

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 B 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	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

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

SCALA

 LUGLIO
 2020

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	3
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI	3
1.3 SEZIONE TIPO DEL MANUFATTO E POSIZIONE DELLE PARATOIA.....	4
2. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA PARATOIA	6
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4. DESCRIZIONE DELLA PARATOIA E DEI DETTAGLI ESECUTIVI.....	7
5. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLA PARATOIA	13
6. ANALISI DEI CARICHI	14
6.1 AZIONI A SLU – MASSIMO INVASO.....	15
6.2 AZIONI A SLU – MASSIMA REGOLAZIONE	16
6.3 AZIONI A SLV	17
6.4 AZIONI A SLD	18
7. VERIFICA DELLA STRUTTURA PRINCIPALE.....	19
7.1 VERIFICA DELLE TRAVI ORIZZONTALI.....	19
8. FORZE DI MANOVRA	25
8.1 ATTRITO DEI PERNI DI ROTAZIONE	25
8.2 ATTRITO VOLVENTE.....	25
8.3 ATTRITO DELLE GUARNIZIONI DI TENUTA	25
8.4 SPINTA IDRAULICA VERTICALE.....	26
8.5 PESO DELLA PARATOIA.....	26
8.6 FORZA MASSIMA IN APERTURA	27
8.7 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN APERTURA	27
8.8 FORZA MASSIMA IN CHIUSURA	27
8.9 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN CHIUSURA	27
9. MECCANISMO DI MANOVRA	27
9.1 ANALISI “CARICO DI PUNTA” STELO CILINDRO OLEODINAMICO	28
10. GRUPPO “RUOTE DI SCORRIMENTO”	32
10.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	32

10.2	CARICHI SULLE RUOTE.....	32
11.	CENTRALINA DI COMANDO	33
11.1	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA CENTRALINA	33
11.2	DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI ACCUMULATORI	34
11.3	DESCRIZIONE DELLA CENTRALINA OLEODINAMICA.....	35
12.	ACCETTABILITA' DEI RISULTATI DEL MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO	39

1. Premessa

La presente relazione di calcolo della paratoia del manufatto B 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 B, che collega il comparto 1 al comparto 2, è costituito da una struttura tracimabile in calcestruzzo massiccio, fondata a quota 130,00 m s.m., con approfondimenti a q. 128,50 m s.m. in corrispondenza dei denti a monte ed a valle. Il profilo trasversale è essenzialmente triangolare e presenta una larghezza alla base di 18,5 m. Il ciglio di sfioro è a quota 143,70 m s.m. e l'alveo a monte (fondo della cassa di monte) a quota circa 135,00 m s.m.; a valle del manufatto è presente una vasca di dissipazione che parte dal piede di valle del manufatto a q. 131,50 m s.m.

Al fine di consentire lo svaso del comparto 1, in corrispondenza della spalla in sinistra del manufatto B (lato manufatto A) viene realizzato un canale scatolare di dimensioni nette interne pari a 2.5 x 2.5 m, il cui sbocco è collocato in corrispondenza della vasca di dissipazione del manufatto stesso, nel comparto 2. La quota di fondo del canale in corrispondenza dell'imbocco si pone alla quota 133.10 m slm, al fine di convogliare le acque raccolte dal fosso di guardia.

Il canale è presidiato da una paratoia piana ad azionamento oleomeccanico (centrale + cilindri) e relativi comandi di manovra e controllo. In condizioni normali il manufatto B si presenta con la paratoia in condizione "Aperta"; durante l'evento di piena, al fine di mettere in funzione la cassa di espansione, sarà necessario chiudere completamente la paratoia, che successivamente verrà aperta, al termine dell'evento, per scaricare le acque del comparto 1 nel comparto 2.

La paratoia sarà pertanto 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.

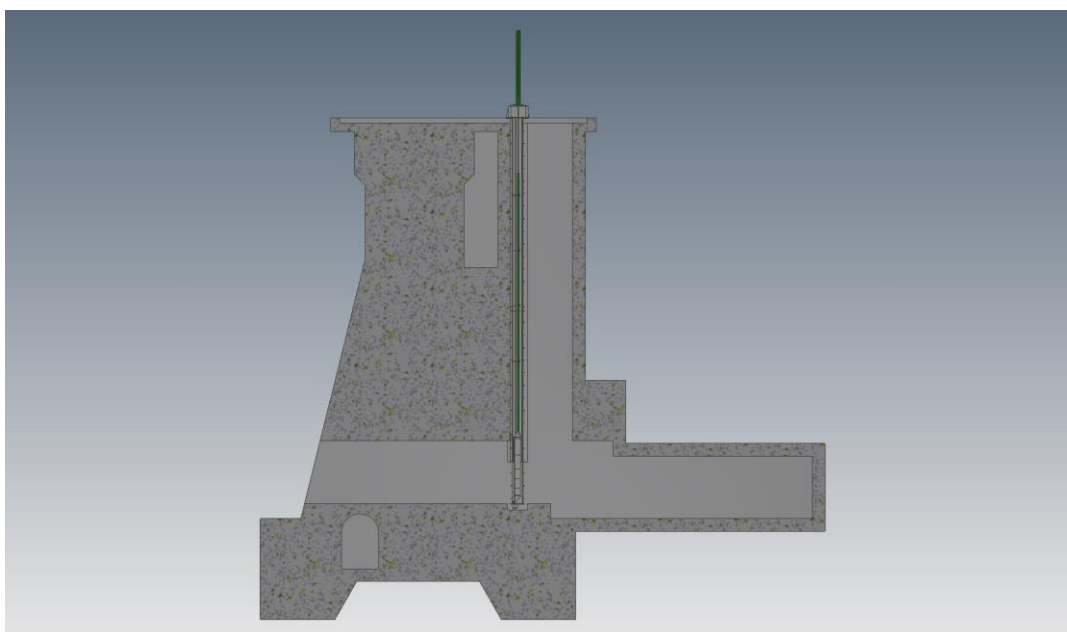
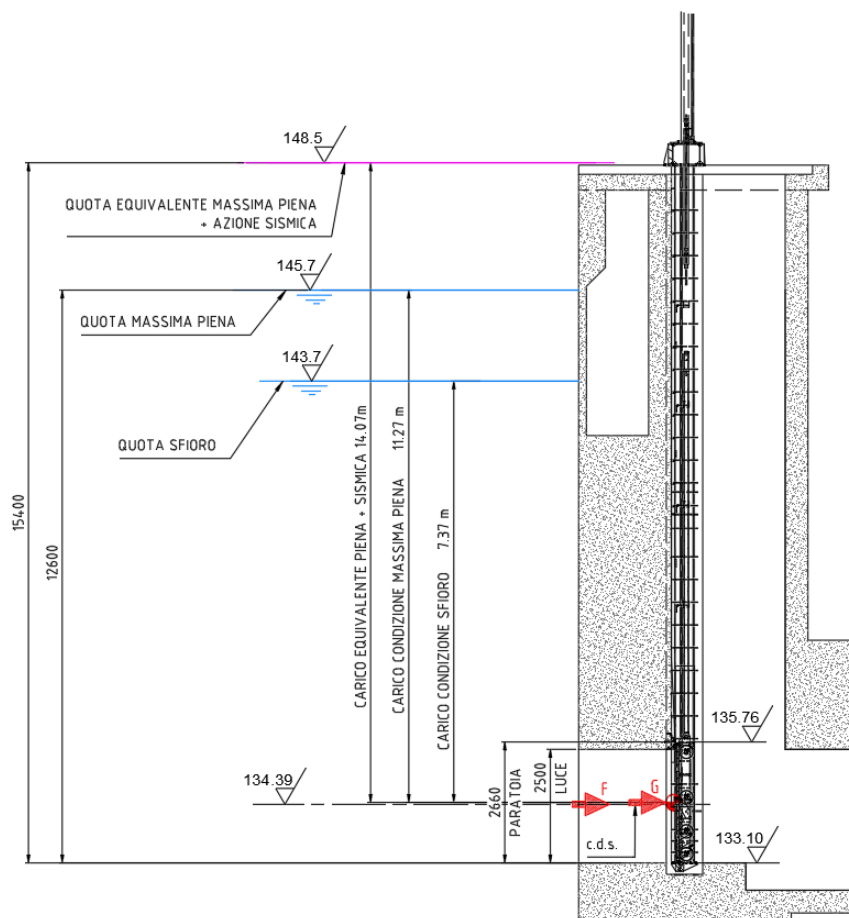
Tutte le carpenterie in questione saranno realizzate mediante unioni saldate secondo quanto richiesto dalla norma EN ISO 15609-1 /2006.

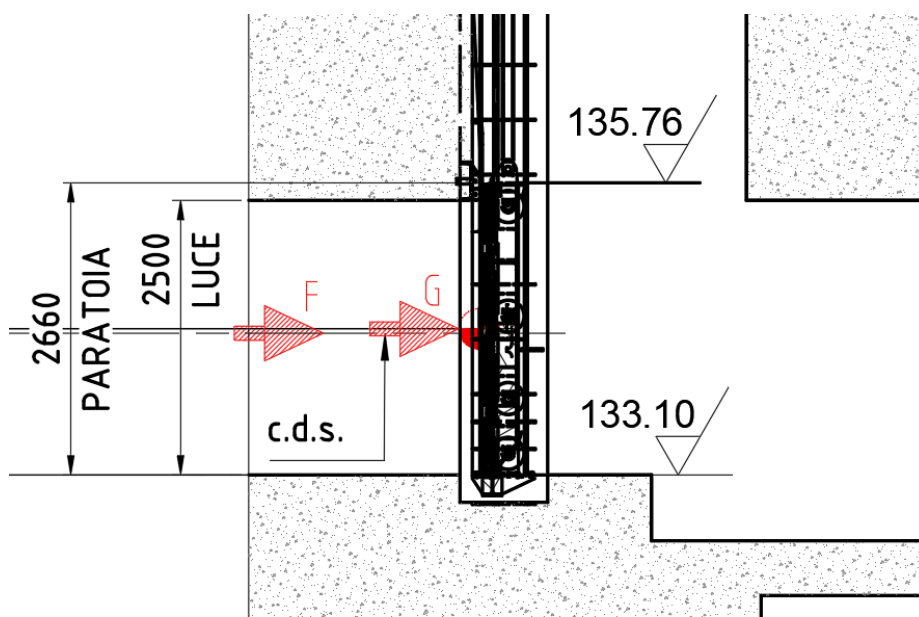
Relativamente alle normative di riferimento per le centraline oleodinamiche e accessori, per la stesura del presente documento, si fa riferimento alle seguenti:

- 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 PARATOIA

La sezione tipo del manufatto B in corrispondenza della paratoia è rappresentata nella seguente figura.





2. Caratteristiche tecniche della paratoia

• Larghezza libera della luce:	2.5	m
• Altezza libera della luce:	2.5	m
• Interasse tenute verticali:	2590	mm
• Altezza paratoia:	2660	mm
• Interasse ruote:	2780	mm
• Quota fondo paratoia	133.1	m s.l.m.
• Quota sfioro	143.7	m s.l.m.
• Quota massima piena	145.7	m s.l.m.
• Quota equivalente massima piena +azione sismica considerata	148.5	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

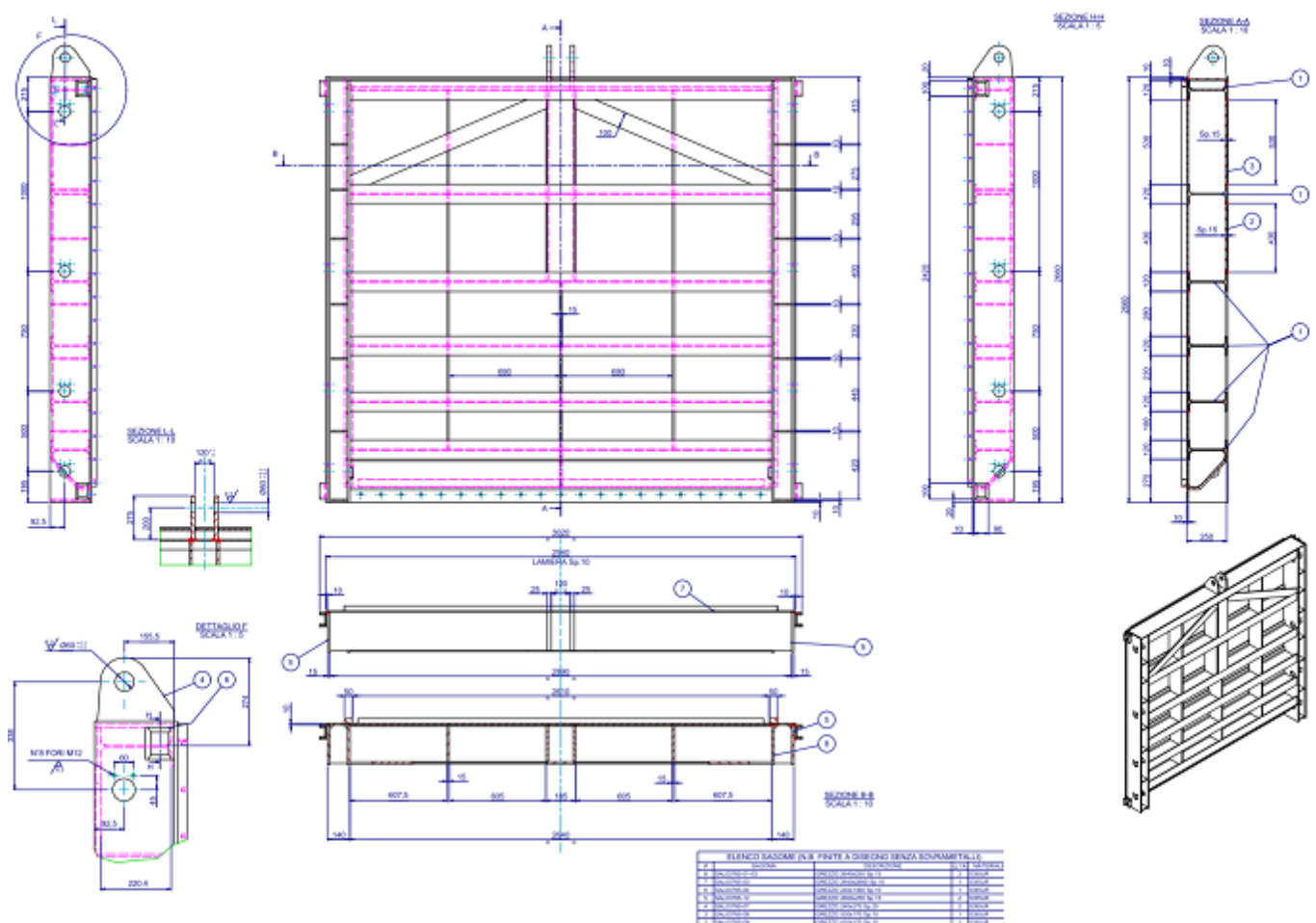
EN 10025 S355 JR

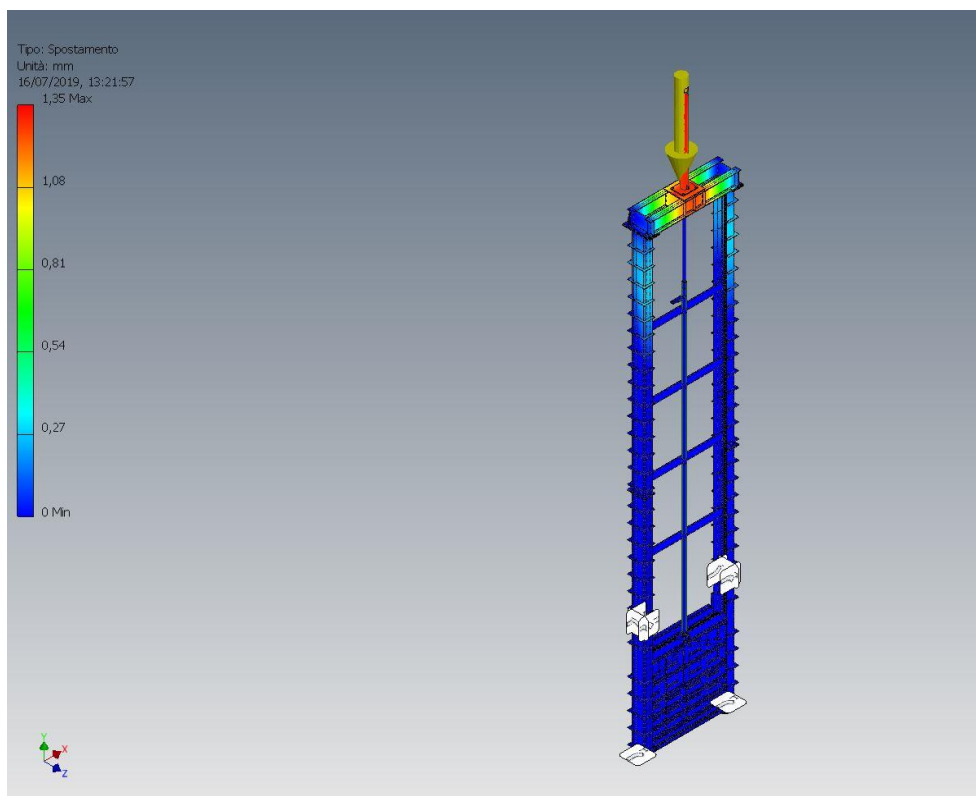
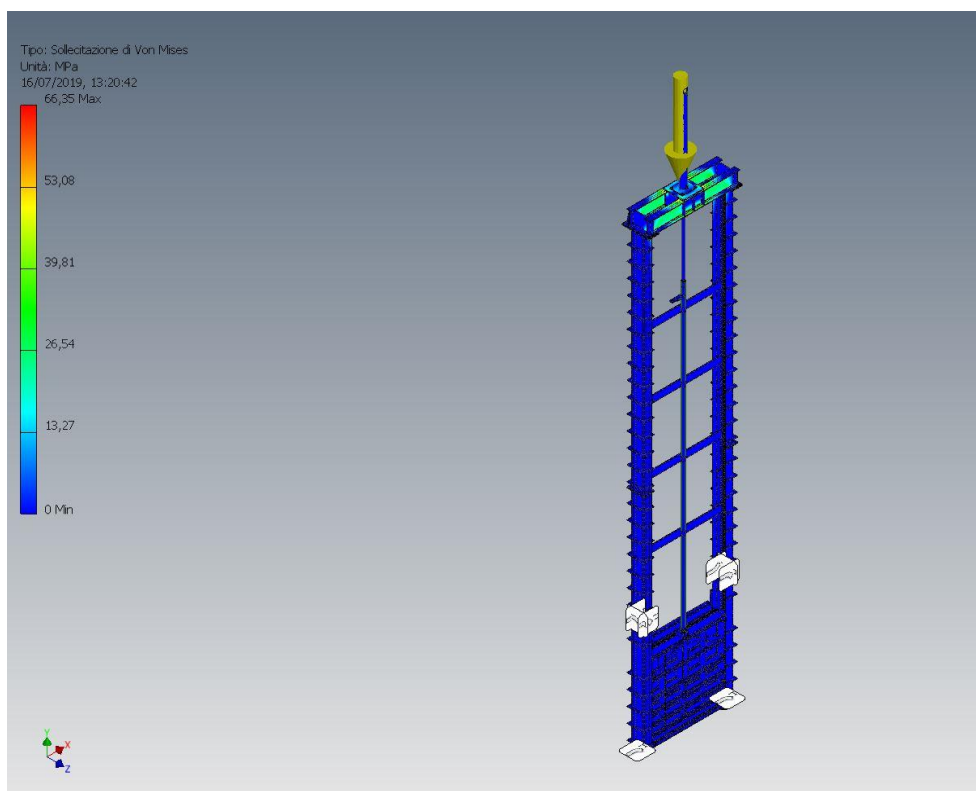
- Tensione minima di rottura $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
- Tensione minima di snervamento $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di taglio di calcolo $f_{Rd} = f_{yk} / (\sqrt{3} * 1.05) = 195 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E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

Le strutture della paratoia sarà in acciaio elettrosaldato superficialmente trattato con apposito ciclo di verniciatura resistente all'acqua.

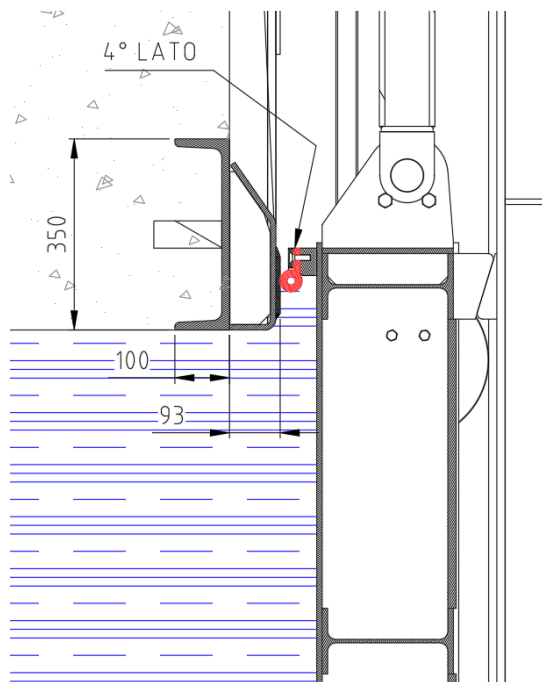
4. Descrizione della paratoia e dei dettagli esecutivi

La paratoia installata nel "manufatto B" sarà un organo di tenuta "piana" carrellata 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.



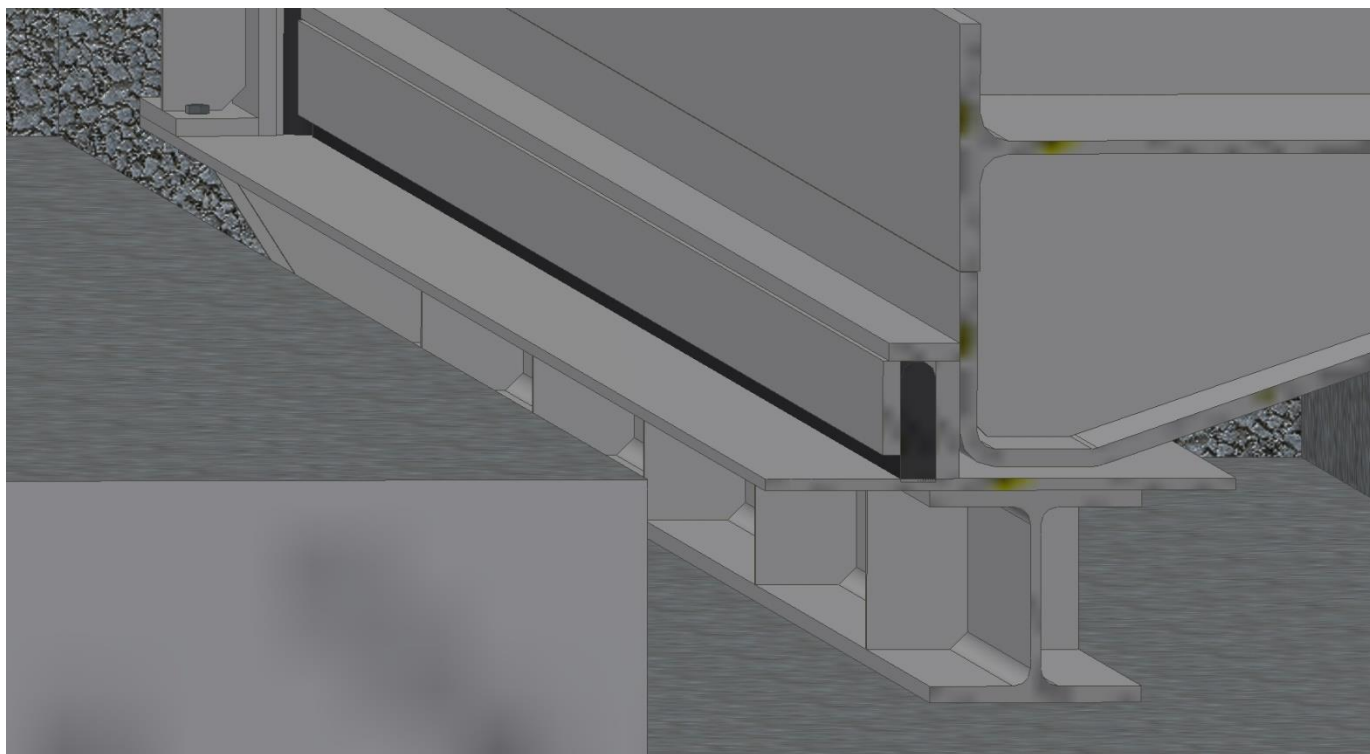
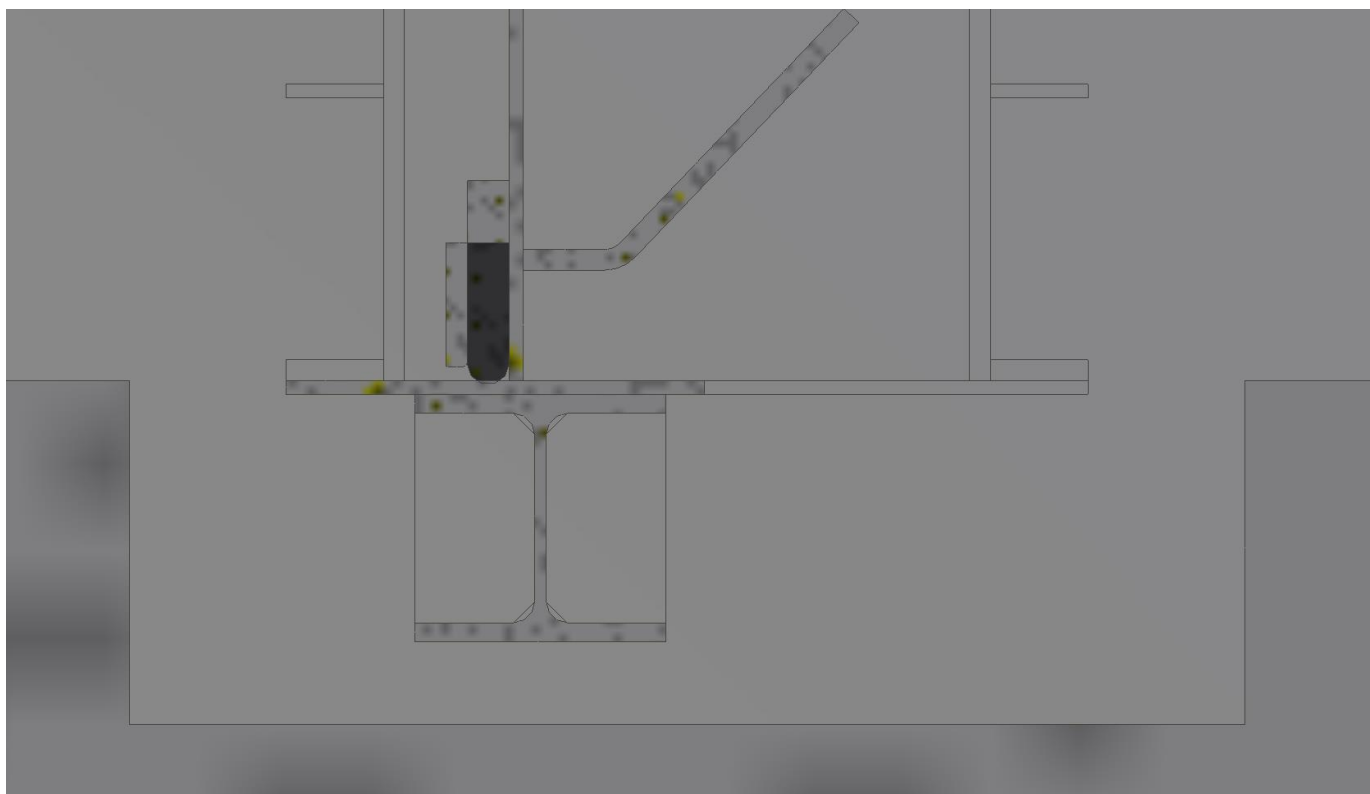


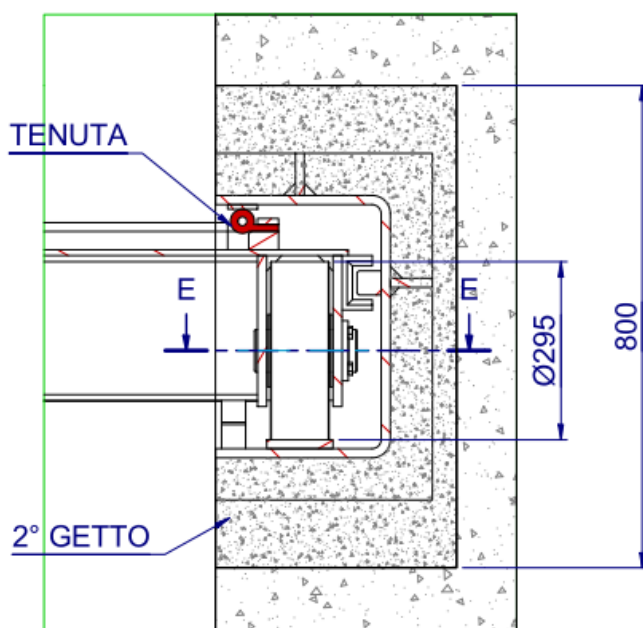
La paratoia avrà tenuta a 4 lati garantita nella condizione di “paratoia chiusa”. Nelle condizioni di apertura parziale, la tenuta sarà unicamente funzionale sui due lati verticali.



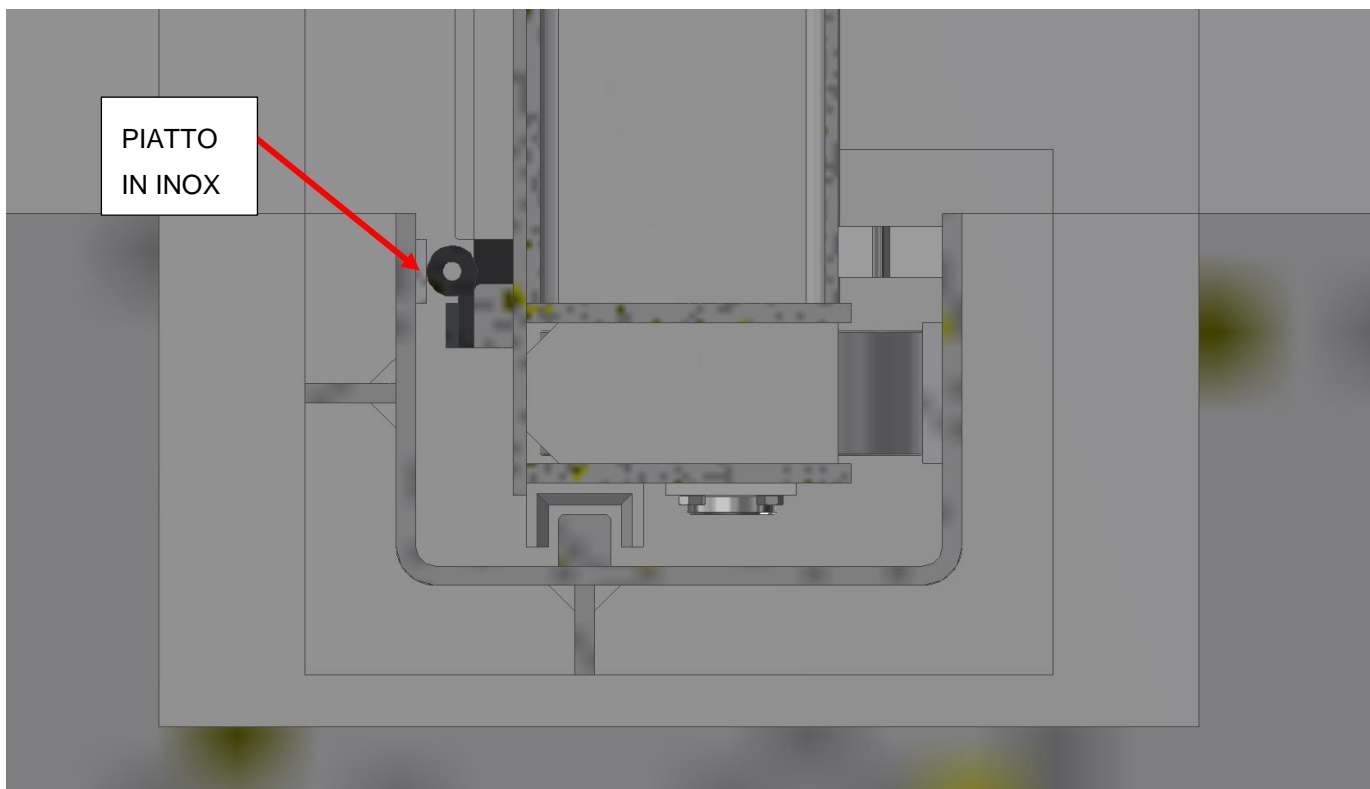
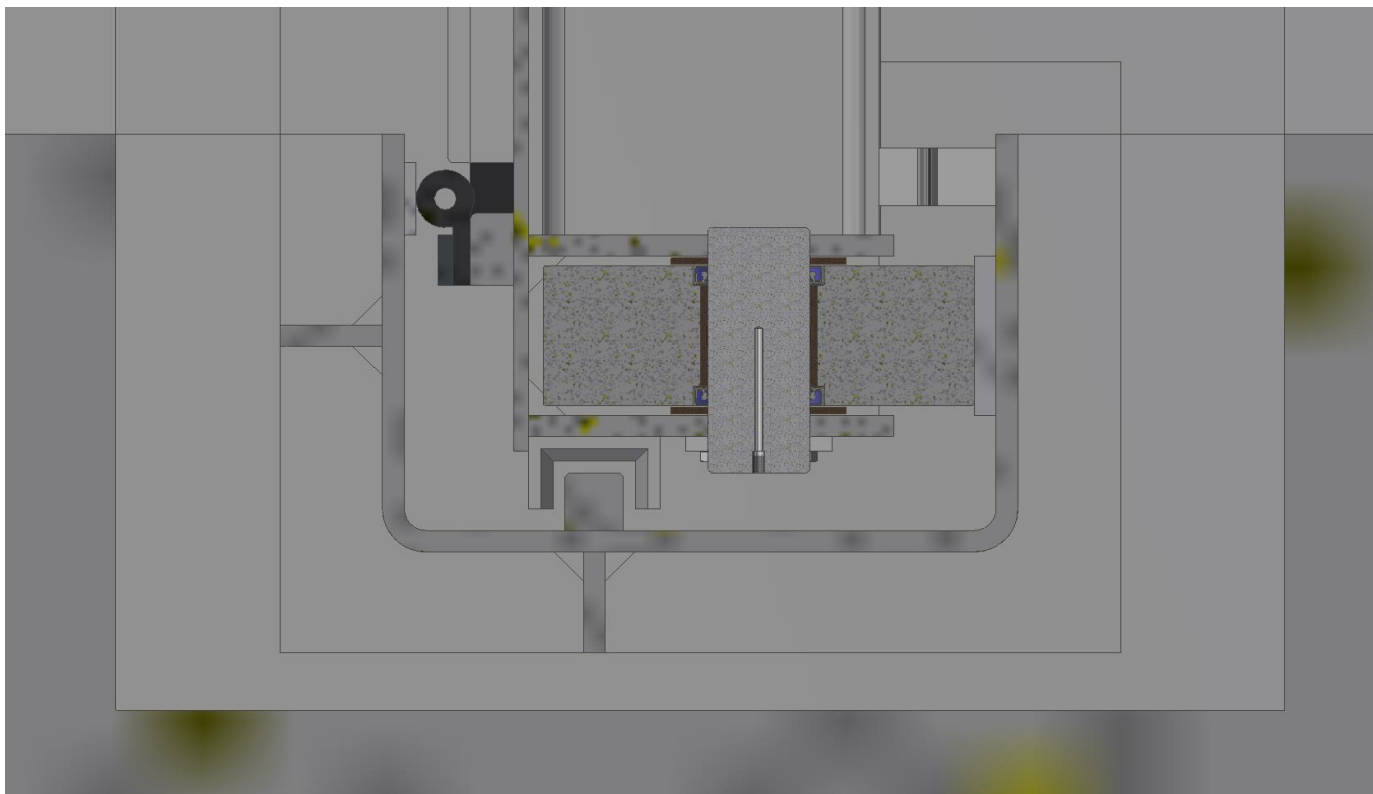
DETTAGLIO TENUTA 4°
LATO STAFFAGGIO
PARATOIA CON CILINDRO



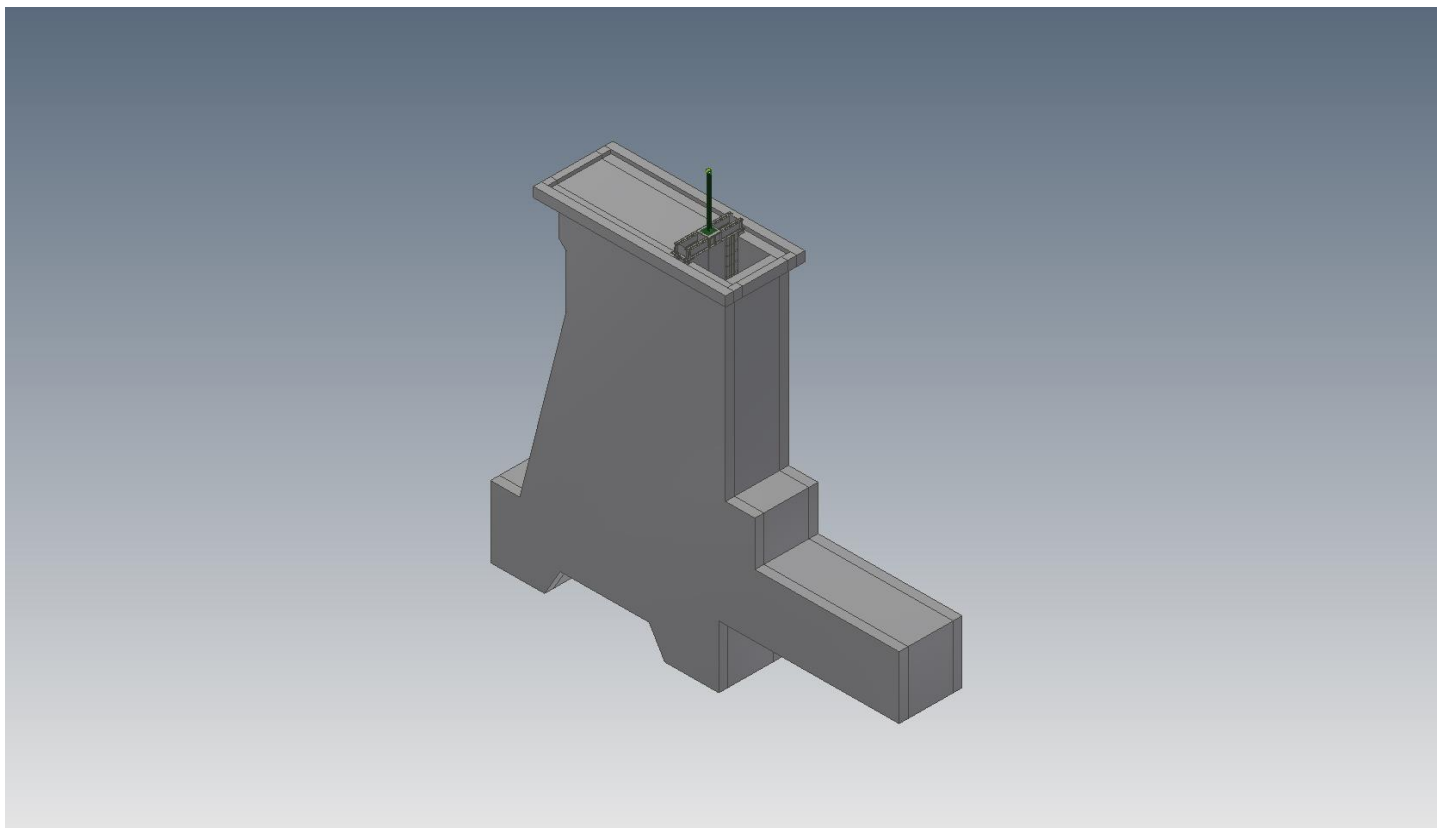




Tutte le guarnizioni di tenuta a strisciamento sui diaframmi fanno riscontro su apposite sedi in INOX applicate sui gargami. Questo al fine di garantire una maggiore durabilità ed efficacia delle tenute applicate.



La 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 della paratoia

La paratoia installata sul “Manufatto B”, le cui condizioni operative la vedono sempre in posizione di chiusura, ha principalmente la funzione di permettere lo svuotamento del bacino di ritenuta.

Secondo un criterio di sicurezza, i manufatti delle opere di sezionamento (scudi paratoie, gargami e cilindri idraulici) 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.

Apposito trasduttore di posizione tipo “Balluff” installato all’interno del cilindro oleodinamico permetterà in continuo il monitoraggio della posizione della paratoia sui pannelli operatore.

La 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 invasivo.

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	133.1	m s.l.m.
• Altezza scudo paratoia	2.66	m
• Altezza luce paratoia	2.5	m
• Larghezza scudo paratoia	2.59	m
• Larghezza luce paratoia	2.5	m
• Interasse ruote paratoia	2.78	m
• Quota baricentro paratoia in posizione chiusa	134.43	m

Il **peso proprio** della paratoia è pari a circa 25 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	145.7	m s.l.m.
• SLV / SLD - Quota sfioro (massima regolazione)	143.7	m s.l.m.

Il calcolo della **spinta inerziale dovuta alla paratoia** tiene conto di un peso della paratoia pari a 25 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

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

ρ = 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 α 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.

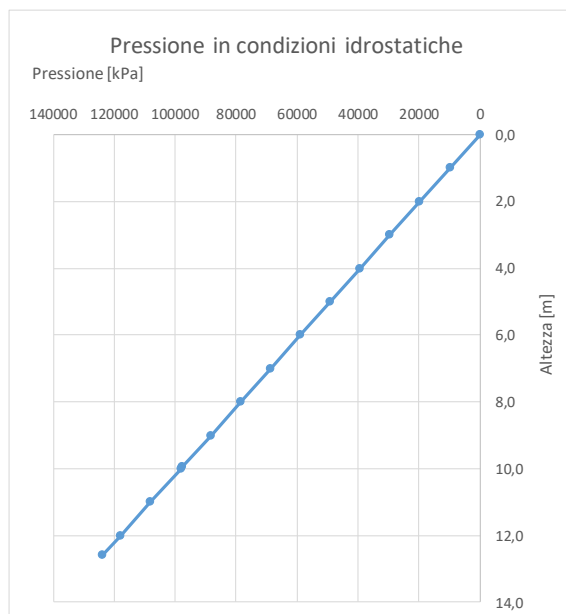
6.1 AZIONI A SLU – MASSIMO INVASO

Caratteristiche geometriche

y H	=	145,7 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	133,1 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	135,76 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	2,66 m	Altezza della paratoia
B	=	2,59 m	Larghezza della paratoia
C	=	2,5 m	Luce della paratoia
S	=	6,89 mq	Superficie dello scudo
QG	=	134,43 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	11,27 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	9,94 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	12,6 m	Tirante massimo

Calcolo spinta idrostatica

p sup	=	97511,4 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	123606 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	110558,7 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	762 kN	Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)
l _{gg}	=	4,06 m ⁴	Momento d'inerzia dello scudo
y _F	=	134,38 m slm	Quota del centro di spinta
y _F	=	11,32 m	Affondamento del centro di spinta



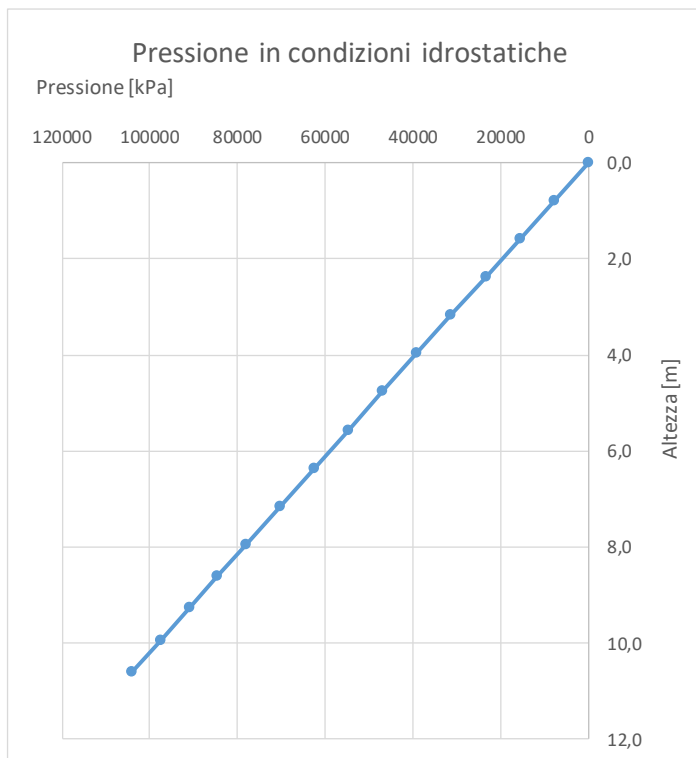
6.2 AZIONI A SLU – MASSIMA REGOLAZIONE

Caratteristiche geometriche

y H	=	143,7 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	133,1 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	135,76 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	2,66 m	Altezza della paratoia
B	=	2,59 m	Larghezza della paratoia
C	=	2,5 m	Luce della paratoia
S	=	6,89 mq	Superficie dello scudo
QG	=	134,43 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	9,27 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	7,94 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	10,6 m	Tirante massimo

Calcolo spinta idrostatica

p sup	=	77891,4 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	103986 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	90938,7 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	627 kN	
γ_{G1}	=	1,3	Coefficiente di combinazione
Fidro	=	814 kN	Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)
Igg	=	4,06 m ⁴	Momento d'inerzia dello scudo
yF	=	134,37 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	9,33 m	Affondamento del centro di spinta



6.3 AZIONI A SLV

Caratteristiche geometriche

y H	=	143,7 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	133,1 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	135,76 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	2,66 m	Altezza della paratoia
B	=	2,59 m	Larghezza della paratoia
C	=	2,5 m	Luce della paratoia
S	=	6,89 mq	Superficie dello scudo
QG	=	134,43 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	9,27 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	7,94 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	10,6 m	Tirante massimo

Calcolo spinta idrostatica

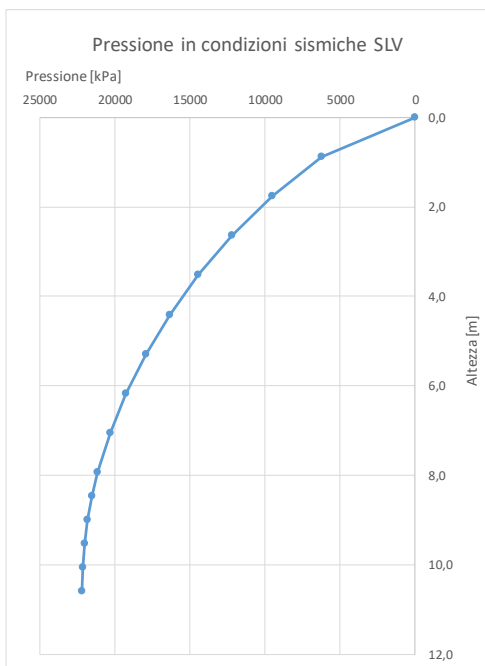
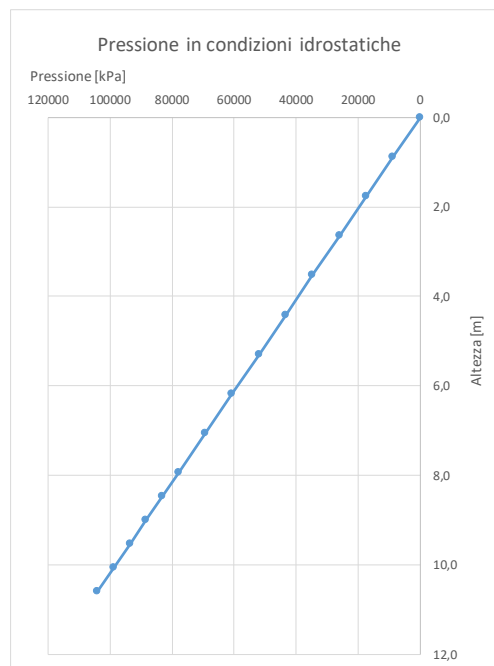
p sup	=	77891,4 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	103986 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	90938,7 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	627 kN	Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)
Igg	=	4,06 m ⁴	Momento d'inerzia dello scudo
yF	=	134,37 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	9,33 m	Affondamento del centro di spinta

Spinta inerziale della paratoia

P	=	25 kN	Peso della paratoia
Sp	=	7,2 kN	Forza inerziale della paratoia

Calcolo spinta inerziale dell'acqua in condizioni sismiche

y b	=	133,1 m slm	Quota del punto più depresso dell'alveo naturale al piede del paramento
cm	=	0,7412	
alfa	=	0 °	
y0	=	10,6 m	
ro	=	1000 kg/mc	
a	=	0,288 ag	= 2,83 m/s ²
p sup	=	21143 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	22197 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	21670 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Sidro	=	149 kN	Forza inerziale dell'acqua
yF	=	134,42 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	9,28 m	Affondamento del centro di spinta
STOT	=	783,0 kN	Spinta complessiva sulla paratoia



6.4 AZIONI A SLD

Caratteristiche geometriche

y H	=	143,7 m slm	Quota pelo libero dell'invaso
y 1	=	133,1 m slm	Quota di fondo della paratoia
y 2	=	135,76 m slm	Quota di sommità della paratoia
A	=	2,66 m	Altezza della paratoia
B	=	2,59 m	Larghezza della paratoia
C	=	2,5 m	Luce della paratoia
S	=	6,89 mq	Superficie dello scudo
QG	=	134,43 m slm	Quota del baricentro della paratoia
yG	=	9,27 m	Quota del baricentro della paratoia dalla quota di invaso
H1	=	7,94 m	Tirante al bordo superiore della paratoia
H	=	10,6 m	Tirante massimo

Calcolo spinta idrostatica

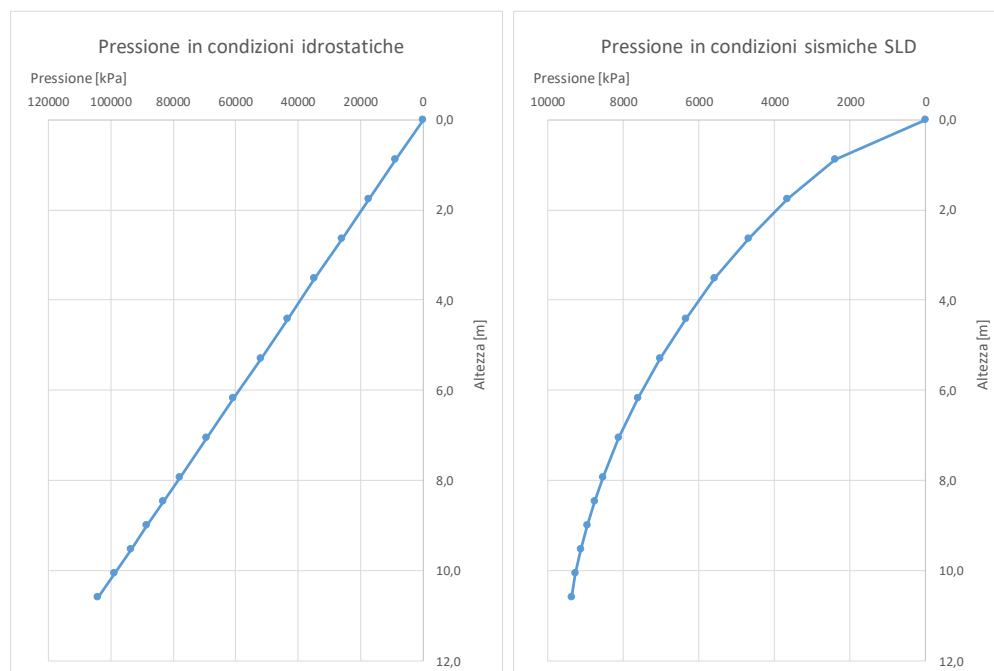
p sup	=	77891,4 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	103986 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	90938,7 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Fidro	=	627 kN	Forza idrostatica sulla paratoia (baricentro)
Igg	=	4,06 m ⁴	Momento d'inerzia dello scudo
yF	=	134,37 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	9,33 m	Affondamento del centro di spinta

Spinta inerziale della paratoia

P	=	25 kN	Peso della paratoia
Sp	=	2,6 kN	Forza inerziale della paratoia

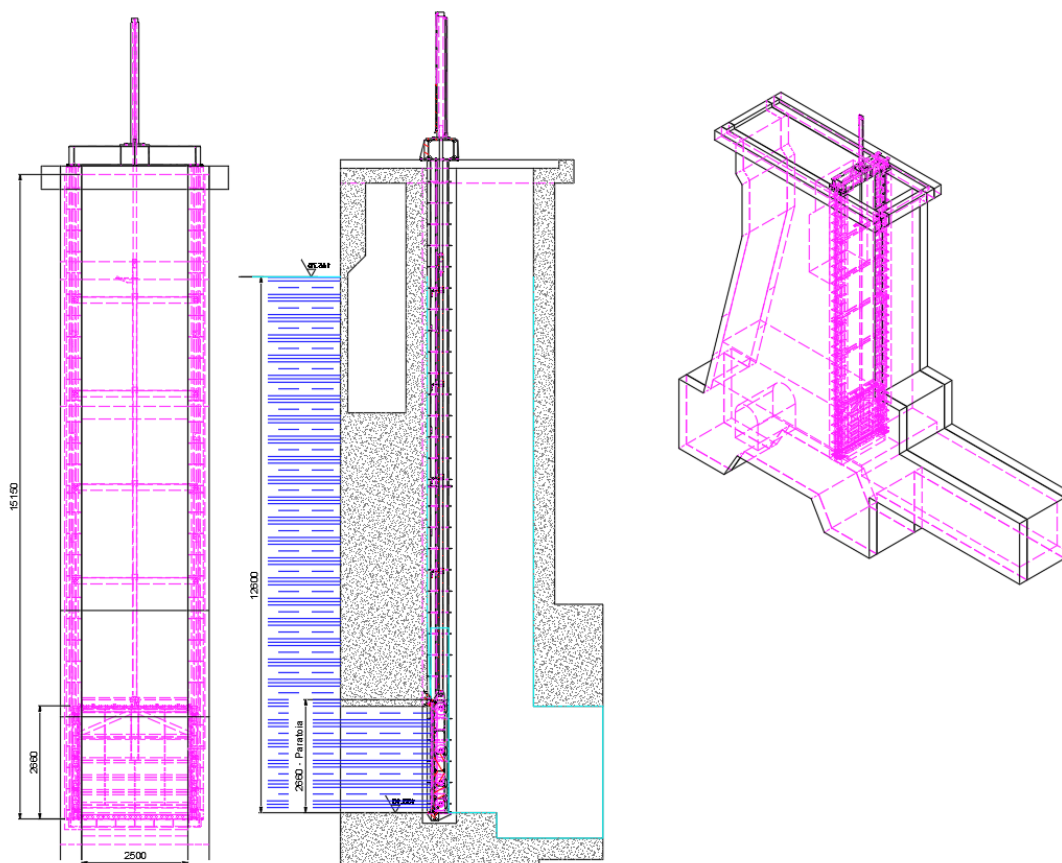
Calcolo spinta inerziale dell'acqua in condizioni sismiche

y b	=	130,9 m slm	Quota del punto più depresso dell'alveo naturale al piede del paramento
cm	=	0,7412	
alfa	=	0 °	
y0	=	12,8 m	
ro	=	1000 kg/mc	
a	=	0,103 ag	= 1,01 m/s ²
p sup	=	8536 kPa	Pressione minima sulla paratoia (bordo superiore)
p inf	=	9373 kPa	Pressione massima sulla paratoia (bordo inferiore)
p media	=	8955 kPa	Pressione media sulla paratoia (baricentro)
Sidro	=	62 kN	Forza inerziale dell'acqua
yF	=	134,41 m slm	Quota del centro di spinta
yF	=	9,29 m	Affondamento del centro di spinta
STOT	=	690,8 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 6 fasce orizzontali.



7.1 VERIFICA DELLE TRAVI ORIZZONTALI

Si utilizza un calcolo semplificato bidimensionale, a trave appoggiata; lo schema di calcolo è illustrato in Figura 1.

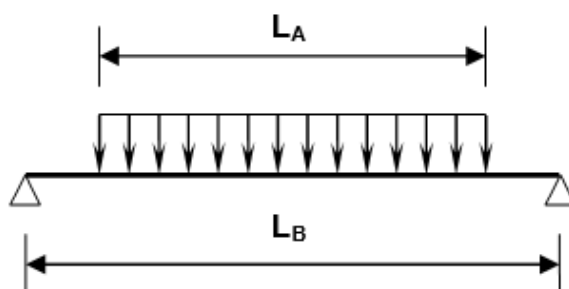
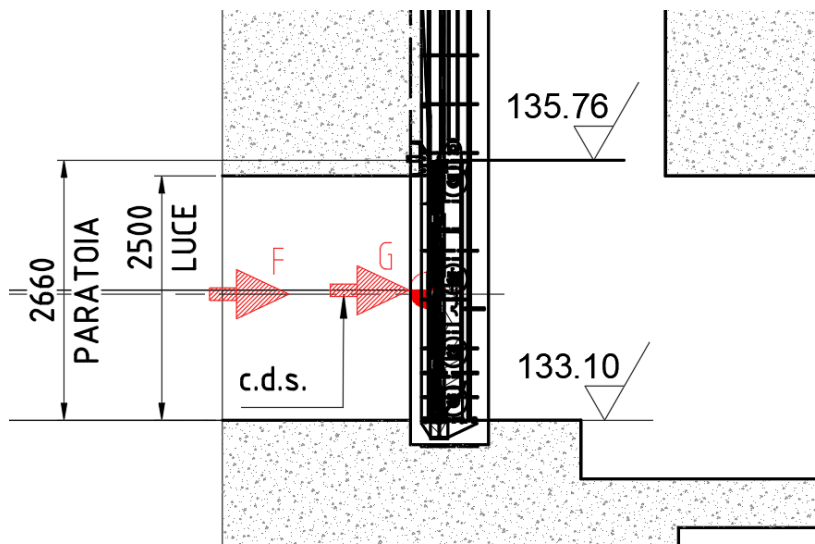


Figura 1 – Schema di calcolo

- $LA = 2590 \text{ mm}$
- $LB = 2780 \text{ mm}$

- Altezza paratoia $h = 2660 \text{ mm}$
- Numero di zone $N = 6$



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 $L_I = LB = 2780 \text{ mm}$
- Distanza tra due travi successive $2B = 550 \text{ mm}$
- Rapporto di lunghezza $L_I/B = 10.1$
- Fattore di riduzione $\nu_I = 0.97$
- Larghezza della lamiera collaborante $LCI = \nu_I \cdot 2B = 533.5 \text{ mm}$

La sezione resistente della trave è rappresentata in Figura 2.

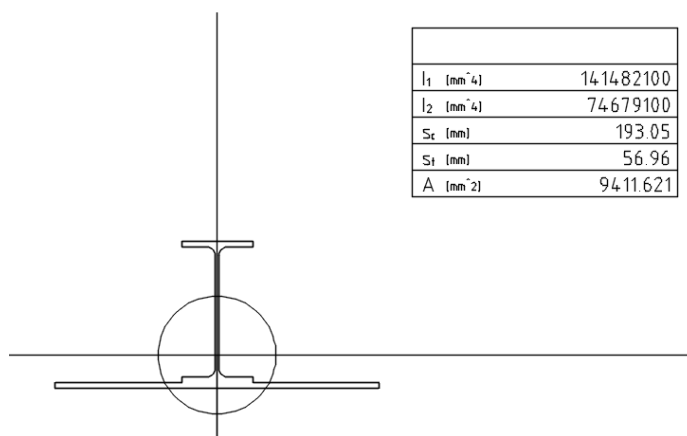


Figura 2 – Schema resistente della trave

- Area $A = 9411 \text{ mm}^2$
- Posizione baricentro $Y_G = 57 \text{ mm}^2$
- Momento d'inerzia $J = 1.41 \cdot 10^8 \text{ mm}^3$
- Moduli di resistenza $W_A = 2.48 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $W_C = 7.33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
- Momento statico $S = 2.68 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$

Le sollecitazioni agenti sulla struttura sono le seguenti:

Sollecitazione	Espressione	SLU max invaso	SLU max regolazione	SLV	SLD
Carico sulla paratoia	S_{TOT}	762 kN	814 kN	783 kN	702 kN
Carico sulla singola trave	$P = S_{TOT} / N$	127 kN	104 kN	130 kN	100 kN
Massimo momento flettente	$M = P \cdot (2 \cdot L_B - L_A) / 8$	$4.71 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$	$3.88 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$	$4.84 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$	$8.05 \cdot 10^7 \text{ N*mm}$
Massima azione di taglio	$T = P / 2$	63.5 kN	52.2 kN	65.3 kN	50.2 kN

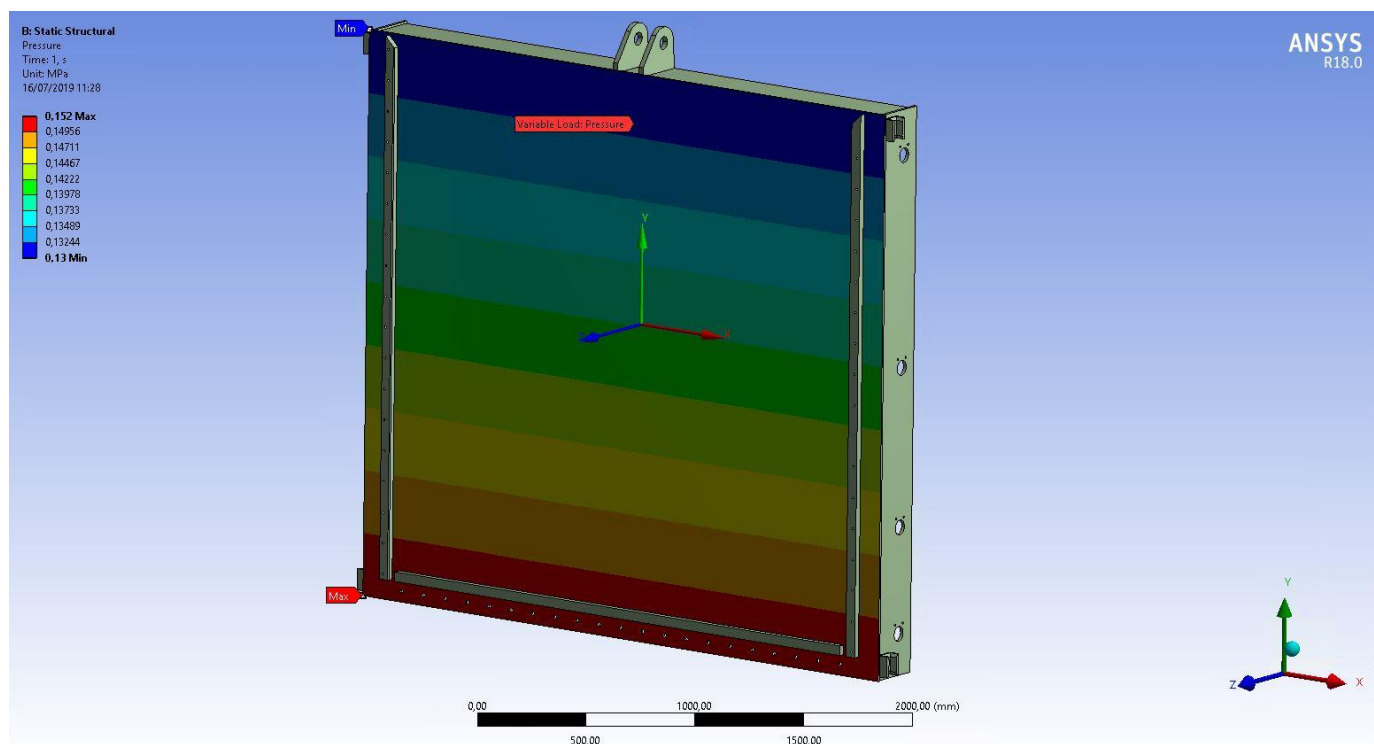
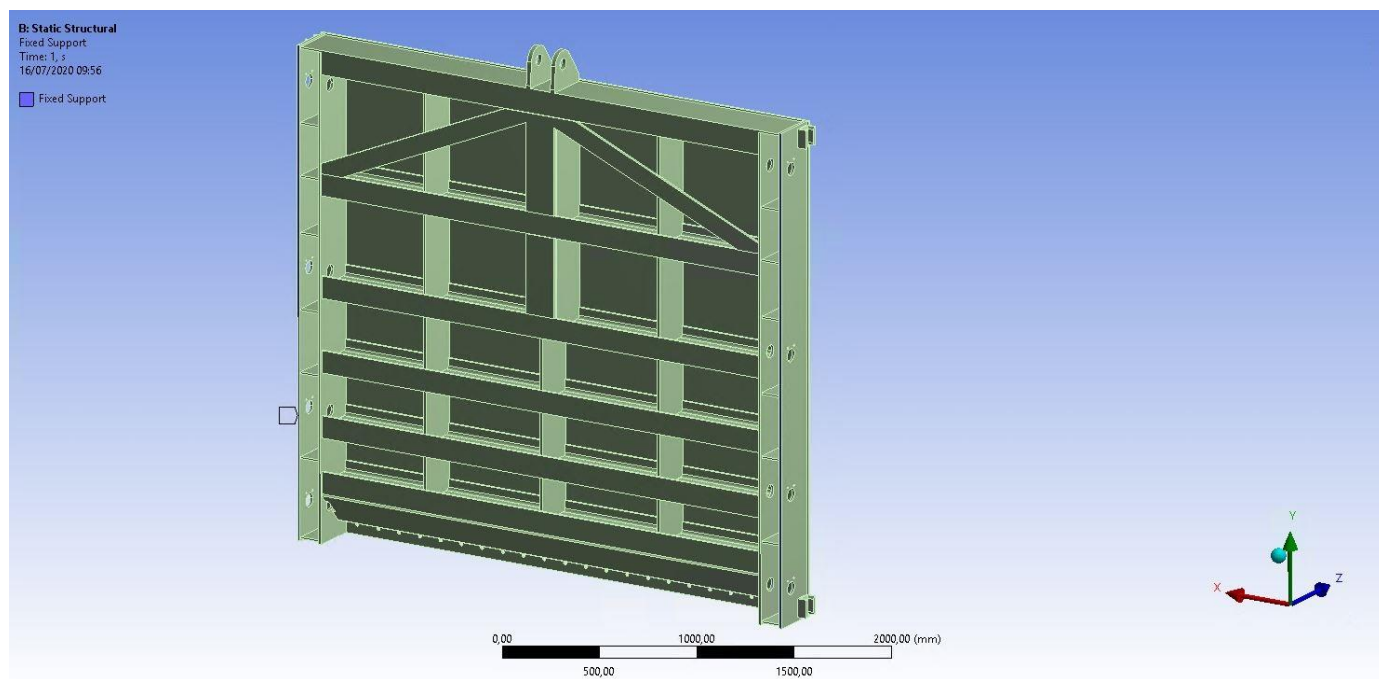
Le massime tensioni sulla trave sono:

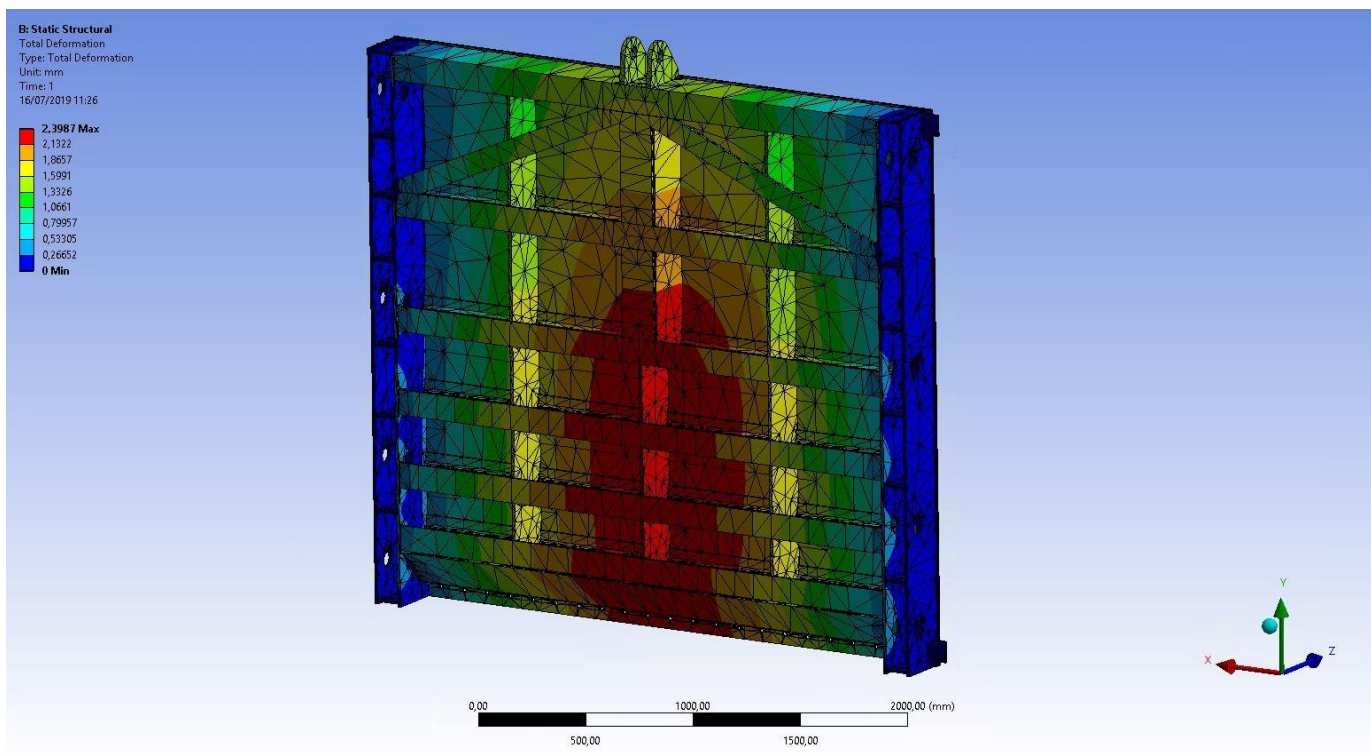
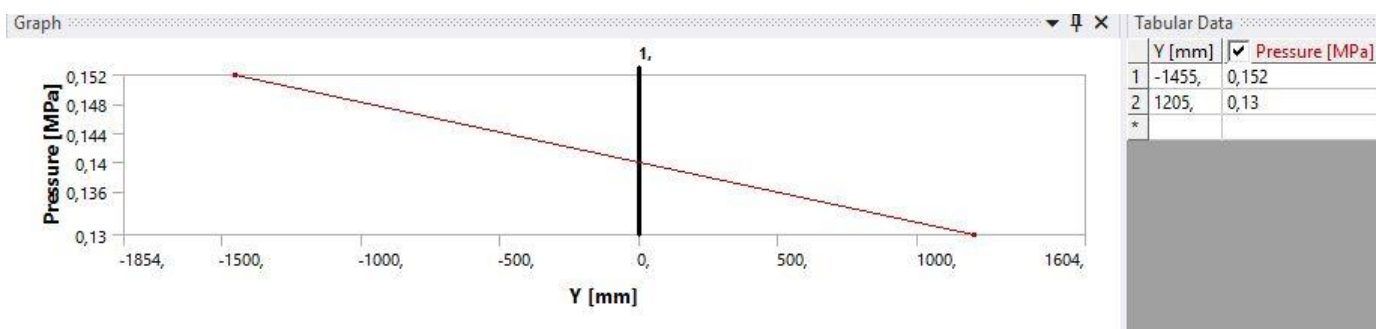
Sollecitazione	Espressione	SLU max invaso	SLU max regolazione	SLV	SLD
Tensione pannello sup	$\sigma_A = -M / W_A$	-19.0 N/mm ²	-20.3 N/mm ²	-19.5 N/mm ²	-17.5 N/mm ²
Tensione ala libera	$\sigma_C = M / W_C$	6.4 N/mm ²	6.9 N/mm ²	6.6 N/mm ²	5.9 N/mm ²
Massima tensione di taglio	$\tau = (T \cdot S) / (sp \cdot J)$	20.1 N/mm ²	21.5 N/mm ²	20.7 N/mm ²	18.5 N/mm ²
Freccia in mezzzeria	$f = \frac{P}{384 \cdot E \cdot J} \cdot (8 \cdot L_B^3 - 4 \cdot L_A^2 \cdot L_B + L_A^3)$	1.3 mm	1.4 mm	1.4 mm	1.2 mm

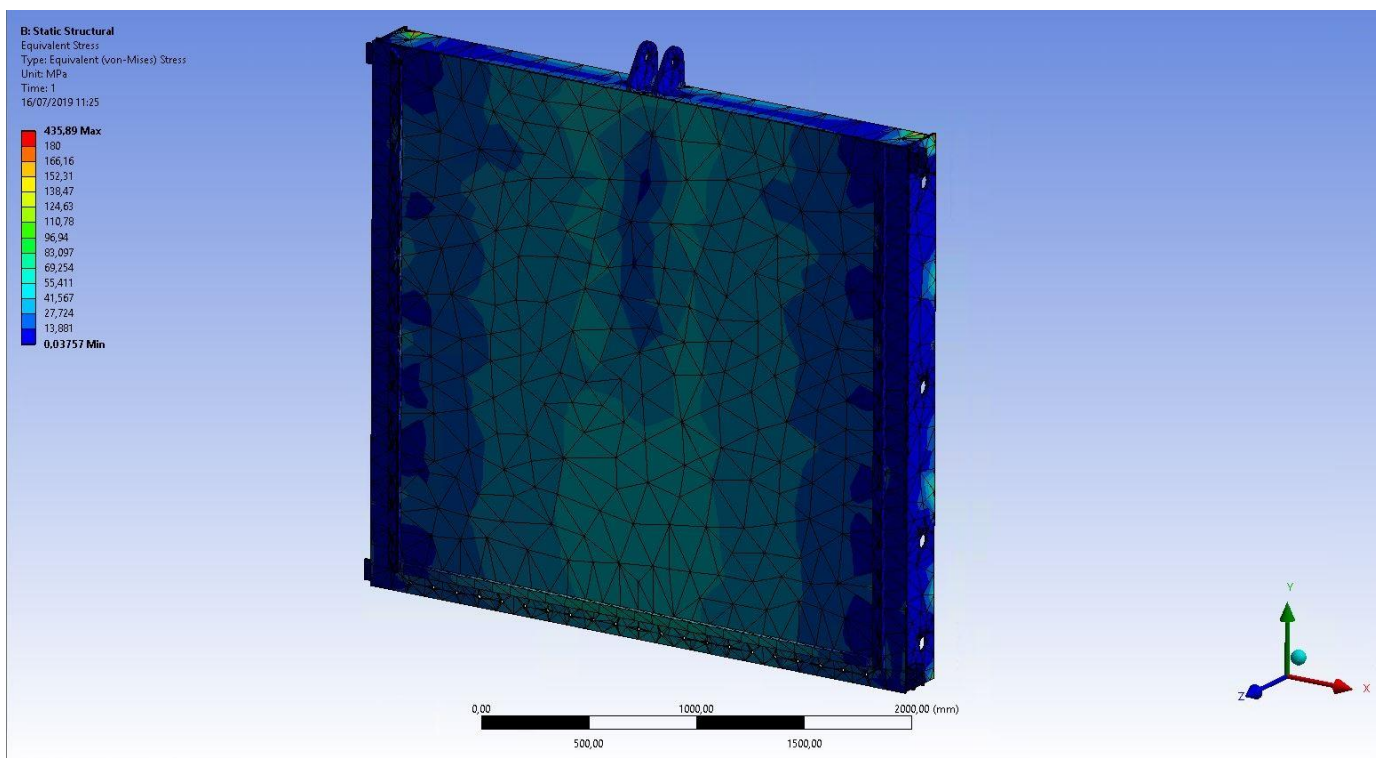
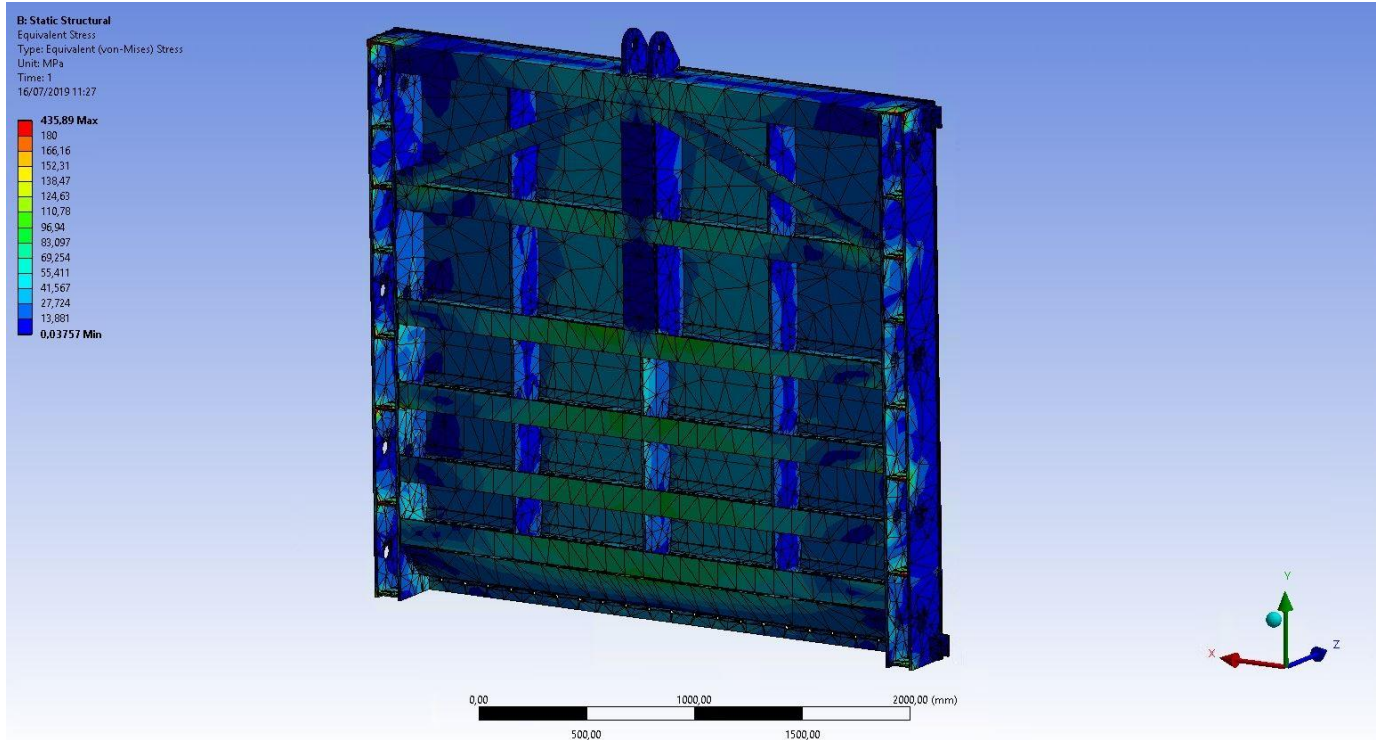
Le verifiche sono soddisfatte; poiché la struttura rimane ampiamente in campo elastico anche con le sollecitazioni allo SLU, non si procede alla verifica tensionale allo SLE. La freccia massima è inferiore ad 1/1000 della luce. Nel modello di calcolo tridimensionale le deformazioni risultano inferiori 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

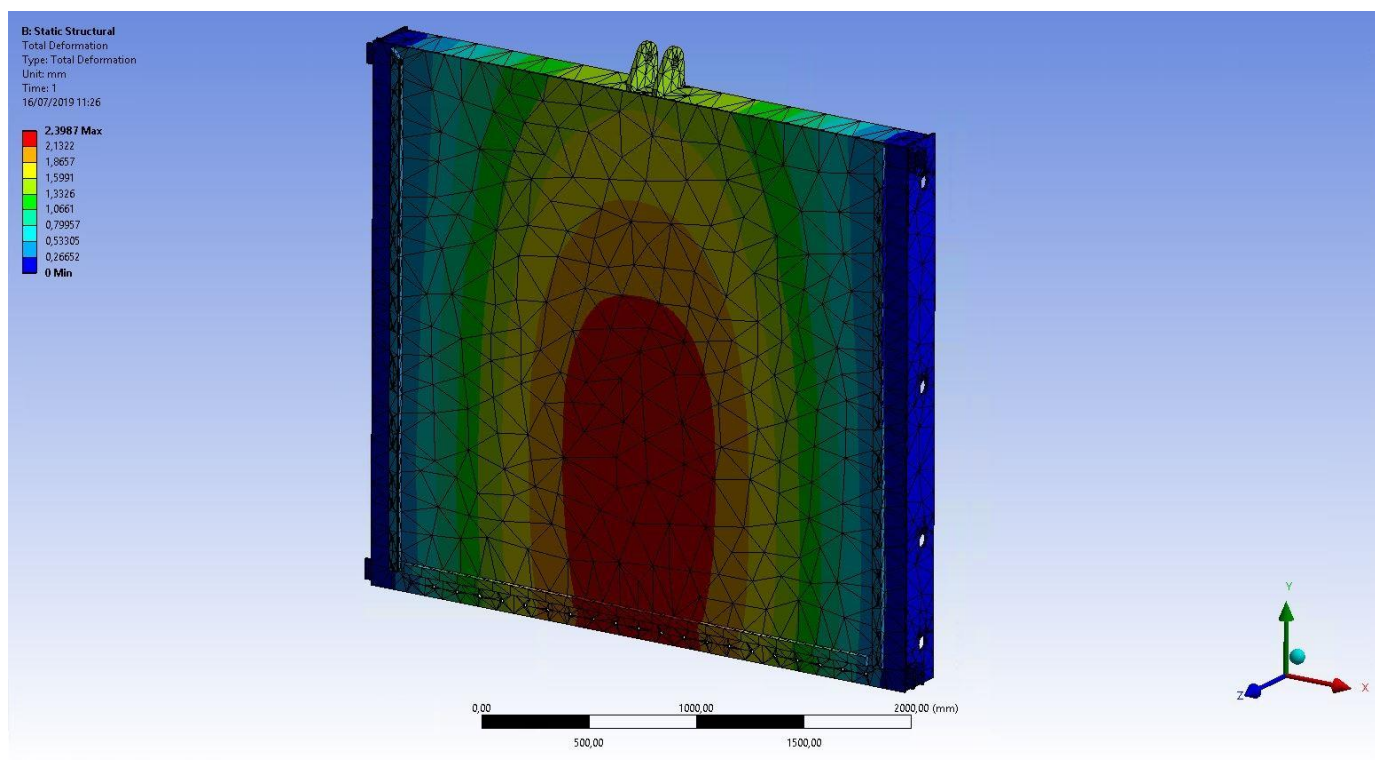
sperimentali effettuati su manufatti simili ove si è rilevato che la deformazione massima reale in tutti i casi non ha mai superato il valore di 1/1000 della lunghezza della luce interessata.

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.









8. Forze di manovra

La paratoia è soggetta alle azioni idrauliche calcolate precedentemente:

- Spinta idraulica massima: $Q = 814 \text{ kN}$

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 $DP = 70 \text{ mm}$
- Forza di attrito dei perni: $FP = Q \cdot (DP / D) \cdot \mu_B = 41 \text{ kN}$

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:

$$FR = Q \cdot e / (D / 2) = 3 \text{ kN}$$

8.3 ATTRITO DELLE GUARNIZIONI DI TENUTA

- Interasse tenute laterali $LA = 2590 \text{ mm}$

- Altezza delle tenute $h = 2500 \text{ mm}$
- Forza di precarica delle guarnizioni $f_p = 1 \text{ N/mm}$
- 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: $F_T = (Le \cdot p + f_p) \cdot h \cdot 2 \cdot \mu_T = 14 \text{ kN}$

8.4 SPINTA IDRAULICA VERTICALE

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

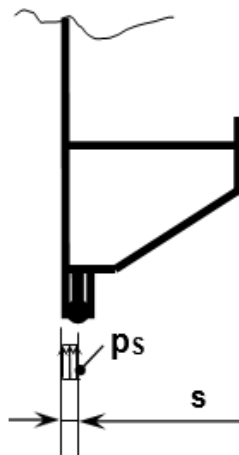


Figura 3 – Spinte idrauliche verticali

- Interasse tenute laterali $LA = 2590 \text{ mm}$
- Coefficiente di massimo downpull $\varphi_d = 0.5$

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:

$$FIA = p_s \cdot s \cdot \varphi_d \cdot LA = 4 \text{ kN}$$

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

$$FIC = p_s \cdot s \cdot LA = 8 \text{ kN}$$

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:

$$PP = 2500 \text{ kg} = 25 \text{ kN}$$

8.6 FORZA MASSIMA IN APERTURA

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

$$F_A = P_T - F_{IA} + F_P + F_R + F_T = 78 \text{ KN}$$

8.7 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN APERTURA

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

$$P_{OIL-AP} = 76.6 \text{ bar}$$

8.8 FORZA MASSIMA IN CHIUSURA

Calcoliamo la forza massima necessaria in chiusura

$$F_C = F_{IC} - P_T + F_P + F_R + F_T = 40 \text{ KN}$$

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

$$F_C = F_{IC} - P_T + 1.25 \cdot (F_P + F_R + F_T) = 54 \text{ KN}$$

8.9 PRESSIONE MASSIMA OLIO IN CHIUSURA

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

$$P_{OIL-CH} = 35.5 \text{ bar}$$

9. Meccanismo di manovra

Dimensioni del cilindro oleodinamico:

• Alesaggio	Ø 140	mm
• Stelo	Ø 80	mm
• Pressione nominale:	160	bar
• Pressione massima	250	bar
• Area di spinta in apertura	103.67	cm ²
• Pressione necessaria in apertura	76.6	bar
• Area di spinta in chiusura	154	cm ²
• Pressione necessaria in chiusura	35.5	bar

Analisi corsa totale APRI

• Corsa	2500	mm
• Volume olio apertura cilindro	26	litri
• N° cilindri	1	

Analisi corsa totale CHIUDI

- Corsa 2500 mm
- Volume olio chiusura cilindro 38.5 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 = 80 mm
- Lunghezza libera massima = 2500 mm
- Pressione massima cilindro idraulico "chiudi" = 35.5 bar
- Forza equivalente su singolo stelo = 5500 kg
- Condizione = estremi incernierati

ANALISI CARICO DI PUNTA STELO CILINDRO				
diámetro barra	d	80		
sezione resistente nominale	As	5026	mm ²	
diámetro equivalente	a	80,0	mm	
momento inerzia	J	4024440,9	mm ⁴	
modulo elasticità	E	210000	N/mm ²	
lunghezza libera	L	2500	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	piele incastrato - sommità libera	l=2*L	5000	mm	62,48756	carico di punta	carico di punta
B	estremi incernierati	l=L	2500	mm	31,24378	carico di punta	carico di punta
C	piele incastrato - sommità incernierata	l=0,7*L	1750	mm	21,87065	carico di punta	carico di punta
D	estremi incastrati	l=L/2	1250	mm	15,62189	No	carico di punta

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

a=minore dimensione della sezione

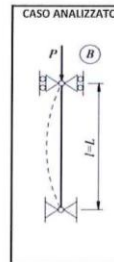
m=12 (legno)

m=20 (acciaio)

m=10 (ghisa)

m=15 (cemento armato)

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



analisi carico critico				
caso	descrizione	P		P
A	piele incastrato - sommità libera	333644,9692	N	34010,7
B	estremi incernierati	1334579,877	N	136042,8
C	piele incastrato - sommità incernierata	2669159,754	N	272085,6
D	estremi incastrati	5338319,508	N	544171,2

fattore sicurezza sollecitazione statica		
acciai	ns	5
ghisa	ns	8

analisi carico applicato in sicurezza (sollecitazione statica)						
caso	descrizione	F (acciai)			F (ghisa)	
A	piele incastrato - sommità libera	66728,99385	N	6802,14	kg	41705,62
B	estremi incernierati	266915,9754	N	27208,56	kg	166822,5
C	piele incastrato - sommità incernierata	533831,9508	N	54417,12	kg	333645
D	estremi incastrati	1067663,902	N	108834,2	kg	667289,9

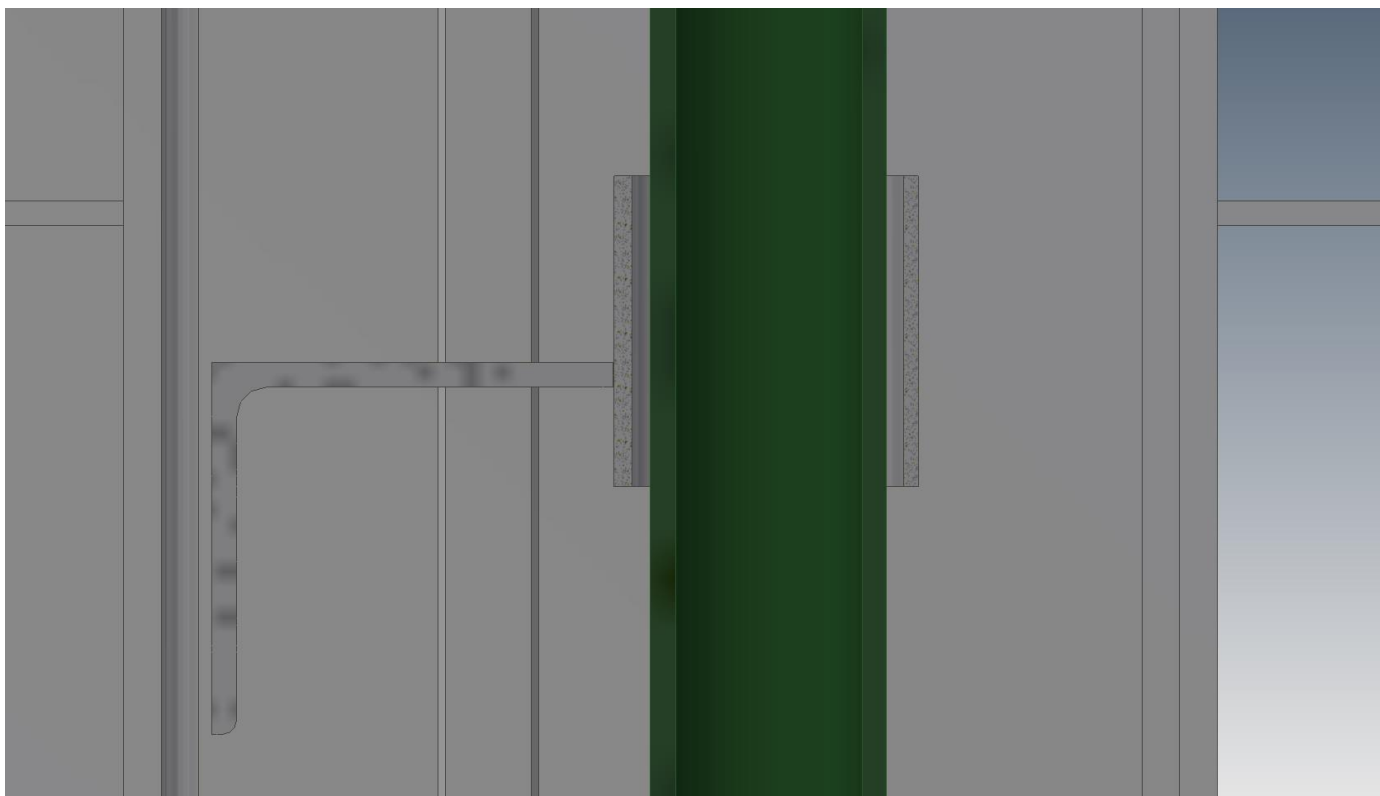
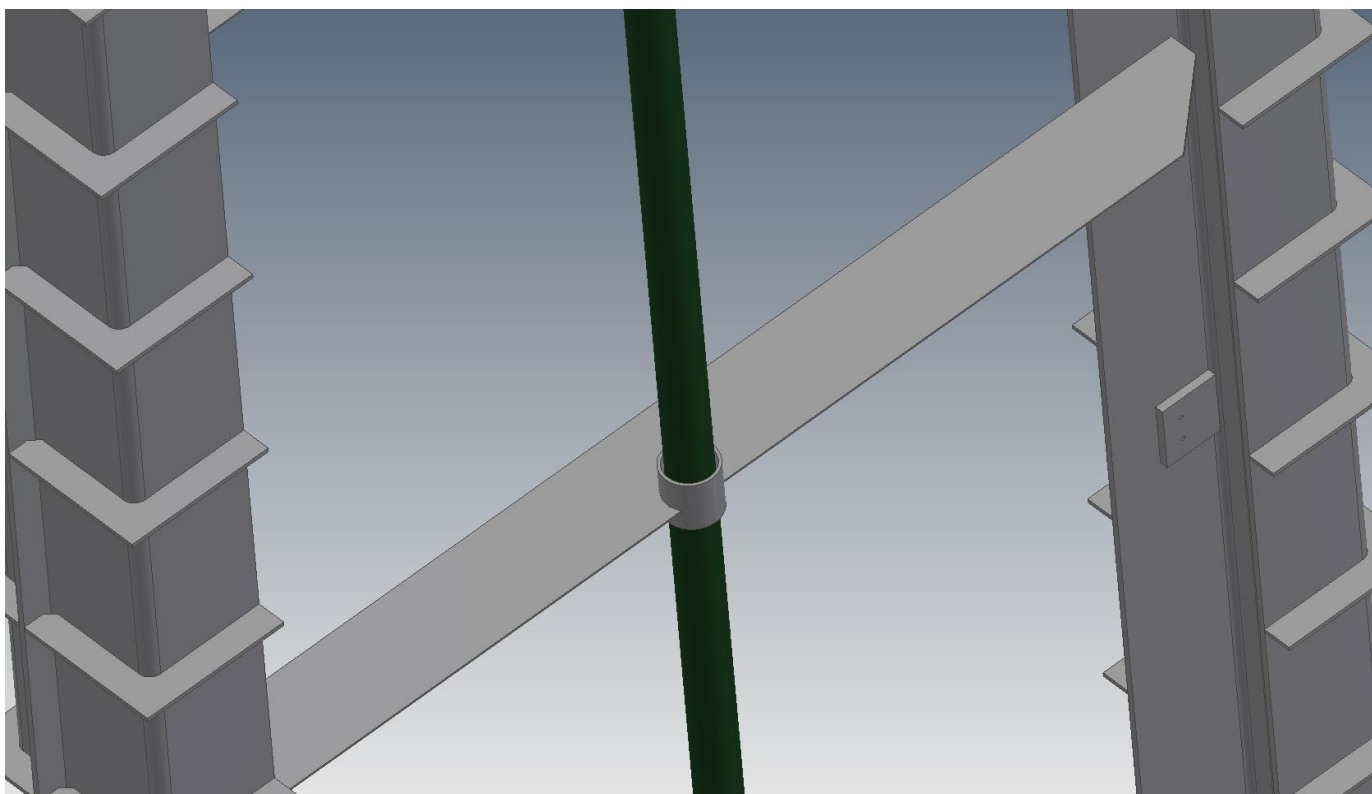
fattore sicurezza sollecitazione dinamica		
acciai	ns	20
ghisa	ns	32

analisi carico applicato in sicurezza (sollecitazione dinamica)						
caso	descrizione	F (acciai)			F (ghisa)	
A	piele incastrato - sommità libera	16682,24846	N	1700,535	kg	10426,41
B	estremi incernierati	66728,99385	N	6802,14	kg	41705,62
C	piele incastrato - sommità incernierata	133457,9877	N	13604,28	kg	83411,24
D	estremi incastrati	266915,9754	N	27208,56	kg	166822,5

VERIFICA CARICO			CARICO IN CHIUSURA CORRISPONDENTE A 42,7 bar					
CARICO APPLICATO	6500	kg						
NUMERO BARRE	1							
CARICO PER BARRA	6500,00	kg						
			carico statico			carico dinamico		
			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

Considerato che il cilindro oleodinamico verrà installato sulla sommità della traversa, nell'analisi del "carico di punta" è stata considerata la lunghezza libera massima del tratto di "barra" di comando paratoia, corrispondente alla lunghezza dello stelo del cilindro.

E' stato infatti studiato un sistema di traverse con guide apposite ad interasse 2000 mm che ospiteranno un'apposita "prolunga" inserita sullo stelo del cilindro.



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

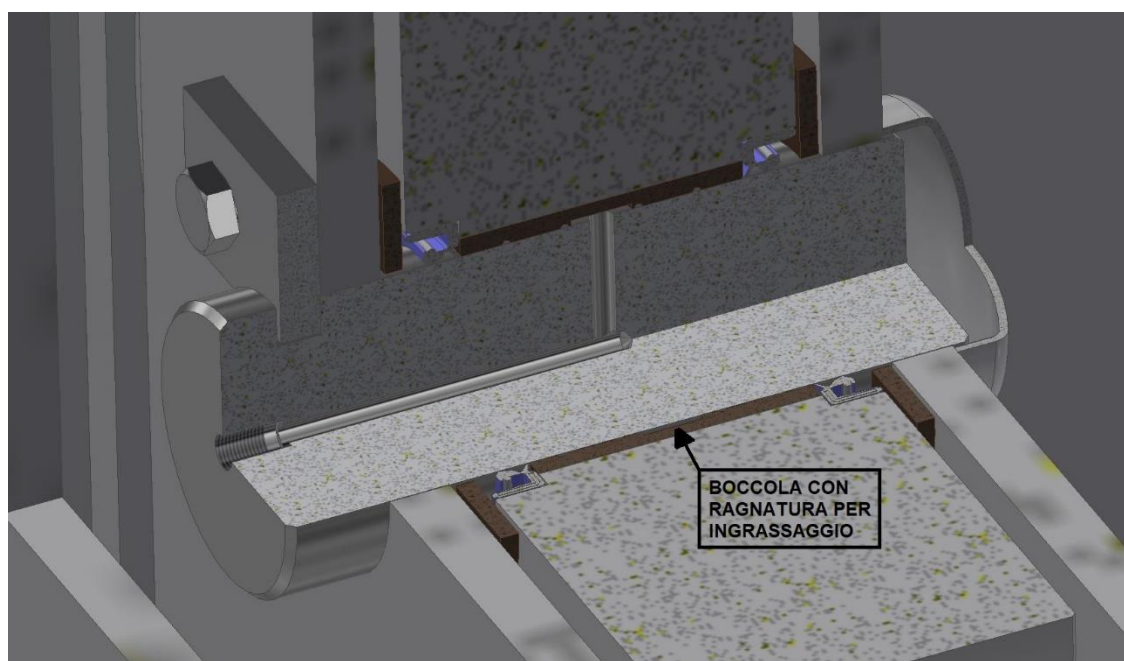
La distribuzione verticale delle ruote (spaziatura) è calcolata in funzione del carico di natura “triangolare” agente sullo scudo della paratia. In tal caso si può garantire la corretta distribuzione degli sforzi su ogni gruppo ruota.

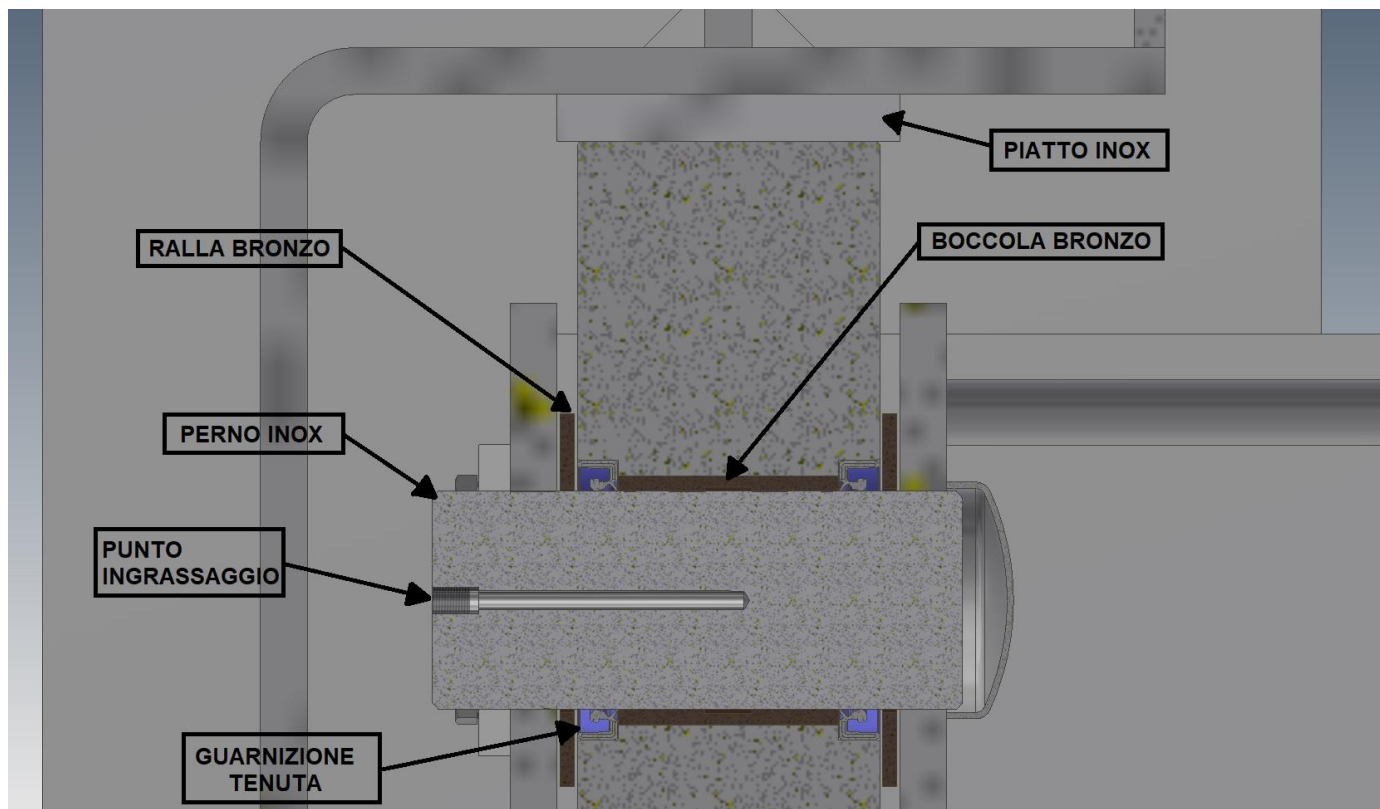
Si prevede nella realizzazione dell'assieme paratoia accurate lavorazioni nella sede degli alberi delle ruote di riscontro al fine di minimizzare fenomeni di disallineamento delle stesse rispetto alla superficie di appoggio.

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.





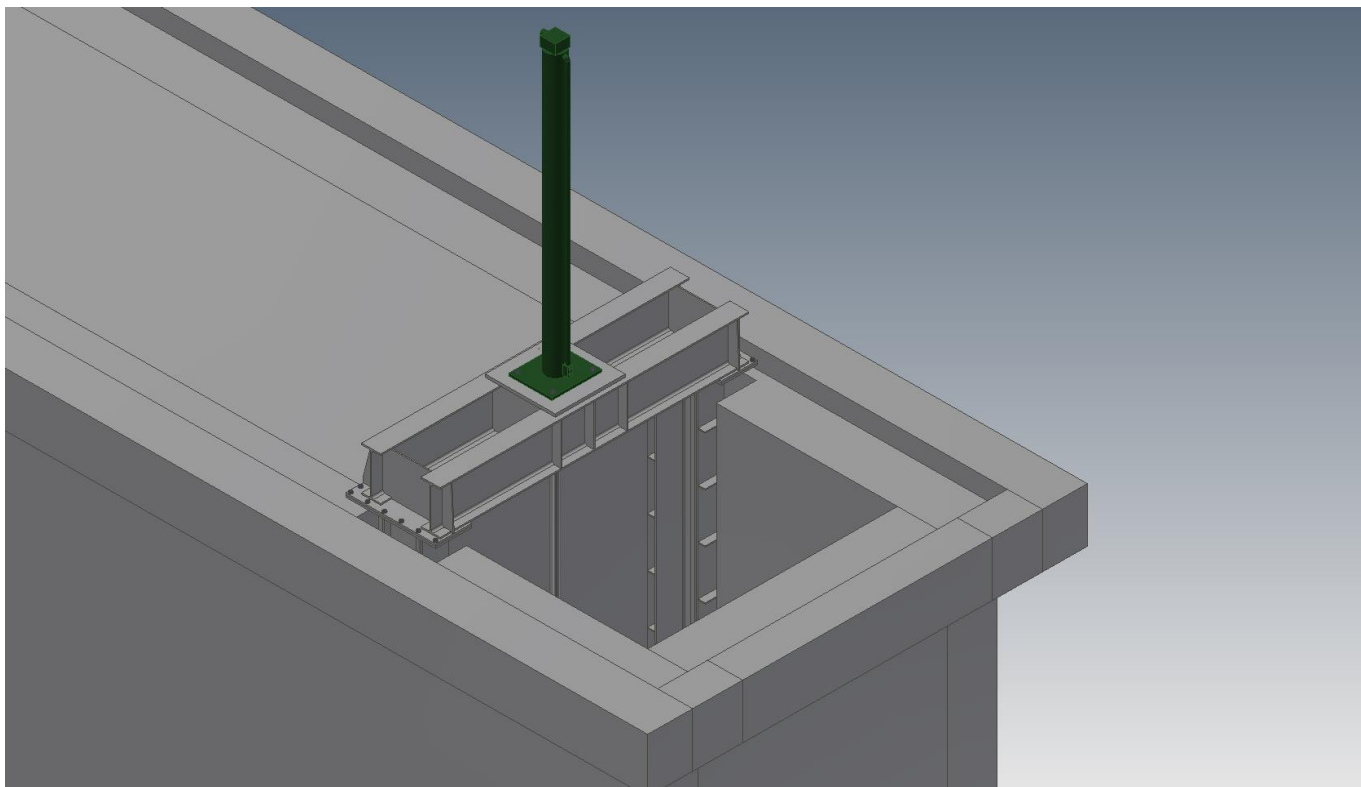
11. Centralina di comando

11.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA CENTRALINA

Ogni paratoia sarà corredata di apposita centralina oleodinamica di comando che sarà appositamente realizzata per permettere l'attuazione dell'apertura della paratoia mediante iniezione di olio all'interno delle camere lato stelo 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.

Per 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	=	2500 mm (apertura totale)
• Volume olio necessario apertura completa	=	26 litri
• Volume olio necessario chiusura completa	=	38.5 litri
• Pressione massima richiesta apre	=	82.5 bar
• Pressione massima richiesta chiude	=	42.5 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	63	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		4	
VOLUME TOTALE OLIO EROGABILE (ADIABATICA)		88	
RAPPORTO SICUREZZA VOLUME		1,3968	-

OK

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		4	
VOLUME TOTALE OLIO EROGABILE (ADIABATICA)		84	

OK

	$\Delta P = P2 / P0$	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4
Litri/ Litres	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° 4 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 84 litri a pressione finale di 45 bar.

Il volume erogato dalla batteria di accumulatori (136 litri) corrisponde a **1.33 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= 5.5 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 40 lt)
- Elettrovalvola di esclusione batteria accumulatori (comando elettrico e manuale)
- Elettrovalvola di attuazione Apri-Chiudi doppio effetto (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

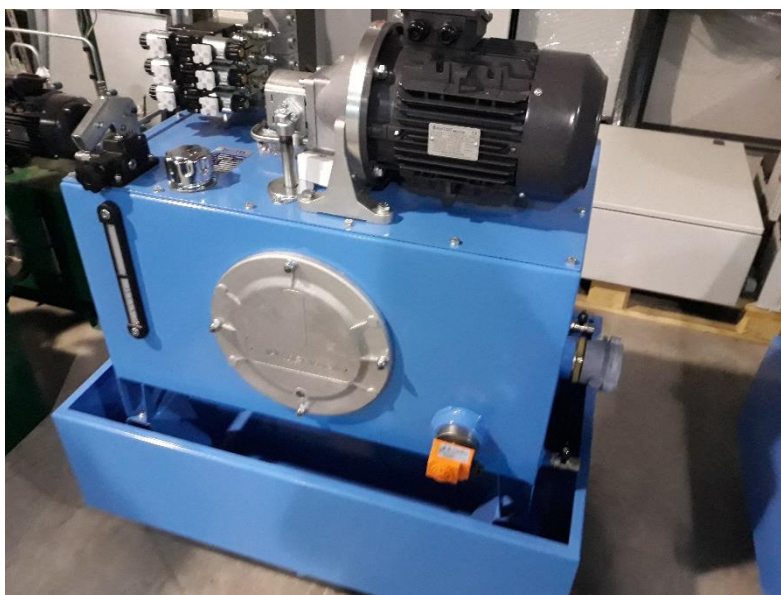
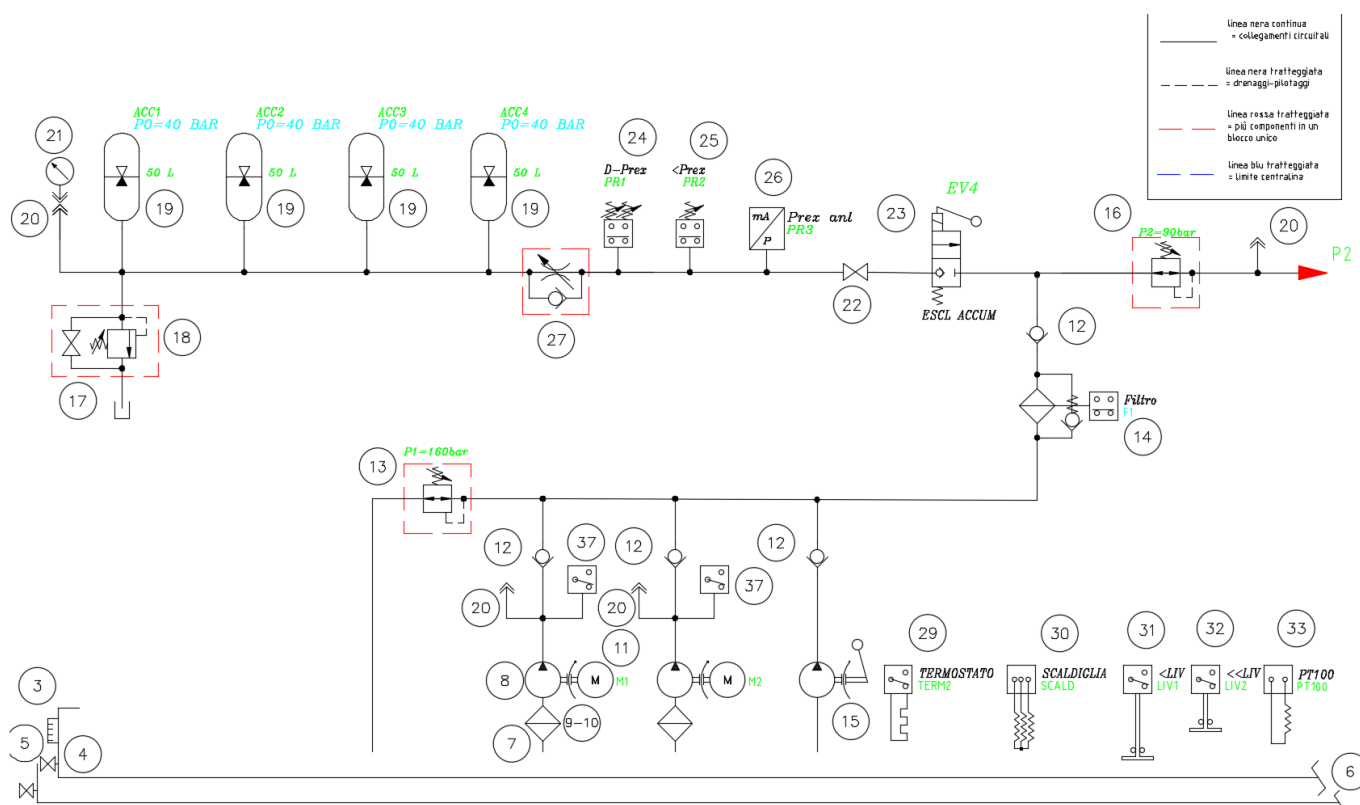
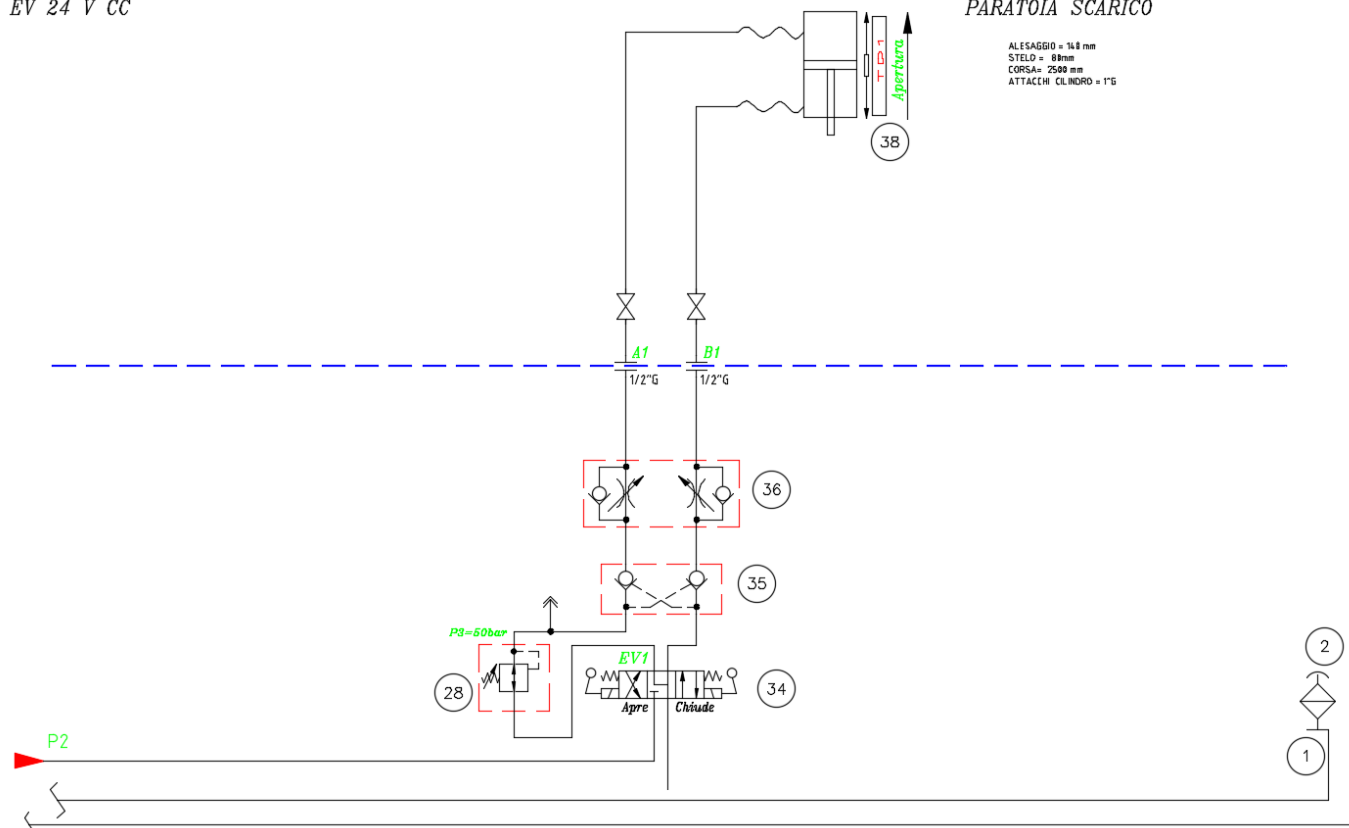


Foto illustrativa della centralina oleodinamica



EV 24 V CC

PARATOIA SCARICO



RIF	DESCRIZIONE	MARCA	Q.TA'
1	VASCA IN LAMIERA VERNICIATA	SCOTTA	1
2	TAPPO CARICO SFIATO	MP	1
3	LIVELLO VISIVO	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	DUPLOMATIC	1
17	RUBINETTO SCARICO	HYDROVER	1
18	VALVOLA DI SICUREZZA (CE/PED)	HYDROVER	1
19	ACCUMULATORE A-51C-E050NK Po=40 BAR	OMT	4

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:
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**.