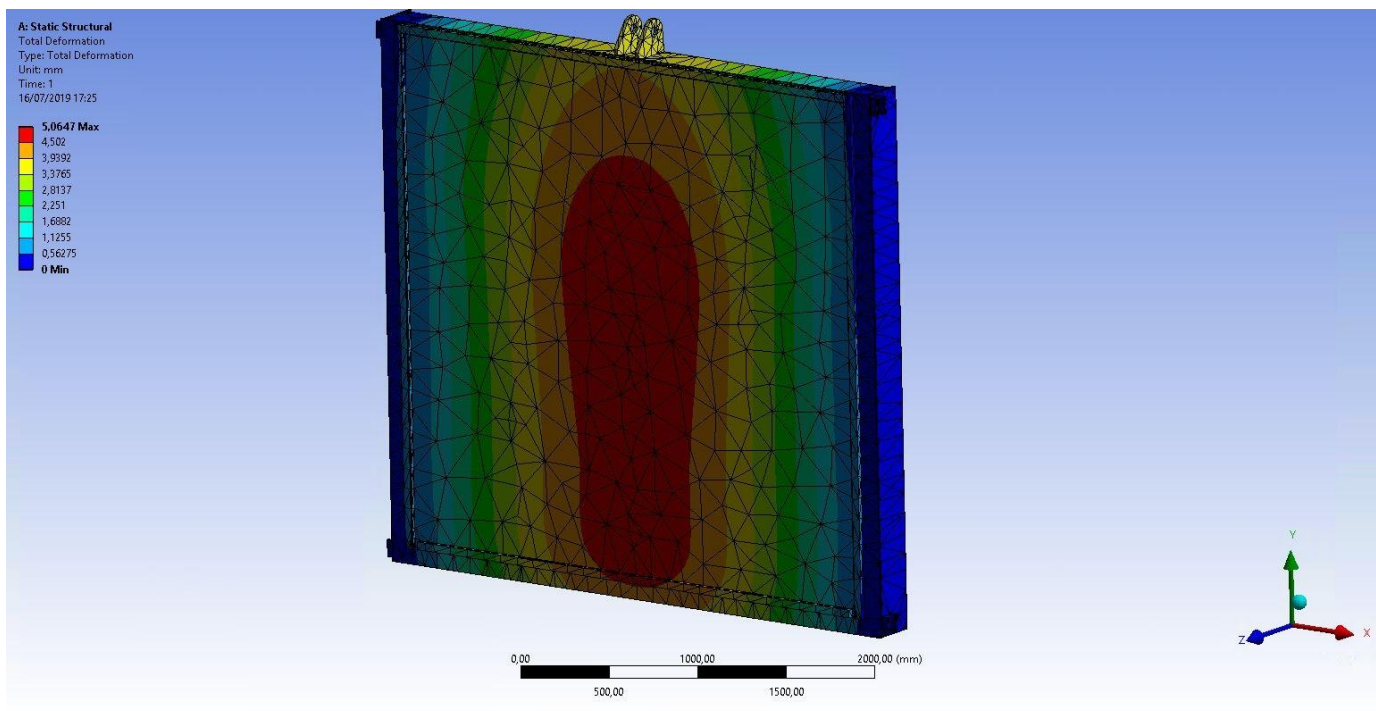




I vincoli sono stati applicati alla superficie delle lamiere laterali come da prassi consolidata derivata dall'esperienza che ci assicura un risultato accettabile e realistico basato su verifiche effettuate su modelli reali.







## 8. Forze di manovra

La paratoia è soggetta alle azioni idrauliche calcolate precedentemente:

- Spinta idraulica complessiva:  $Q = 1574 \text{ kN}$

### 8.1 ATTRITO DEI PERNI DI ROTAZIONE

- Coefficiente di attrito massimo delle boccole  $\mu_B = 0.2$
- Diametro delle ruote  $D = 295 \text{ mm}$
- Diametro dei perni  $D_P = 70 \text{ mm}$
- Forza di attrito dei perni:  $FP = Q \cdot (D_P / D) \cdot \mu_B = 78 \text{ kN}$

### 8.2 ATTRITO VOLVENTE

- Eccentricità della risultante del carico sulle ruote  $e = 0.5 \text{ mm}$

Con lo stesso significato dei simboli di cui sopra:

$$FR = Q \cdot e / (D / 2) = 5 \text{ kN}$$

### 8.3 ATTRITO DELLE GUARNIZIONI DI TENUTA

- Interasse tenute laterali  $LA = 3090 \text{ mm}$
- Altezza delle tenute  $h = 3000 \text{ mm}$
- Forza di precarica delle guarnizioni  $fp = 1 \text{ N/mm}$
- Larghezza equivalente di carico delle guarnizioni  $Le = 67.2 \text{ mm}$



- Coefficiente d'attrito massimo delle tenute  $\mu_T = 0.3$
- Forza d'attrito dovuta alle guarnizioni:  $F_T = (L_e \cdot p + f_p) \cdot h \cdot 2 \cdot \mu_T = 21 \text{ kN}$

#### 8.4 SPINTA IDRAULICA VERTICALE

La pressione idraulica e la larghezza della zona caricata sono rappresentate in Figura 3.

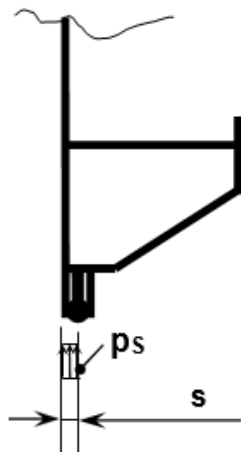


Figura 3 – Spinte idrauliche verticali

- Interasse tenute laterali  $L_A = 3090 \text{ mm}$
- Coefficiente di massimo downpull  $\phi_d = 0.5$

Per tenere conto della situazione più cautelativa, si considera il downpull nel calcolo della massima forza in apertura; al contrario, nella verifica di chiusura per peso proprio, il downpull viene considerato nullo (condizione effettiva in prossimità della chiusura completa).

- Forza idraulica verticale verso l'alto in apertura:

$$F_{IA} = p_s \cdot s \cdot \phi_d \cdot L_A = 6.2 \text{ kN}$$

- Forza idraulica verticale verso l'alto in prossimità della chiusura:

$$F_{IC} = p_s \cdot s \cdot L_A = 12.5 \text{ kN}$$

#### 8.5 PESO DELLA PARATOIA

Il peso totale della struttura metallica della paratoia, inclusi gruppi ruota, sistema di tenuta e parti mobili del cilindro oleodinamico, è pari a:

$$PP = 4000 \text{ kg} = 39.2 \text{ kN}$$

#### 8.6 FORZA MASSIMA IN APERTURA

Per determinare il valore della forza in apertura, si considerano tutti gli attriti e il massimo downpull:

$$F_A = P_T - F_{IA} + F_P + F_R + F_T = 138 \text{ kN}$$

## 8.7 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN APERTURA

La pressione necessaria dell'olio da iniettare nei pistoni per aprire la paratoia sarà pertanto pari a =

$$P_{OIL-AP} = 80.0 \text{ bar}$$

## 8.8 FORZA MASSIMA IN CHIUSURA

Calcoliamo la forza massima necessaria in chiusura

$$FC = FIC - PT + FP + FR + FT = 78.3 \text{ KN}$$

Tenendo conto del coefficiente di sicurezza sulle forze di attrito pari a 1.25

$$FC = FIC - PT + 1.25 \cdot (FP + FR + FT) = 104.6 \text{ KN}$$

## 8.9 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN CHIUSURA

La pressione necessaria dell'olio da iniettare nei pistoni per chiudere la paratoia sarà pertanto pari a =

$$P_{OIL-CH} = 31.3 \text{ bar}$$

## 9. Meccanismo di manovra

Dimensioni del cilindro oleodinamico:

- |                                    |        |                 |
|------------------------------------|--------|-----------------|
| • Alesaggio                        | Ø 180  | mm              |
| • Stelo                            | Ø 100  | mm              |
| • Pressione nominale:              | 160    | bar             |
| • Pressione massima                | 250    | bar             |
| • Area di spinta in apertura       | 175.92 | cm <sup>2</sup> |
| • Pressione necessaria in apertura | 80.0   | bar             |
| • Pressione necessaria in chiusura | 31.3   | bar             |
| • Area di spinta in chiusura       | 254    | cm <sup>2</sup> |

### Analisi corsa totale APRI

- |                                 |      |       |
|---------------------------------|------|-------|
| • Corsa                         | 3000 | mm    |
| • Volume olio apertura cilindro | 52.7 | litri |
| • N° cilindri                   | 1    |       |

### Analisi corsa totale CHIUDI

- |                                 |      |       |
|---------------------------------|------|-------|
| • Corsa                         | 3000 | mm    |
| • Volume olio chiusura cilindro | 76.3 | litri |
| • N° cilindri                   | 1    |       |

Non viene considerata l'evenienza della chiusura a gravità in quanto non necessaria.

### 9.1 ANALISI "CARICO DI PUNTA" STELO CILINDRO OLEODINAMICO

Sull'ipotesi di una chiusura a "doppio effetto" del cilindro è stata analizzata la condizione di "carico di punta" sullo stelo in base alle seguenti ipotesi progettuali:

- Diametro Stelo = 100 mm
- Lunghezza libera massima = 3000 mm
- Pressione massima cilindro idraulico "chiudi" = 31.3 bar
- Forza equivalente su singolo stelo = 7979 kg
- Condizione = estremi incernierati

**ANALISI CARICO DI PUNTA STELO CILINDRO**

diametro barra	d	100	
sezione resistente nominale	As	7853	mm <sup>2</sup>
diametro equivalente	a	100,0	mm
momento inerzia	J	9824982,3	mm <sup>4</sup>
modulo elasticità	E	210000	N/mm <sup>2</sup>
lunghezza libera	L	3000	mm
rapporto l/a (in funzione del materiale)	m	20	[-]

materiale	m
legno	12
acciaio	20
ghisa	10
cls	15

analisi lunghezza libera di inflessione					verifica applicazione carico di punta		
caso	descrizione		l		l/a	l/a > m	l/a > 10
A	pie'le incastrato - sommità libera	$l=2*L$	6000	mm	59,98854	carico di punta	carico di punta
B	estremi incernierati	$l=L$	3000	mm	29,99427	carico di punta	carico di punta
C	pie'le incastrato - sommità incernierata	$l=0,7*L$	2100	mm	20,99599	carico di punta	carico di punta
D	estremi incastrati	$l=L/2$	1500	mm	14,99713	No	carico di punta

Si verifica il carico di punta quando  $\frac{l}{a} > m$  essendo

a=minore dimensione della sezione

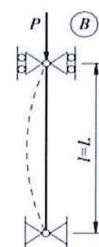
m=12 (legno)

m=20 (acciaio)

m=10 (ghisa)

m=15 (cemento armato)

In generale le formule per il carico di punta vanno applicate quando  $l > 10 \cdot a$ .

**CASO ANALIZZATO**


analisi carico critico					
caso	descrizione	P		P	
A	pie'le incastrato - sommità libera	565650,6821	N	57660,62	kg
B	estremi incernierati	2262602,728	N	230642,5	kg
C	pie'le incastrato - sommità incernierata	4525205,457	N	461285	kg
D	estremi incastrati	9050410,913	N	922569,9	kg

fattore sicurezza sollecitazione statica		
acciai	ns	5
ghisa	ns	8

analisi carico applicato in sicurezza (sollecitazione statica)								
caso	descrizione	F (acciai)			F (ghisa)			
A	pie'le incastrato - sommità libera	113130,1364	N	11532,12	kg	70706,34	N	7207,577
B	estremi incernierati	452520,5457	N	46128,5	kg	282825,3	N	28830,31
C	pie'le incastrato - sommità incernierata	905041,0913	N	92256,99	kg	565650,7	N	57660,62
D	estremi incastrati	1810082,183	N	184514	kg	1131301	N	115321,2

fattore sicurezza sollecitazione dinamica		
acciai	ns	20
ghisa	ns	32

analisi carico applicato in sicurezza (sollecitazione dinamica)								
caso	descrizione	F (acciai)			F (ghisa)			
A	pie'le incastrato - sommità libera	28282,5341	N	2883,031	kg	17676,58	N	1801,894
B	estremi incernierati	113130,1364	N	11532,12	kg	70706,34	N	7207,577
C	pie'le incastrato - sommità incernierata	226260,2728	N	23064,25	kg	141412,7	N	14415,15
D	estremi incastrati	452520,5457	N	46128,5	kg	282825,3	N	28830,31

**VERIFICA CARICO**

CARICO APPLICATO	8976	kg	CARICO IN CHIUSURA CORRISPONDENTE A 46,5 bar
NUMERO BARRE	1		

CARICO PER BARRA			carico statico			carico dinamico		
	8976,00	kg	caso	acciaio	ghisa	caso	acciaio	ghisa
			A	OK	NO	A	NO	NO
			B	OK	OK	B	OK	NO
			C	OK	OK	C	OK	OK
			D	OK	OK	D	OK	OK



## 10. Gruppo “ruote di scorrimento”

### 10.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

La paratoia sarà corredata di apposite ruote di scorrimento realizzate in acciaio INOX le quali sono a contatto con la parte fissa del gargame interessando apposito profilo riportato sulla struttura principale anch'esso in acciaio INOX.

Questa tipologia costruttiva permette una maggior durata dei componenti in questione oltre ad un'efficienza duratura nel tempo.

### 10.2 CARICHI SULLE RUOTE

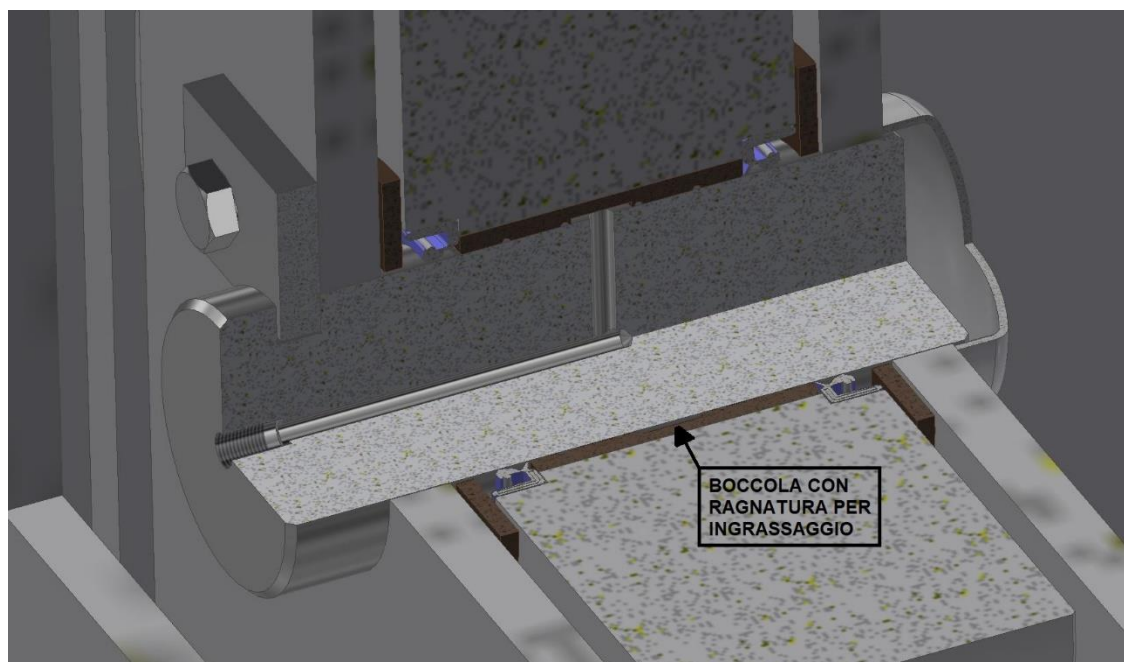
La distribuzione verticale delle ruote (spaziatura) è calcolata in funzione del carico di natura “triangolare” agente sullo scudo della paratia. In tal caso si può garantire la corretta distribuzione degli sforzi su ogni gruppo ruota.

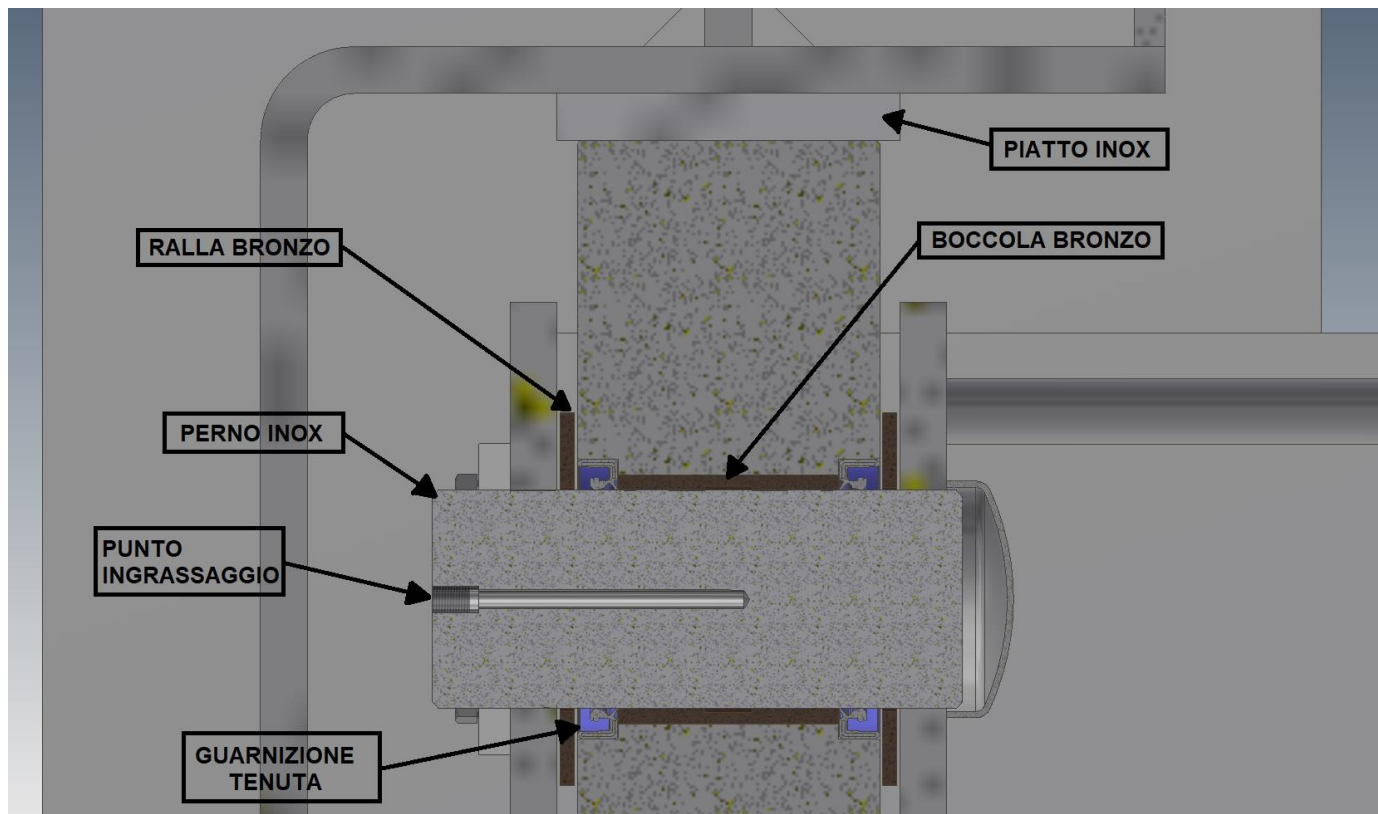
Si prevede nella realizzazione dell'assieme paratoia accurate lavorazioni nella sede degli alberi delle ruote di riscontro al fine di minimizzare fenomeni di disallineamento delle stesse rispetto alla superficie di appoggio.

Per esperienza si considera che il “disallineamento residuo” è ampiamente compensato dall'elasticità dello scudo sottoposto al carico di esercizio.

In fase di montaggio qualora emergessero disallineamenti non accettabili a causa di fattori derivanti dalla posa dei gargami nel conglomerato cementizio (fenomeni di ritiro), sarà opportuno personalizzare ogni gruppo ruota al fine di compensare l'effettivo disassamento.

Si esclude l'applicazione di perni eccentrici in quanto per esperienza non garantiscono la durabilità del posizionamento di aggiustaggio.





## 11. Centralina di comando

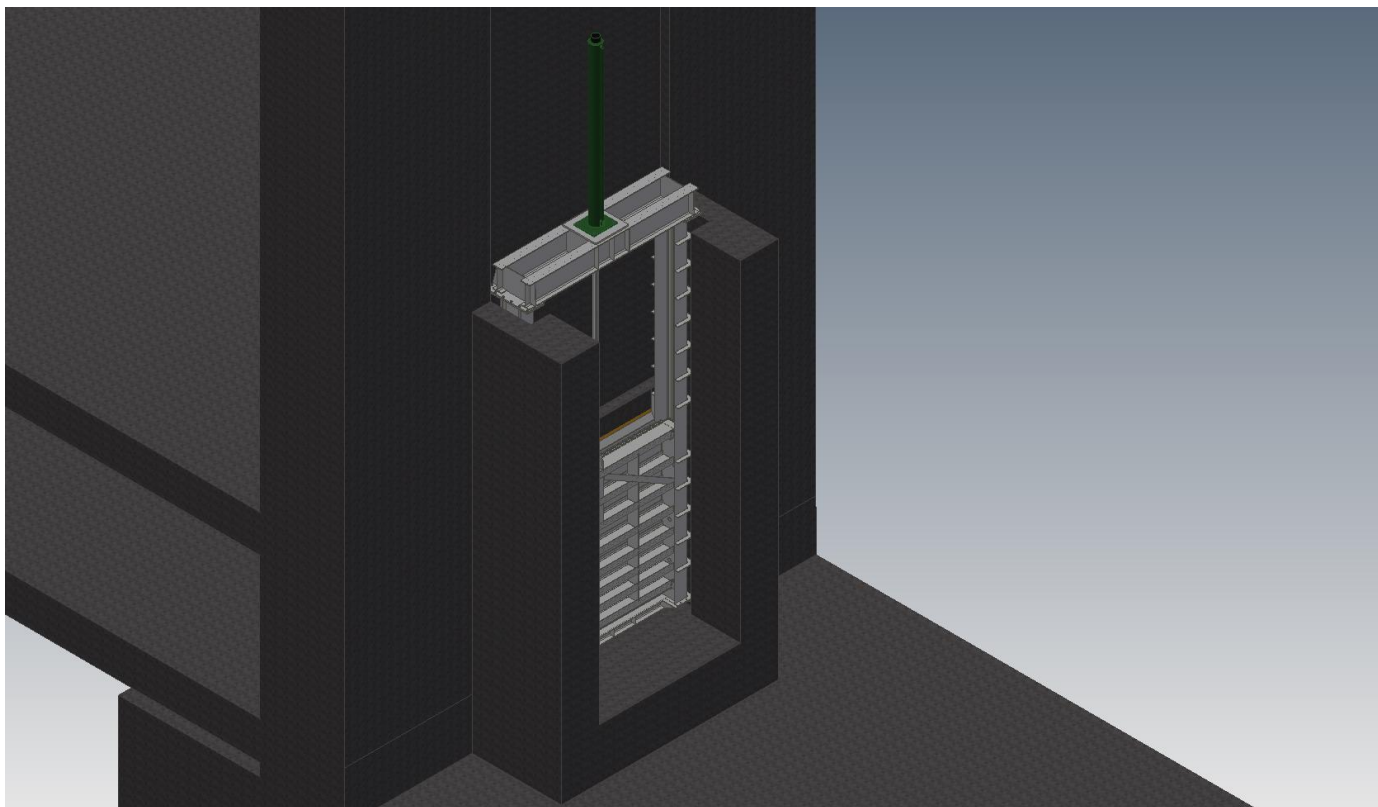
### 11.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA CENTRALINA

Ogni paratoia sarà corredata di apposita centralina oleodinamica di comando.

Detta centralina sarà appositamente realizzata per permettere l'attuazione dell'apertura e chiusura della paratoia mediante iniezione di olio all'interno delle camere del cilindro oleodinamico.

La centralina di comando sarà altresì corredata di apposita batteria di accumulatori a sacca di azoto opportunamente dimensionati al fine di permettere una manovra completa di apertura e chiusura della paratoia anche in caso di assenza di energia elettrica.

In ultimo, al fine di garantire la massima sicurezza nel funzionamento dell'impianto, la centralina di comando sarà corredata di apposita pompa manuale e comandi manuali di attuazione elettrovalvole di comando per permettere ogni manovra (chiusura e apertura) in assenza di ogni fonte di energia (alimentazione elettrica motori, alimentazione elettrica elettrovalvole, pressione stoccata negli accumulatori a sacca di azoto).



## 11.2 DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI ACCUMULATORI

I dati di progetto necessari al dimensionamento degli accumulatori saranno pertanto:

• Funzione richiesta	=	APERTURA-CHIUDE PARATOIA
• Corsa	=	3000 mm (apertura totale)
• Volume olio necessario apertura completa	=	53 litri
• Volume olio necessario chiusura completa	=	76.3 litri
• Pressione massima richiesta apre	=	80.0 bar
• Pressione massima richiesta chiude	=	31.3 bar
• Pressione minima dimensionamento	=	45 bar

DIMENSIONAMENTO ACCUMULATORE A SACCA AZOTO											
CALCOLI											
PRESSIONE CARICA ACCUMULATORE	P1	120	bar								
PRESSIONE MINIMA NECESSARIA	Pmin	45	bar								
VOLUME MASSIMO NECESSARIO	V	128	litri								
PRECARICA AZOTO NECESSARIA	Po	38,25	bar								
RAPPORTO DI COMPRESSIONE	P2/Po	3,1373	-								
VOLUME ACCUMULATORE	Vacc	50	litri								
VOLUME OLIO EROGABILE IN CONDIZIONI ADIABATICHE	Voil	22	litri								
NUMERO ACCUMULATORI		8									
VOLUME TOTALE OLIO EROGABILE (ADIABATICA)		176								OK	
RAPPORTO SICUREZZA VOLUME		1,375	-								
SCELTA DATI E VERIFICA											
PRECARICA AZOTO	Po	40	bar								
PRESSIONE MINIMA EROGABILE	Pmin	47,059	bar								
RAPPORTO DI COMPRESSIONE	P2/Po	3	-								
VOLUME OLIO EROGABILE IN CONDIZIONI ADIABATICHE	Voil	21	litri								
NUMERO ACCUMULATORI		8									
VOLUME TOTALE OLIO EROGABILE (ADIABATICA)		168								OK	
Litri/ Litres	$\Delta P = P2 / P0$	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4
	0.1	0.004	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
	0.35	0.01	0.05	0.08	0.1	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18
	0.5	0.02	0.08	0.12	0.15	0.18	0.2	0.22	0.24	0.26	0.28
	0.8	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.3	0.32	0.35	0.38	0.41
	1.3	0.04	0.18	0.28	0.36	0.43	0.48	0.52	0.56	0.62	0.67
	1.5	0.05	0.2	0.33	0.4	0.49	0.55	0.6	0.65	0.72	0.78
	2.3	0.08	0.3	0.5	0.6	0.75	0.85	0.9	0.99	1.1	1.19
	2.5	0.09	0.33	0.57	0.7	0.8	0.9	0.95	1	1.2	1.3
	4	0.14	0.5	0.8	1.1	1.3	1.4	1.53	1.7	1.92	2.2
	5	0.18	0.7	1	1.4	1.6	1.8	1.93	2.1	2.3	2.5
	6	0.2	0.8	1.2	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.63	2.75
	10	0.36	1.4	2.1	2.7	3.1	3.6	3.9	4.3	4.7	5.2
	20	0.66	2.6	4	5.1	5.9	6.8	7.4	8	9.9	12.7
	35	1.2	4.6	7.3	9.3	10.8	12.3	13.3	14.4	15.4	16.5
	50	1.7	6.8	10.6	13.6	15.5	18	19.5	21.1	22.8	24.4

Viene pertanto scelto di installare n° 8 accumulatori a sacca di azoto precaricati a 40 bar (azoto) con pressione di carica dell'olio pari a 120 bar ed in grado di erogare efficacemente un volume d'olio pari a 176 litri a pressione finale di 45 bar.

Considerato che le paratoie sono studiate per essere posizionate con una luce di lavoro di 3.0 m le condizioni di lavoro dei cilindri saranno pertanto:

- Funzione richiesta = APERTURA PARATOIA
- Corsa = 3000 mm (apertura parziale)
- Volume olio necessario = 56.28 litri
- Pressione massima richiesta = 80.0 bar
- Pressione minima dimensionamento = 60 bar

Il volume erogato dalla batteria di accumulatori (136 litri) corrisponde a **1.37 volte** il volume necessario per effettuare 1 ciclo completo di Apre-Chiude.

### 11.3 DESCRIZIONE DELLA CENTRALINA OLEODINAMICA

La centralina oleodinamica, opportunatamente dimensionata, sarà realizzata con un serbatoio in lamiera di acciaio e sottostante vasca di raccolta olio di capacità idonea per contenere il volume totale di fluido.

La “batteria di accumulatori” sarà installata a parte dalla centralina per ovvie ragioni di ingombro ed anch’essa sarà corredata di apposita vasca di raccolta atta a contenere il volume completo di olio stoccato all’interno della batteria.

La centralina sarà dotata dei seguenti accessori:

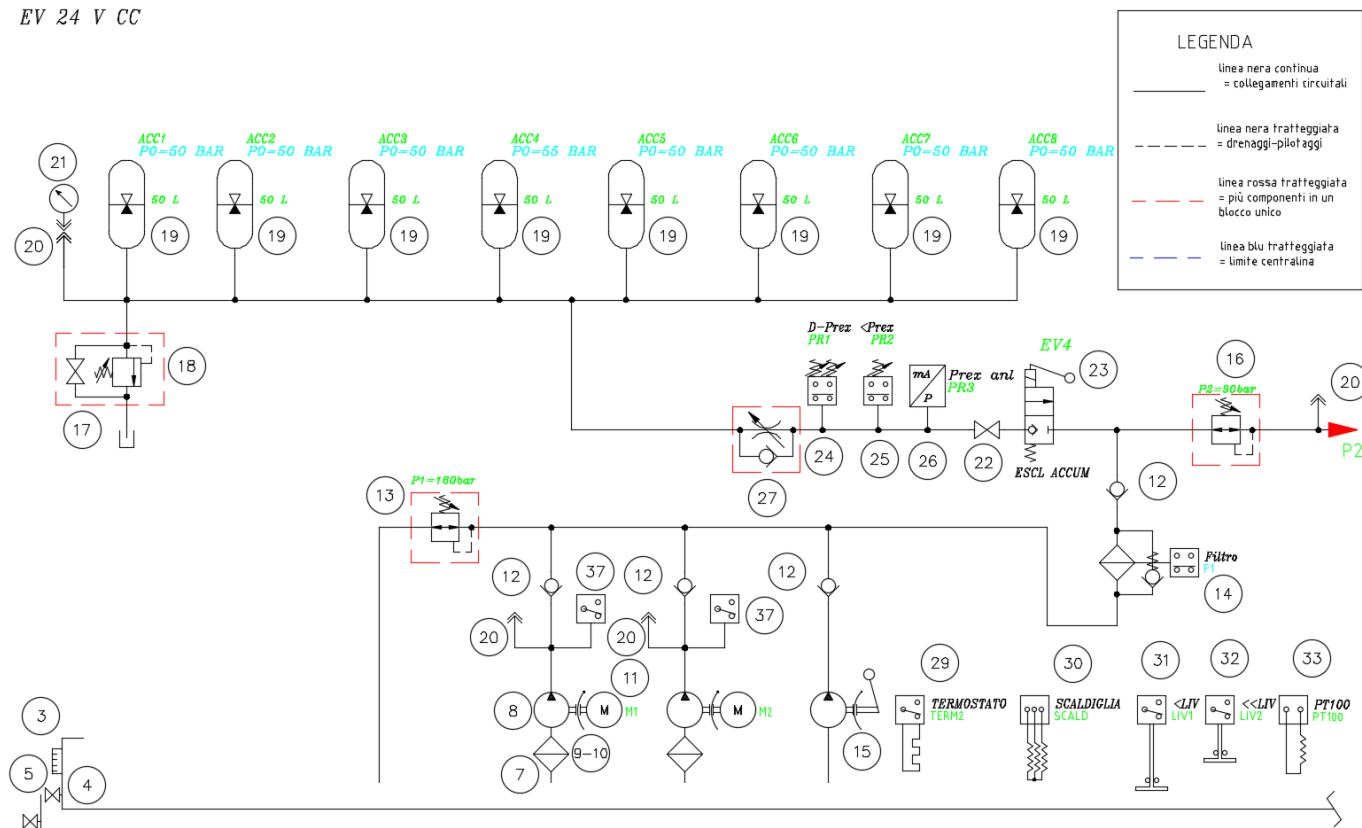
- Doppio gruppo motore-pompa (MOTORE= 7.5 Kw)
- Pompa manuale
- Filtri in aspirazione
- Filtri in mandata
- Pressostato di massima (160 bar)
- Valvola di sicurezza PED (300 bar)
- Pressostato differenziale
- Sensore di pressione analogico
- Scaldiglia
- Sonda di temperatura (PT 100)
- Termostato
- Batteria accumulatori a sacca di azoto (N°4 da 50 lt)
- Elettrovalvola di esclusione batteria accumulatori (comando elettrico e manuale)
- Elettrovalvola di attuazione Apri-Chiudi doppio effetto (comando elettrico e manuale)
- Elettrovalvola di chiusura a gravità (comando elettrico e manuale)
- Regolatori di flusso
- Valvole di esclusione ed isolamento paratoia
- Valvole di messa a scarico
- Oblò di ispezione
- Livellostatici elettrici
- Livellostatico visivo
- Termometro



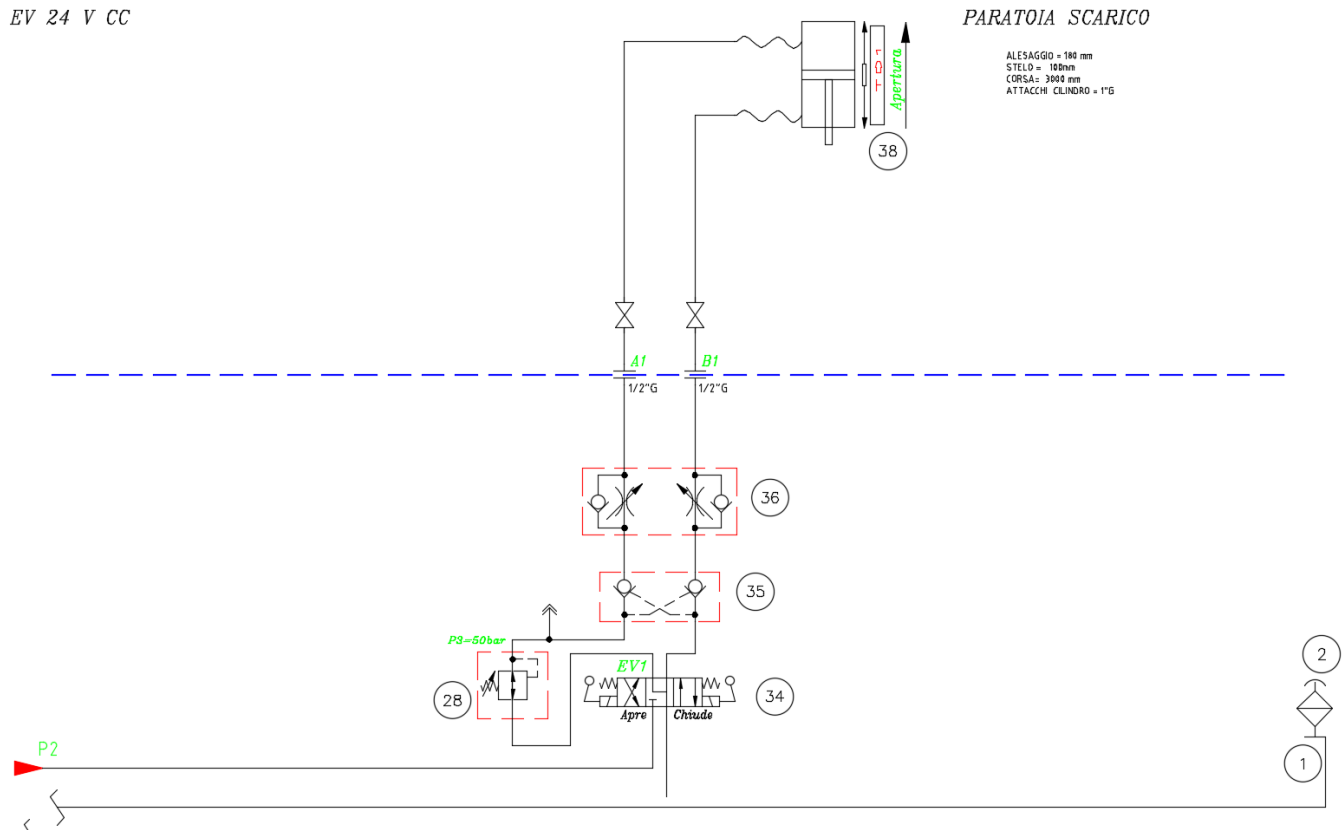


Foto illustrativa della centralina oleodinamica

EV 24 V CC



EV 24 V CC



RIF	DESCRIZIONE	MARCA	Q. TA'
1	VASCA IN LAMIERA VERNICIATA	SCOTTA	1
2	TAPPO CARICO SFIATO	MP	1
3	LIVELLO MISIVO	MP	1
4	RUBINETTO SCARICO SERBATOIO	EFFEBI	1
5	RUBINETTO SCARICO VASCA RACCOLTA OLIO	EFFEBI	1
6	VASCA RACCOLTA 100% OLIO	SCOTTA	1
7	FILTRO ASPIRAZIONE	MP	2
8	POMPA AD INGRANAGGI PLP	CASAPPA	2
9	LANTERNA ACCOPPIAMENTO	MP	2
10	GIUNTO ACCOPPIAMENTO	MP	2
11	MOTORE ELETTRICO 4p B5 230/400V 50Hz	SIMOTOP	2
12	VALVOLA RITEGNO	TOGNELLA	4
13	BLOCCO V.MAX	HYDROVER	1
14	FILTRO PRESSIONE	MP	1
15	POMPA A MANO	OMFB	1
16	VALV.RIDUTTRICE	DIPLOMATIC	1
17	RUBINETTO SCARICO	HYDROVER	1
18	VALVOLA DI SICUREZZA (CE/PED)	HYDROVER	1
19	ACCUMULATORE A-51C-E050NK Po=40 BAR	OMT	8

RIF	DESCRIZIONE	MARCA	Q. TA
20	INNESTO PER MANOMETRO MCS.620.09.204.00	OLEOTEC	4
21	MANOMETRO D.63 RAD. 250 BAR 1/4"	WIKA	1
22	RUBINETTO SEZIONAMENTO ACCUMULATORI	STAUFF	1
23	ELETTROVALVOLA CON COMANDO MANUALE ESCLUSIONE ACCUMULATORI	DUPLOMATIC	1
24	PRESSOSTATO DIFFERENZIALE	TELEMECHANIQUE	1
25	PRESSOSTATO MINIMA	TELEMECHANIQUE	1
26	PRESSOSTATO ANALOGICO	WIKA	1
27	REG.FLUSSO	WALVOIL	1
28	VALVOLA RIDUTTRICE	DUPLOMATIC	1
29	TERMOSTATO	EMMEGI	1
30	SCALDIGLIA	REART	1
31	LIVELLO ELETTRICO RL/G1-F2-S1A MIN LIV	GIACOMELLI	1
32	LIVELLO ELETTRICO RL/G1-F2-S1A MAX LIV	GIACOMELLI	1
33	PT100	TERMOTECNICA	1
34	ELETTROV. L.6 DS3-S3/10N-D00-K1 24V DC	DUPLOMATIC	1
35	VALVOLA BLOCCO L.6 MOD. MVPP-D	DUPLOMATIC	1
36	REG.FLUSSO MOD.L.6 MERS-D	DUPLOMATIC	1
37	PRESSOSTATO GRUPPO POMPA-MOTORE	TELEMECHANIQUE	2
38	TRASDUTTORE LINEARE DI POSIZIONE	BALLUFF	1

La centralina provvederà per il tramite dei gruppi di pompaggio al ripristino della carica della batteria di accumulatori installata in funzione del valore rilevato dal pressostato differenziale installato.

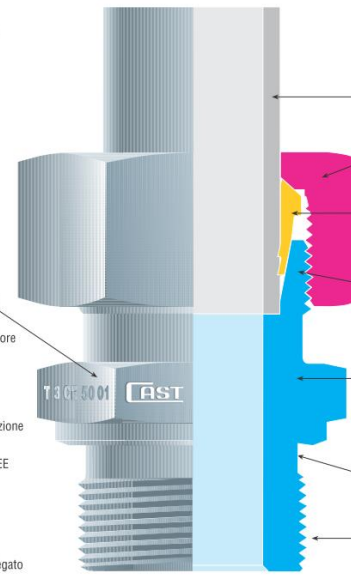
Al fine di garantire l'efficace mantenimento della pressione accumulata nei serbatoi in pressione, questi saranno corredati di apposita elettrovalvola di esclusione che verrà azionata dal sistema di controllo in caso di necessità.



Altresì detta elettrovalvola avrà un comando di apertura manuale in modo da poter utilizzare l'energia stoccata in forma di pressione anche in caso di mancanza di ogni forma di alimentazione elettrica.

Tutte le tubazioni oleodinamiche saranno realizzate in acciaio inox con giunzioni DIN 2353 a mezzo di ogiva idonee alla Pmax di 250 bar.

**SISTEMA DI GIUNZIONE DIN 2353**



**Marchi di rintracciabilità:**  
**CAST** = Logo del Produttore  
 • T = Stabilimento di produzione  
 • 3 = Anno di fabbricazione  
 • CE = Prodotto nella CEE  
 • 50 = Tipo di acciaio impiegato  
 • 01 = N° di colata dell'acciaio impiegato

**Prescrizioni di riferimento:**

- Tubo E 235 EN 10305-4
- Dado DIN 3870
- Anello tagliante DIN 3861-B
- Forma della sede DIN 3861
- Corpo raccordo DIN 3901
- Sede di tenuta metallo su metallo DIN 3852-1B/2B
- Estremità filettata DIN 3852

**• TUBI IN ACCIAIO INOSSIDABILE DA IMPIEGARE PER TUTTE LE SERIE**

- Per i tubi in acciaio inossidabile consigliamo di utilizzare tubi calibrati e lucidati, trafilati a freddo senza saldatura, in materiale 1.4571 secondo UNI EN 10216-5 oppure ASTM A269.
- La durezza massima consentita misurata sul diametro esterno del tubo è 85 HRB.
- Le pressioni indicate nella tabella sottostante sono valide generalmente con un carico costante e con temperatura compresa tra -60°C e +200°C.

ØTubo mm	Tolleranza EN 10305-1 mm	Spessore mm	Pressione DIN 2413-1 statico (bar)	Peso Kg/m
4		0.5	326	0.048
4	±0.1	1	544	0.076
6		1	406	0.125
6	±0.1	1.5	572	0.169
6		2	721	0.200
8		1	347	0.225
8	±0.1	1.5	449	0.244
8		2	572	0.301
8		2.5	686	0.344
10		1	294	0.225
10	±0.1	1.5	389	0.319
10		2	498	0.401
10		2.5	601	0.469
10		3	694	0.526
12		1 (1)	245	0.275
12	±0.08	1.5	368	0.394
12		2	426	0.500
12		2.5	516	0.595
12		3	601	0.676
12		3.5	679	0.745
14		1.5	315	0.469
14	±0.08	2	420	0.601
14		2.5	452	0.720
14		3	529	0.826
14		3.5	601	0.920
15		1.5	294	0.507
15	±0.08	2	392	0.651
15		2.5 (3)	426	0.782
15		3	498	0.902
16		1 (3)	183	0.373
16	±0.08	1.5 (2-3)	275	0.544
16		2	368	0.702
16		2.5	402	0.845
16		3	471	0.977
18		1 (3)	163	0.423
18	±0.08	1.5 (1)	245	0.619
18		2	326	0.801
18		2.5	409	0.971
18		3	426	1.128
18		4 (3)	544	1.401

ØTubo mm	Tolleranza EN 10305-1 mm	Spessore mm	Pressione DIN 2413-1 statico (bar)	Peso Kg/m
20		2 (2-3)	294	0.902
20	±0.08	2.5	368	1.095
20		3	389	1.277
20		3.5	444	1.446
20		4	498	1.602
22		1.5 (3)	200	0.764
22	±0.08	2 (1)	267	1.001
22		2.5	334	1.220
22		3	401	1.427
22		4 (3)	459	1.802
22		5 (3)	555	2.402
25		2 (1)	236	1.151
25	±0.08	2.5	294	1.408
25		3	352	1.653
25		4	411	2.104
25		4.5	456	2.310
25		5 (3)	498	2.490
28		2 (1)	210	1.301
28	±0.08	2.5	263	1.596
28		3	315	1.878
28		4 (3)	420	2.403
28		5 (3)	452	2.878
30		2 (2-3)	175	1.402
30	±0.08	2.5	245	1.721
30		3	294	2.028
30		4	352	2.604
30		5 (3)	426	3.110
32		3 (3)	275	2.177
32	±0.15	4 (3)	368	2.803
32		5 (3)	403	3.378
35		2 (1)	168	2.222
35	±0.15	2.5	210	2.034
35		3	252	2.403
35		4	336	3.104
38		3 (2-3)	232	2.628
38	±0.15	4	310	3.405
38		5	387	4.131
42		3	210	2.929
42	±0.2 (4)	4	280	3.806

(1) Tubi a cui bisogna mettere la boccia di rinforzo solamente per raccordi a norma DIN 2353  
 (2) Da utilizzare solamente per raccordi a 37° norma ISO 8434-2/SAE J514  
 (3) Da utilizzare solamente per raccordi OHS norma ISO 8434-3/SAE J1453  
 (4) La CAST S.p.A., per sua scelta tecnica, costruisce la sede tubo Ø42L con tolleranza B11.

**PRESSIONI DI CALCOLO**

Il calcolo della pressione con sollecitazioni statiche è eseguito secondo DIN 2413-1 con carico unitario di snervamento  $K = 245N/mm^2$ . Per tubi con rapporto tra diametro esterno/interno  $> 1,35$  il calcolo è eseguito secondo DIN 2413-111, ma con carico unitario di snervamento  $K = 245N/mm^2$ .  
 Le pressioni con sollecitazioni dinamiche secondo DIN 2413-111 non sono indicate in quanto nella UNI EN 10216-5 non viene fornito il valore K della sollecitazione di fatica permanente. Raccomandiamo per il calcolo secondo DIN 2413-111 di assumere un valore  $K = 190N/mm^2$ .  
 Fattore di sicurezza  $S = 1,5$   
 Coefficiente di riduzione  $c = 0, 9$   
 Corrosione: per il calcolo della pressione non viene considerato alcun fattore di correzione.

## 12. Accettabilità dei risultati del modello di calcolo adottato

Ai sensi della N.T.C 2008 (punto 10.2) si dichiara quanto segue:

### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali principali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

**Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Titolo	AUTODESK INVENTOR
Versione	19
Produttore	AUTODESK
Licenza	Contratto #110002010808 scadenza 15/01/2021

**Affidabilità dei codici di calcolo**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice AUTODESK ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

**Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dall'utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo **sono da ritenersi validi ed accettabili**.