

# per informazione

CO	06/12/13	Emissione per approvazione	DV	DL	LM
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL.	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE

## NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

LEGGE N. 798 DEL 29-11-1984  
CONVENZIONE REP. N. 7191 DEL 04-10-1991  
ATTO ATTUATIVO REP. 8602 DEL 08-02-2013

## INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA

CUP: D51B02000050AC1

## PERIZIA DI VARIANTE E SUPPLETIVA

WBS: MA.I1.48  
WBE: MA.I1.48.PE.09-VAR

## BOCCA DI MALAMOCCO – PARATOIE E CONNETTORI PARATOIE

## RELAZIONE TECNICA GENERALE ESTRATTO

ELABORATO D. Varisco	CONTROLLATO D. Lesina	APPROVATO L. Mazza
N. ELABORAT MV080P-PV-MAR-2000-C0	CODICE FILE MV080P-PV-MAR-2000-C0.doc	DATA 06 Dicembre 2013

## CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”

### COORDINAMENTO PROGETTAZIONE

VERIFICATO:

V. ARDANE




CONTROLLATO:

M. BROUFO

CONSORZIO VENEZIA NUOVA


### PROGETTAZIONE

  
DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI  
IL RESPONSABILE ING. A. SCOTTI  
Sez. SA - Setten  
a) ambientale  
b) industriale  
c) dell'informazione  
PROGETTAZIONE  
SPECIALISTICA N° A 9782  
MILANO  
TECON


	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	7
1.1.	Contenuto della relazione	7
1.2.	Modifiche introdotte nella Perizia di Variante e Suppletiva	8
1.2.1.	Generalità	8
1.2.2.	Predisposizioni per facilitare l'installazione/rimozione delle paratoie	8
1.2.3.	Estensione del rivestimento finale anti-vegetativo	10
2.	RIFERIMENTI	11
2.1.	Organizzazione WBS	11
3.	INTRODUZIONE – SVILUPPO DEL PROGETTO MOSE	32
3.1.	Considerazioni Generali	32
3.4.	Livello di salvaguardia	43
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CHIUSURA	46
4.1.	Considerazioni Generali	46
4.2.	Criteri di Funzionamento	48
4.3.	Paratoie	49
4.4.	Opere in cemento armato	50
4.5.	Protezione dei fondali	51
5.	DESCRIZIONE DELLE PARATOIE	52


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

5.1.	Strutture principali e secondarie	52
5.2.	Classi strutturali	59
5.3.	Materiali	61
5.4.	Peso della paratoia	62
5.5.	Trattamenti delle superfici	64
5.6.	Anodi	67
5.7.	Connettori	70
5.8.	Appoggi elastici (ammortizzatori)	76
5.9.	Elementi di gomma	77
5.10.	Alleggi	78
5.11.	Linee aria compressa	80
5.12.	Strumenti	81
5.13.	Passerelle e scale removibili	81
5.14.	Accrescimento marino (fouling)	81
5.15.	Programma di manutenzione delle paratoie in esercizio	82
6.	INTERFACCE E OPERE COMPLEMENTARI	83
6.1.	Interfaccia con altri componenti del sistema di salvaguardia	83
6.2.	Cassoni di fondazione e di spalla	83
6.3.	Gruppi cerniera - connettore	84
6.4.	Mezzo per la sostituzione delle paratoie	85
6.5.	Telaio Pescatore e Dispositivi di Aggancio	88
6.6.	Cantiere di manutenzione e area di stoccaggio	90
6.7.	Analisi delle tolleranze sui traferri	90
8.	FUNZIONAMENTO DELLE PARATOIE	101
8.1.	Considerazioni Generali	101
8.2.	Sollevamento iniziale e chiusura della barriera	104


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

8.3.	Regolazione delle paratoie per i dislivelli di progetto	108
8.4.	Abbattimento delle paratoie	112
9.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	114
9.1.	Criteri di calcolo e modellazione	114
9.2.	Normative di riferimento per il calcolo	116
9.3.	Tensioni ammissibili	118
9.4.	Sovra-spessore di corrosione	121
9.5.	Analisi di progetto	122
9.6.	Modello 3D di calcolo strutturale per le analisi finali	123
9.6.1.	Generalità	123
9.6.2.	Schematizzazione dei componenti	125
9.6.3.	Vincoli	133
9.6.4.	Verifiche tensionali	135
10.	CONDIZIONI DI ESERCIZIO	137
10.1.	Generalità	137
10.2.	Condizioni operative	139
10.2.1.	Considerazioni Generali	139
10.2.2.	Individuazione dei dislivelli significativi per le verifiche	140
10.2.3.	Manovre normali	142
10.2.4.	Errori di manovra	144
10.2.5.	Forza trasversale dovuta alle onde di breve periodo	145
10.2.6.	Carichi sulla paratoia e carichi sui connettori	146
10.2.7.	Altri agenti ambientali	148
10.3.	Condizioni a riposo	150
10.4.	Combinazioni di Carico in Esercizio	151
10.5.	Risultati	153
10.5.1.	Verifiche tensionali	153
10.5.2.	Reazioni vincolari	157
10.5.3.	Deformazioni	158
10.5.4.	Spostamenti e rotazioni centri snodi	159
11.	CONDIZIONI TEMPORANEE	161
11.1.	Considerazioni Generali	161
11.2.	Predisposizioni per l'installazione e la rimozione	162
11.2.1.	Generalità	162
11.2.2.	Fase di installazione della paratoia	163
11.2.3.	Fase di rimozione della paratoia	167
11.3.	Sollevamento e trasporto a mezzo Jack-up	170




	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11.3.1.	Definizione delle condizioni di sollevamento e trasporto	170
11.3.2.	Carichi applicati	172
11.3.3.	Combinazioni di carico	174
11.3.4.	Verifiche tensionali	175
11.3.5.	Reazioni vincolari	180
11.3.6.	Deformazioni	181
11.4.	Supportazione a terra in cantiere	185
11.4.1.	Definizione delle condizioni di appoggio	185
11.4.2.	Carichi applicati	187
11.4.3.	Combinazioni di carico	188
11.4.4.	Verifiche tensionali	190
11.4.5.	Reazioni vincolari	194
11.4.6.	Deformazioni	195
11.4.7.	Spostamenti e rotazioni centri snodi	197
11.5.	Ritorno a riposo delle paratoie	199
11.5.1.	Generalità	199
11.5.2.	Analisi del moto della paratoia	199
11.5.3.	Carichi applicati	201
11.5.4.	Condizioni di Carico	204
11.5.5.	Risultati	205
12.	CONDIZIONI ACCIDENTALI	206
12.1.	Considerazioni Generali	206
12.2.	Analisi di impatto con natanti	206
12.2.1.	Definizione delle condizioni	206
12.2.2.	Criteri di analisi	207
12.3.	Combinazioni di Carico Condizioni Accidentali (urto natante)	209
12.4.	Risultati	210
12.4.1.	Verifiche tensionali	210
12.4.2.	Reazioni vincolari	215
12.4.3.	Deformazioni	216

 <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 14. DEFINIZIONI E GLOSSARIO

241

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 1. OGGETTO E SCOPO

### 1.1. Contenuto della relazione

La presente relazione nell'ambito della Perizia di Variante e Suppletiva aggiorna e sostituisce la corrispondente relazione tecnica generale del Progetto Esecutivo, che illustra il progetto esecutivo delle 21 paratoie (19 per la barriera + 2 di riserva) destinate alla chiusura della bocca di Malamocco in previsione di eventi di marea che superino il livello di salvaguardia.

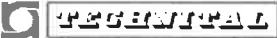
Nell'introduzione si presentano una descrizione generale delle finalità e del funzionamento delle opere di chiusura alle bocche lagunari e l'iter di progettazione attraverso le fasi di progetto di massima e definitivo completate negli scorsi anni, evidenziando le tappe fondamentali dal punto di vista legislativo e tecnico/sperimentale.

Seguono la descrizione delle paratoie in esame, sia relativamente ai componenti (struttura e allestimenti), sia relativamente alle interfacce con le altre opere della barriera (cassoni di fondazione e di spalla, gruppi cerniera connettore, mezzo per la sostituzione delle paratoie, cantiere di manutenzione), e l'analisi del loro funzionamento.

Sulla base dell'inquadramento normativo adottato e dei documenti di riferimento utilizzati per la progettazione esecutiva, la relazione descrive i criteri di progetto in base ai quali sono stati definiti i carichi e le combinazioni di carico da analizzare, sia per le condizioni operative delle paratoie installate nello sbarramento sia per quelle relative alle fasi temporanee (sollevamento e trasporto su jack-up, supportazione a terra, affondamento della paratoia all'apertura della barriera) e ad eventi accidentali (urto di un natante sulla barriera sollevata).

Definite le componenti che hanno avuto influenza sulla progettazione delle paratoie, si giunge ad una descrizione dei risultati e delle procedure di calcolo che sono state utilizzate per la progettazione funzionale e strutturale delle paratoie e della loro protezione contro la corrosione.

Le definizioni relative alla terminologia tecnica specifica adottata nel presente documento sono riportate al Capitolo 14.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 1.2. Modifiche introdotte nella Perizia di Variante e Suppletiva

### 1.2.1. Generalità

Le modifiche introdotte con la Perizia di Variante e Suppletiva riguardano l'adozione di specifiche predisposizioni per facilitare l'installazione/rimozione delle paratoie (non esplicitate in sede di Progetto Esecutivo) e l'estensione a tutte le carpenterie metalliche (strutture e allestimenti), esterne del rivestimento "foul-release".

Con la presente perizia si emette inoltre la specifica per gli anodi MV080P-PV-MAS-2004-C0, in sostituzione della corrispondente del Progetto Esecutivo, dove è stata corretta la tabella di Fig. 4.2.


### 1.2.2. Predisposizioni per facilitare l'installazione/rimozione delle paratoie

Le predisposizioni per la rimozione e per la posa, illustrate al paragrafo 11.2, vengono proposte nella presente Perizia di Variante e Suppletiva e dovranno essere confermate in sede di progetto costruttivo.

Il sistema indicato, individuato dal Progettista, prevede l'adozione di due alleggi sul fasciame superiore per lo sfiato della camera stagna anteriore ed è stato ritenuto, di comune accordo con il Consorzio Venezia Nuova (CVN) e con le Imprese e dopo aver esaminato diverse alternative (quali manichette di sfiato e fori nella parete stagna), idoneo allo scopo, semplice e sicuro.

L'Esperto del MAV, nel corso della riunione presso CVN del 04/12/2013, interpellato specificatamente sui possibili problemi legati all'utilizzo di alleggi, ha confermato che la soluzione con alleggi per lo sfiato della camera in occasione dell'installazione e della rimozione della paratoia è la soluzione normale in campo navale per scopi analoghi e appare come l'unica possibile tra le alternative esaminate.. Tale soluzione non comporta significativi rischi o difficoltà né in relazione alla tenuta, né per quanto riguarda possibili errori o difficoltà in fase di avvita-mento e svitamento dei tappi di chiusura.

CVN e MAV hanno tuttavia ricordato come la paratoia 4 di Lido Treporti non abbia presentato difficoltà di installazione, diversamente dalle altre collocate in barriera, a motivo presumibilmente di aperture nella parete stagna dovute a difetti co-

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


struttivi, e hanno riproposto di prevedere fori nella parete stagna quale predisposizione per l'installazione /rimozione. Lo stesso Esperto del MAV ha espresso riserve su tale soluzione, in quanto non ritiene opportuna la scelta di condizionare il funzionamento in esercizio della paratoia a condizioni occasionali.

Per una migliore valutazione della soluzione da adottare, CVN ha proposto, in accordo con MAV , di rimuovere la paratoia 4 installata nella barriera di Lido Treporti e di verificare le sue effettive condizioni, anche in relazione alla sua gestione in emersione, prima di confermare la soluzione con alleggi.

Il MAV ha pertanto concluso che l'adozione e la disposizione degli alleggi superiori riportato nella presente Perizia d Variante e Suppletiva dovranno essere confermate in sede di progetto costruttivo, sulla base dei risultati dell'esame della paratoia 4 di Lido Treporti.

In ogni caso, eventuali diverse procedure e allestimenti operativi, anche proposti dall'Impresa, dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori e dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- garantire in sicurezza la rimozione e l'installazione della paratoia;
- permettere l'installazione/rimozione nei tempi previsti (pari circa a quelli determinati dalla velocità massima del telaio pescatore nelle rispettive fasi), per non aumentare i tempi necessari alla sostituzione delle paratoie e di impiego del jack-up;
- garantire che la fase di emersione della paratoia e della barriera non comporti incertezze o significativi aumenti della durata della fase di emersione (per non incidere su preavvisi e sulla durata di interruzione del traffico) e della quantità di aria compressa necessaria all'emersione (con le relative conseguenze sul sistema che la genera e sulla gestione dell'intera operazione di sollevamento delle barriere);
- escludere la presenza di strumenti attivi all'interno della paratoia, che è un criterio base di progetto per minimizzare i rischi e i malfunzionamenti legati all'esercizio delle barriere (eventuali guasti all'interno della paratoia possono essere riparati solo previa rimozione della stessa o in occasione della successiva manutenzione programmata).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


### 1.2.3. Estensione del rivestimento finale anti-vegetativo

Nel Progetto Esecutivo il rivestimento anti-vegetativo era previsto sulle superfici esterne di estradosso, frontali, laterali e retrostanti delle strutture e degli allestimenti ivi presenti, mentre non era previsto:

- sulle superfici inferiori del fasciame esterno, perché l'assenza di significative velocità di corrente lungo l'avvallamento del cassone al di sotto della paratoia non dovrebbe consentire l'attivazione del meccanismo che le vernici foul release sul mercato richiedono per essere efficaci;

Nella su citata riunione del 04/12/2013, anche in considerazione dell'accrescimento marino riscontrato ad oggi sulle superfici esterne (in particolare di intradosso) delle paratoie installate a Lido Treporti nei mesi di giugno e luglio, è stato richiesto di estendere l'applicazione del ciclo foul release a tutte le superfici di carpenteria metallica esterne della paratoia.


La presente Perizia di Variante e Suppletiva recepisce tale richiesta.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 2. RIFERIMENTI

### 2.1. Organizzazione WBS

Le parti del progetto delle opere di regolazione delle maree nell'ambito degli Interventi per la Salvaguardia di Venezia sono codificate in Work Breakdown Structures (WBS). Il riferito progetto esecutivo sarà realizzato quindi per singole parti (WBE) di ogni WBS, in ragione dei finanziamenti disponibili.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La WBE 9 in oggetto riguarda la fornitura, franco banchina presso il cantiere di stoccaggio, delle paratoie della barriera di Malamocco, incluse quelle di rispetto (19 paratoie + 2 paratoie di rispetto).

Le paratoie si intendono allestite, verniciate e dotate di anodi a protezione dalla corrosione.

Gli allestimenti sono costituiti da:

- alleggi (fori con tappo filettato removibile per lo sfogo di aria o acqua);
- prese acqua e sfoghi aria (per il funzionamento della paratoia in esercizio in barriera);
- tubi e supporti per l'aria compressa e i relativi sfiati;
- anodi;
- ammortizzatori di gomma;
- elementi di gomma sugli spigoli lato mare e laguna.

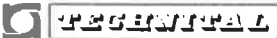
Sono escluse dalla presente fornitura passerelle e scalette per permettere l'accesso e il movimento del personale all'interno della paratoia in fase di manutenzione: tali allestimenti saranno forniti in moduli removibili (da rimuovere prima di installare la paratoia nella barriera e da riutilizzare per la successiva paratoia da ricondizionare) in numero sufficiente per 6 paratoie.

E' infine inclusa la fornitura del sistema di alloggiamento e trattenimento snodo (2 sistemi per ogni paratoia), costituiti ognuno da due corone con sezione a T, da montare sul foro nella pinna delle paratie, e dalle viti assiali per la loro successiva solidarizzazione.

Sono esclusi dalla presente WBE la fornitura e il montaggio dei seguenti strumenti e relativi accessori, forniti e montati in altre WBE:

- Trasmettitori pressione assoluta
- Trasmettitori elettronici di inclinazione
- Convertitori d'angolo a colonna liquida
- Inclinatori meccanici
- Scatole di interconnessione




	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Cavi di collegamento tra strumenti e scatole di interconnessione e tra queste e il connettore.

In sede di progetto costruttivo e dopo aver individuato gli strumenti e i relativi accessori da installare, l'Impresa dovrà predisporre i necessari supporti e accorgimenti per l'installazione degli strumenti e loro accessori.

L'adozione e la disposizione dei due alleggi superiori (su ogni paratoia) per lo sfiato della camera stagna durante le operazioni di installazione e rimozione della paratoia dovrà essere confermata in sede di progetto costruttivo sulla base delle procedure e allestimenti operativi proposti dall'Impresa e approvati dalla Direzione Lavori, tenuto conto delle prescrizioni relative riportate nel Capitolato Speciale.

E' inoltre escluso nella presente WBE il montaggio dei maschi dei connettori (forniti e montati in altre WBE) con i relativi sistemi di alloggiamento e trattenimento snodo (forniti in questa WBE).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 3. INTRODUZIONE – SVILUPPO DEL PROGETTO MOSE


#### 3.1. Considerazioni Generali

L'obiettivo che la Legislazione Speciale per Venezia (L. 798/84) ha posto è quello della difesa completa di tutti gli abitati della laguna dalle acque alte di qualunque livello, compresi gli eventi estremi.

Nel processo di selezione dell'intervento che rispondesse all'obiettivo, sono state esaminate nei loro vari aspetti tecnici ed economici ipotesi progettuali alternative, fino alla scelta della soluzione in grado di rispondere a tutti i requisiti richiesti.

La soluzione strategica individuata come ottimale per fronteggiare le maree che determinano gli allagamenti più frequenti prevede la realizzazione di un sistema combinato di tipologie di opere tale da conseguire:

- la chiusura temporanea di tutte e tre le bocche di porto della Laguna per mezzo di dispositivi mobili (difese mobili);
- il rialzo locale delle rive, compatibilmente con la struttura architettonica e socio-economica degli abitati (difese locali).


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 3.4. Livello di salvaguardia

Attualmente, il livello di marea previsto per l'entrata in funzione delle paratoie è 110 cm (rispetto al mareografo di riferimento posto a Venezia, Punta della Salute). Si tratta di un accordo preso dalle Istituzioni competenti, in base alla quota cui si è deciso di rialzare le rive delle parti più basse dei centri lagunari. Tale livello non rappresenta, dunque, un limite funzionale del sistema di difesa e può essere rivisto e abbassato qualora ritenuto necessario.



FIG. 3.6 - LA LAGUNA CON EVIDENZIATE LE TRE BOCHE DI PORTO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Le opere mobili sono costituite da **schiere di paratoie** installate sul fondale delle bocche di porto. Si definiscono "mobili" poiché in condizioni normali di marea esse sono piene d'acqua e restano adagiate nelle strutture di alloggiamento realizzate sul fondo (ciascuna paratoia è vincolata alle strutture di alloggiamento attraverso cerniere).

Quando, invece, è prevista una marea superiore alla quota di salvaguardia (mareografo di punta della Salute) le paratoie vengono svuotate dall'acqua mediante immissione di aria compressa. In questo modo esse si sollevano, ruotando attorno all'asse delle cerniere, fino ad emergere. Con questo sistema si è in grado di isolare, temporaneamente, la laguna dal mare e di bloccare il flusso della marea. Le bocche restano chiuse per la sola durata dell'acqua alta e per i tempi di manovra delle paratoie (in media, 4,5 ore complessivamente).

La manovra di apertura delle paratoie avviene secondo precise procedure per le quali si tiene conto anche del possibile aumento dell'acqua in laguna per l'apporto dei fiumi, per la pioggia, per i sovralti locali causati dal vento, per il passaggio dell'acqua tra un paratoia e l'altra.

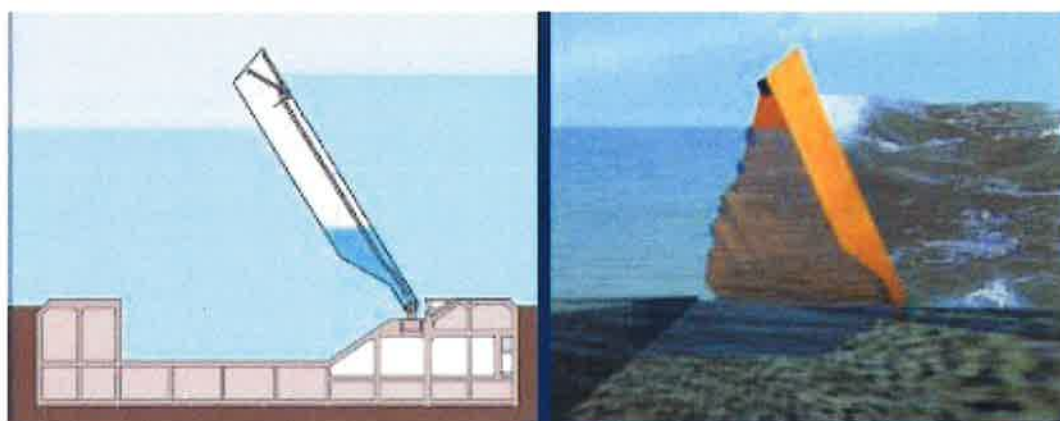
In futuro il fenomeno delle acque alte potrebbe aggravarsi per il previsto aumento del livello del mare prodotto dal cosiddetto "effetto serra". Rispetto a questo problema, il Mose è stato progettato, secondo un criterio precauzionale, per fronteggiare un **eustatismo fino a 60 cm**, cioè superiore anche alle recentissime stime dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), che prevedono un innalzamento del mare nei prossimi 100 anni in un range compreso tra 18 e 59 cm. Grazie alla flessibilità di gestione, il sistema di paratoie può far fronte a un aumento delle acque alte in modi diversi in base alle caratteristiche e all'entità dell'evento di marea. Le strategie di difesa possono prevedere, secondo i casi, la chiusura contemporanea di tutte e tre le bocche di porto; la chiusura di una bocca di porto per volta o, ancora, chiusure solo parziali di ciascuna bocca, essendo le paratoie indipendenti l'una dall'altra.



Paratoia abbassata - Le paratoie, in condizione di riposo, "scompaiono" in alloggiamenti ricavati sui fondali dei canali di bocca. Gli alloggiamenti contengono anche le gallerie percorribili e gli impianti.




Paratoia in sollevamento



Paratoia sollevata

FIG. 3.7 - SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELLE PARATOIE

 <b>TECNITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 46
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 4. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CHIUSURA

##### 4.1. Considerazioni Generali

Il progetto consiste nella realizzazione di interventi alle bocche lagunari con l'obiettivo di regolare i flussi di marea e difendere i centri abitati dagli allagamenti durante gli episodi di acqua alta, anche quelli eccezionali.

Il loro elemento caratterizzante è rappresentato dalle barriere mobili, ciascuna costituita da una serie modulare di paratoie a spinta di galleggiamento, accostate l'una all'altra, incernierate sul fondo e tra loro indipendenti.

Gli sbarramenti previsti alle bocche di porto sono quattro: due a Lido (Treporti e San Nicolò), uno a Malamocco ed uno a Chioggia.

I parametri che caratterizzano la configurazione dello sbarramento alla bocca di Malamocco sono:

- Lunghezza della barriera 380 [m]
- Profondità del fondale (m l.m.m.) 14 [m]
- N° di paratoie 19 + 2 di rispetto

Le dimensioni e l'angolo di lavoro delle paratoie dello sbarramento di Malamocco, oggetto della presente WBE, sono:

- lunghezza totale 29.55 [m]
- lunghezza da asse cerniere 28.90[m]
- larghezza (max) 19.92[m]
- altezza (distanza tra lembo superiore e inferiore) 4.50 [m]
- Angolo di lavoro 45.0 [°]

Il funzionamento delle barriere mobili comporta la realizzazione di un complesso molto articolato di opere strutturali i cui elementi principali vengono brevemente descritti nel seguito.

La planimetria delle opere alle bocche per la regolazione delle maree è schematicamente illustrata nella figura successiva.

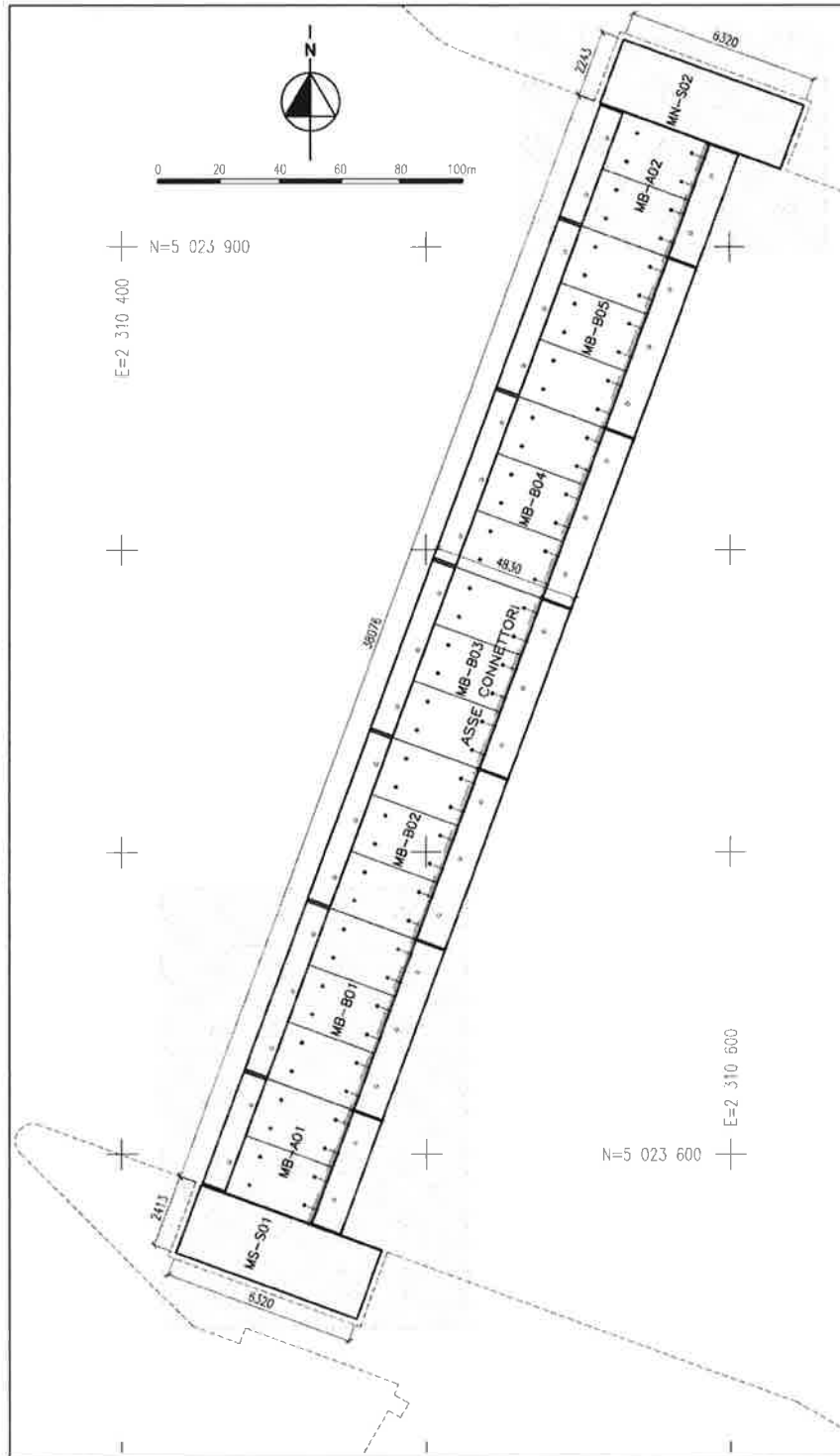



FIG. 4.1 – PLANIMETRIA DELLA BARRIERA DI MALAMOCCO

 <b>VEGENITAL</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 4.2. Criteri di Funzionamento

Il funzionamento delle opere di sbarramento è descritto in dettaglio al Capitolo 8.

Lo sbarramento di una Bocca di Porto è realizzato da una schiera di paratoie identiche ed indipendenti (parte mobile) alloggiate in cassoni di fondazione (parte fissa), installati in una trincea sul fondo del canale di bocca.

La parte fissa è un manufatto in c.a. atto a ricevere la parte mobile, a scomparsa in un opportuno recesso; la parte fissa alloggia altresì tubazioni, impianti e servizi.

La paratoia è un cassone metallico stagno ad eccezione di aperture che permettono l'entrata/uscita dell'acqua di mare e di tubi per l'adduzione/sfiato di aria compressa.

La parte mobile è incernierata sulla struttura fissa e può ruotare attorno ad un asse parallelo al fondo.


In condizioni di riposo, la paratoia è appoggiata in posizione orizzontale nell'apposito recesso realizzato nei cassoni di fondazione.

Per l'operazione di sollevamento la paratoia viene messa in movimento per rotazione immettendo aria compressa, e quindi espellendo acqua.

Una volta raggiunto l'assetto di lavoro, la posizione viene monitorata e regolata immettendo/sfiatando aria.

Per l'abbattimento si procede analogamente sfiatando parzialmente l'aria contenuta, e consentendo l'entrata dell'acqua; la discesa verso il recesso viene arrestata da supporti elastici di gomma (ammortizzatori) installati sulla paratoia stessa.



	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 4.3. Paratoie

Ciascuna paratoia è costituita da una struttura metallica scatolare che, se piena d'acqua, rimane adagiata in un apposito vano ricavato nei cassoni di fondazione, presentando l'estradosso alla quota del fondale del canale di bocca.

Quando l'acqua viene fatta fuoriuscire, immettendo aria compressa, la paratoia si solleva, ruotando attorno all'asse delle due cerniere che la collegano all'opera di fondazione e assume la posizione di equilibrio prefissata.


Sfruttando la spinta idrostatica, le paratoie delle barriere, pur oscillando liberamente ed indipendentemente per effetto del moto ondoso, sono in grado di mantenere il dislivello di progetto fra mare e laguna.

Ogni paratoia, realizzata in carpenteria metallica con struttura di tipo navale, è corredata di alcuni componenti speciali che ne assicurano il funzionamento:

- i connettori, che vincolano le paratoie alle strutture di alloggiamento e ne consentono la rotazione dalla posizione orizzontale di riposo a quella sub-verticale di chiusura dello sbarramento e le oscillazioni per effetto del moto ondoso;
- gli strumenti per rilevare e controllare l'inclinazione assunta;
- gli appoggi elastici (ammortizzatori), che entrano in gioco quando la paratoia rientra nel proprio vano di alloggiamento;
- i tubi rigidi e flessibili che consentono l'immissione di aria compressa all'interno della paratoia e l'espulsione della stessa aria attraverso l'apposito cunicolo nei cassoni di fondazione e di spalla;
- gli elementi in elastomero che consentono la tenuta parziale fra paratoia e cassone di fondazione;
- le vernici e gli anodi sacrificali che proteggono la paratoia dalla corrosione.

I risultati di numerose analisi, eseguite con modelli sia matematici che fisici, presso istituti particolarmente esperti in questo settore sia italiani che stranieri, hanno consentito di definire le caratteristiche prestazionali ottimali delle paratoie in relazione al loro comportamento dinamico durante gli episodi di chiusura.

Le paratoie sono descritte in dettaglio al Capitolo 5.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 4.4. Opere in cemento armato

Queste strutture, per funzioni e dimensioni, rappresentano nel loro insieme la componente principale di ogni sbarramento. Esse sono: le strutture per l'alloggiamento delle paratoie, quelle di spalla, quelle che accolgono gli impianti necessari per il funzionamento delle barriere, quelle che delimitano, con funzione di sostegno, dighe e terrapieni.

Si tratta, in generale, di manufatti costituiti da uno o più cassoni in cemento armato, prefabbricati in appositi bacini e rimorchiati in galleggiamento fino al sito in cui devono venire affondati.

Le paratoie e le loro strutture di alloggiamento sono collocate all'interno di uno scavo e quindi non sporgono mai al di sopra dei fondali.

Nella figura seguente è illustrata la sezione tipica del cassone di fondazione della barriera di Malamocco.

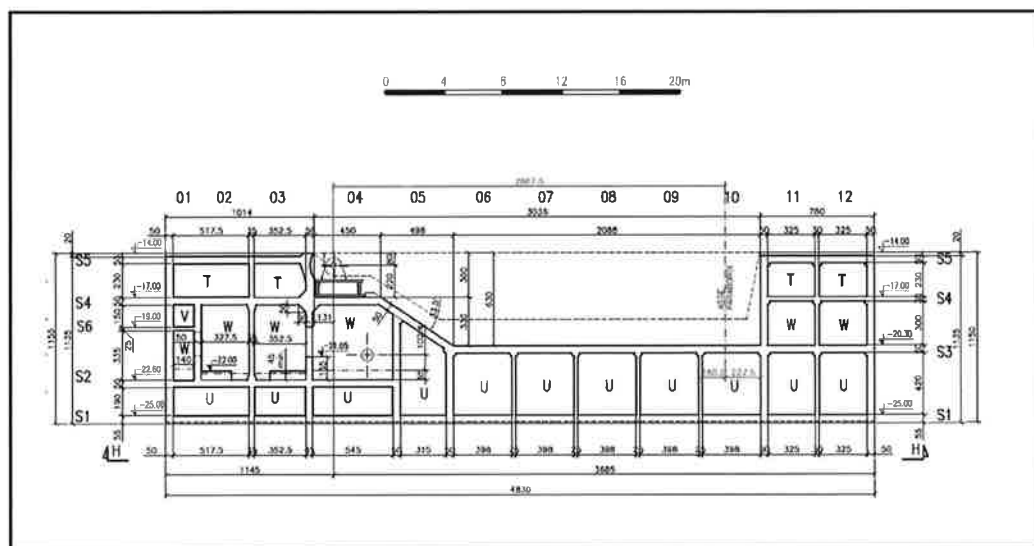



FIG. 4.2 – SEZIONE TIPICA DEL CASSONE DI SOGLIA - BARRIERA DI MALAMOTTO


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 4.5. Protezione dei fondali

Nei canali di bocca, per una certa lunghezza a monte e a valle delle barriere mobili, è necessario proteggere i fondali dall'erosione che conseguirebbe alle notevoli concentrazioni del flusso di corrente provocate dalle manovre di sollevamento progressivo delle paratoie.

La protezione è costituita da strati di pietrame opportunamente studiati e conformati.

Una protezione dei fondali con pietrame è prevista anche al piede delle dighe dei porti rifugio e delle scogliere di raccordo ai moli esistenti e intorno alle testate delle dighe foranee esterne.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 5. DESCRIZIONE DELLE PARATOIE

### 5.1. Strutture principali e secondarie

La struttura è costituita da fasciami in lamiera supportati e irrigiditi da elementi strutturali secondari, detti correnti e realizzati con profilati a bulbo, sostenuti a loro volta da telai trasversali, detti ossature rinforzate, realizzati con travi composte e raccordate con squadre d'angolo.

Le travi rinforzate trasversali sono sostenute da tre linee di puntellatura longitudinali: due in corrispondenza degli elementi strutturali relativi alle cerniere, realizzate con una paratia forata, e una centrale realizzata con puntelli.

I fasciami frontale e posteriore sono irrigiditi e sostenuti da elementi di rinforzo verticali, realizzati con profili a bulbo, con le estremità collegate con squadre ai corrispondenti correnti superiore e inferiore.

I correnti dei fasciami laterali sono collegati con squadre al primo corrente verticale dei fasciami frontale e posteriore.

I correnti longitudinali e verticali sono disposti con un intervallo d'ossatura tipico di 625 mm.


I telai trasversali rinforzati e i relativi elementi di puntellatura sono disposti a intervalli di 2000/2500 mm.

La parete stagna che delimita il compartimento per la formazione della camera d'aria necessaria al sollevamento della paratoia in esercizio è parte del telaio trasversale dell'ossatura 9.

I correnti non vengono interrotti in corrispondenza di ogni telaio trasversale, ma sono continui attraverso intagli, di geometria opportuna, nell'anima delle travi rinforzate mantenendo il collegamento con l'anima stessa.

Le paratie longitudinali laterali sono opportunamente rinforzate in corrispondenza dei fori per i perni dei gruppi cerniera-connettore e dei punti di aggancio dei dispositivi per il sollevamento della paratoia.

La paratoia è leggermente rastremata sui fianchi, circa dalla metà della lunghezza fino alla punta, mediante deviazione dei fasciami laterali, fino a un massimo di 30 mm per lato.

 <b>TECENITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La struttura della paratoia è illustrata graficamente nella figure sottostanti, che riportano una sintesi dei disegni esecutivi sviluppati.

Le caratteristiche geometriche principali della paratoia di Malamocco sono (cfr. figura schematica riferita alle dimensioni del cassone):

- lunghezza totale 29.55 [m]
- lunghezza da asse cerniere 28.90 [m]
- larghezza (max) 19.92 [m]
- larghezza min (in punta) 19.86 [m]
- lunghezza rastremazione (dalla punta) 19.10 [m]
- altezza (distanza tra lembo superiore e inferiore) 4.50 [m]
- distanza asse cerniere da superficie superiore 0.80 [m]

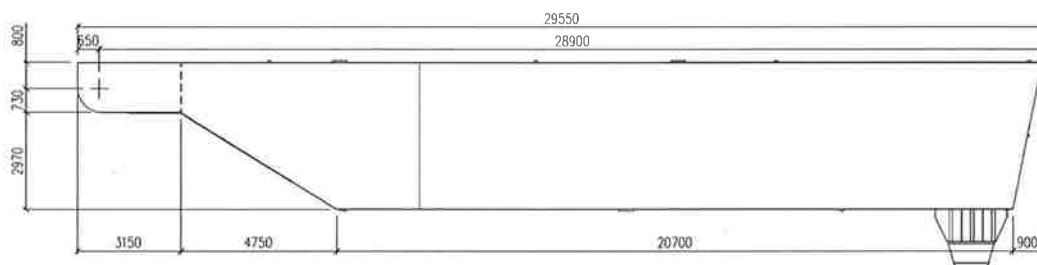


FIG. 5.1 – PARATOIA – VISTA LATERALE

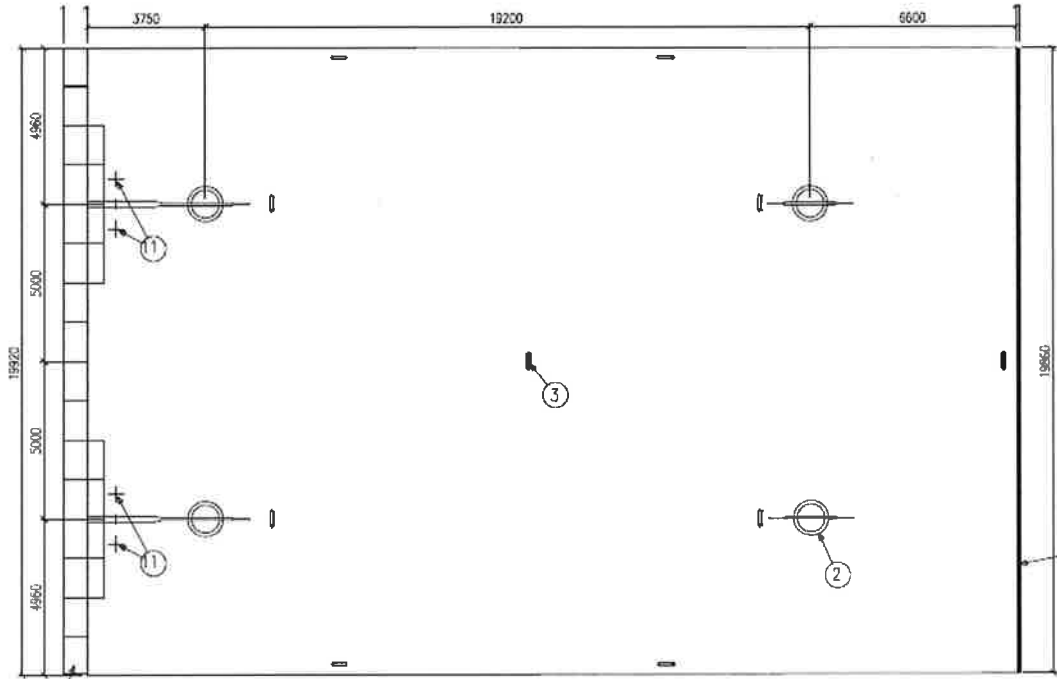


FIG. 5.2 – PARATOIA – ESTRADOSSO

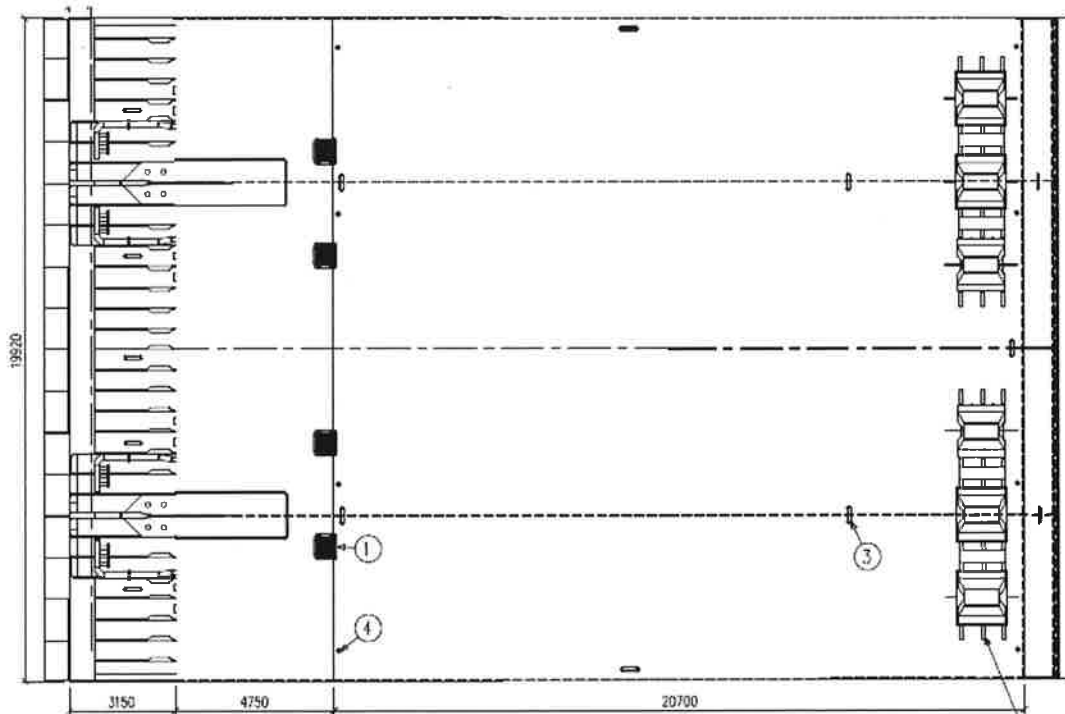
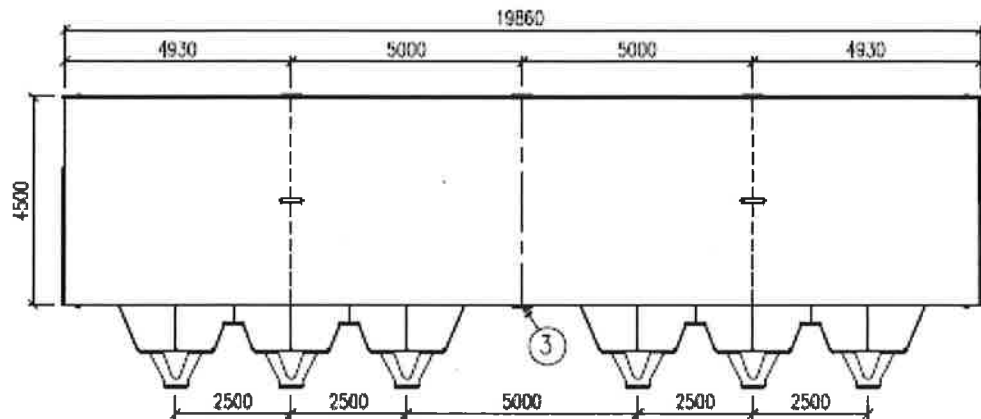
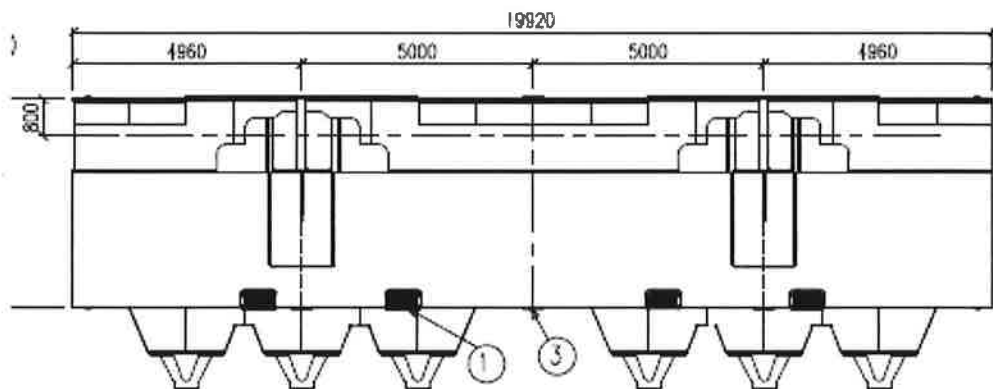


FIG. 5.3 – PARATOIA - INTRADOSSO



**VISTA FRONTALE**



**VISTA POSTERIORE**

FIG. 5.4 – PARATOIA – VISTE FRONTALE E POSTERIORE

Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 56
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

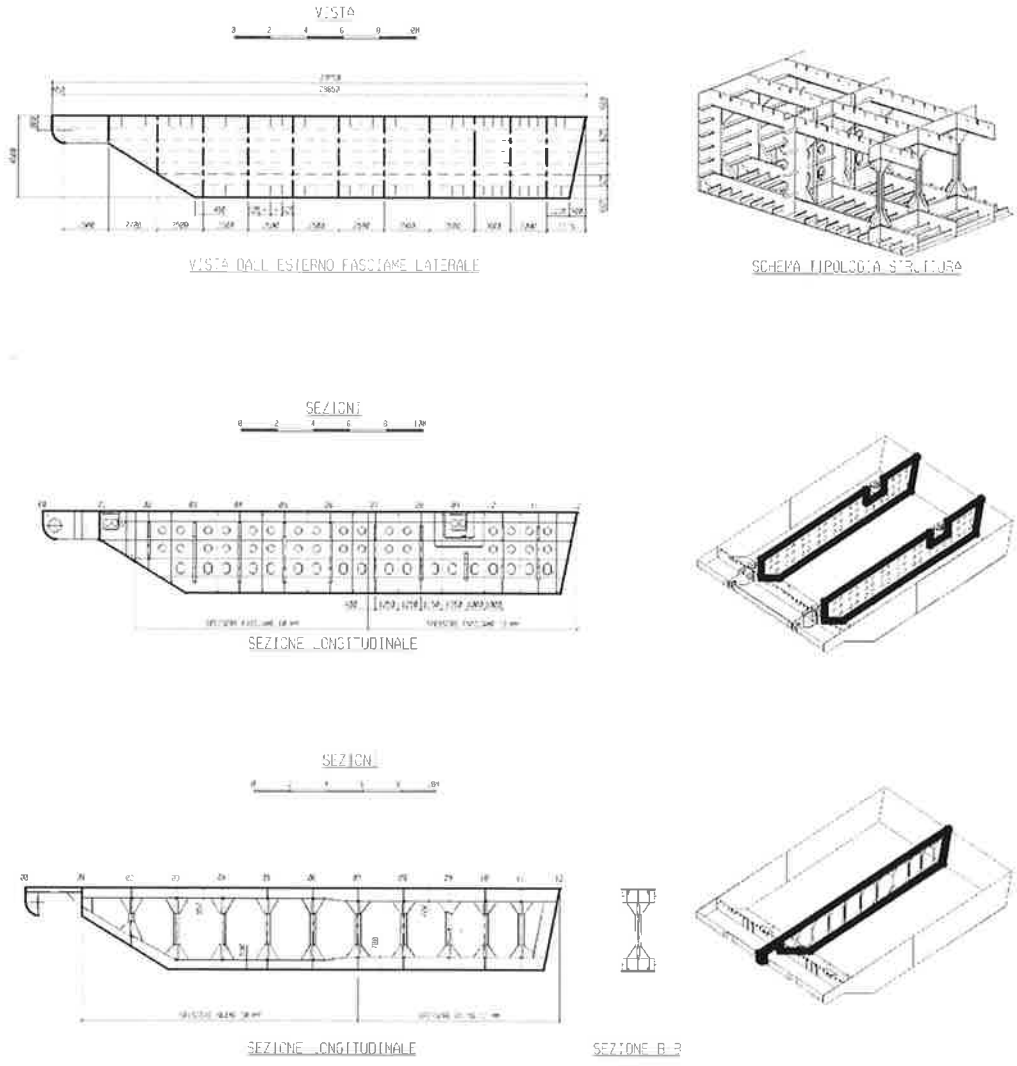



FIG. 5.5 -1 STRUTTURE LONGITUDINALI



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 57
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

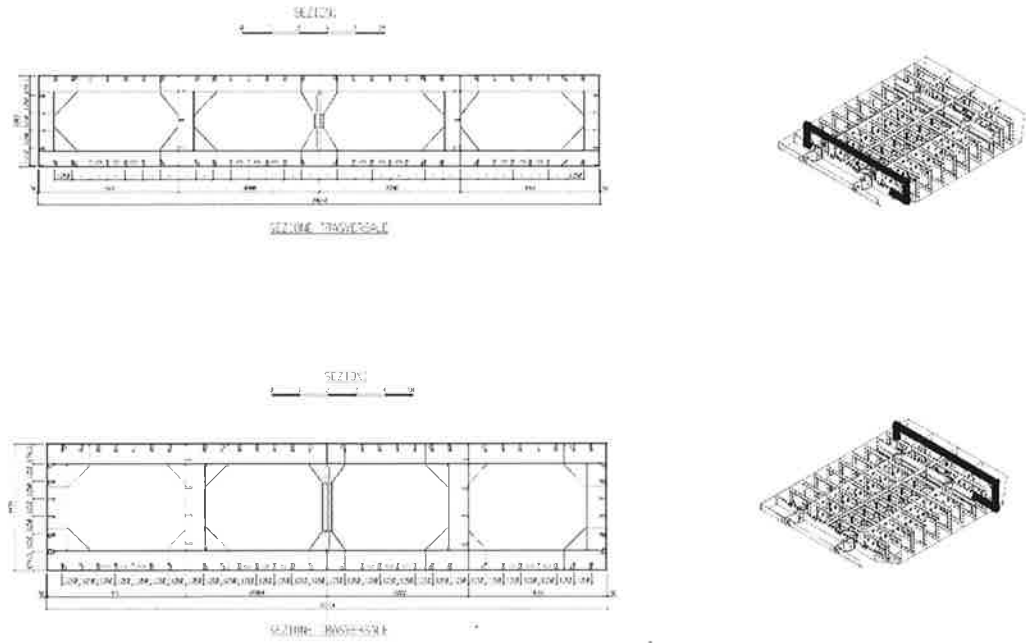


FIG. 5.6 - STRUTTURE TRASVERSALI

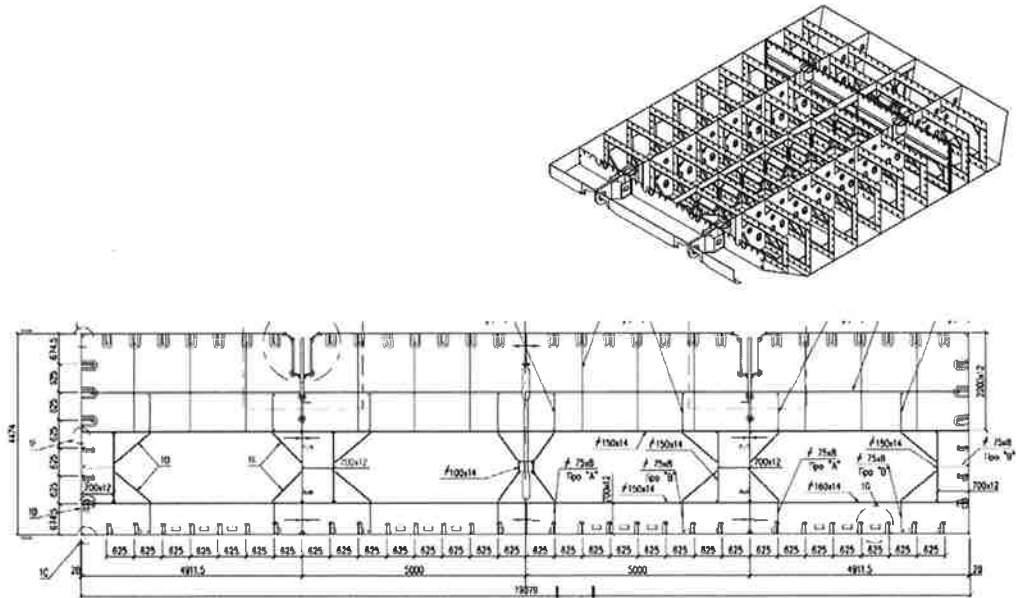


FIG. 5.7 - TELAIO TRASVERSALE 9 CON PARETE STAGNA

## DISPOSITIVI DI INGACCIO (TWIST LOCK)

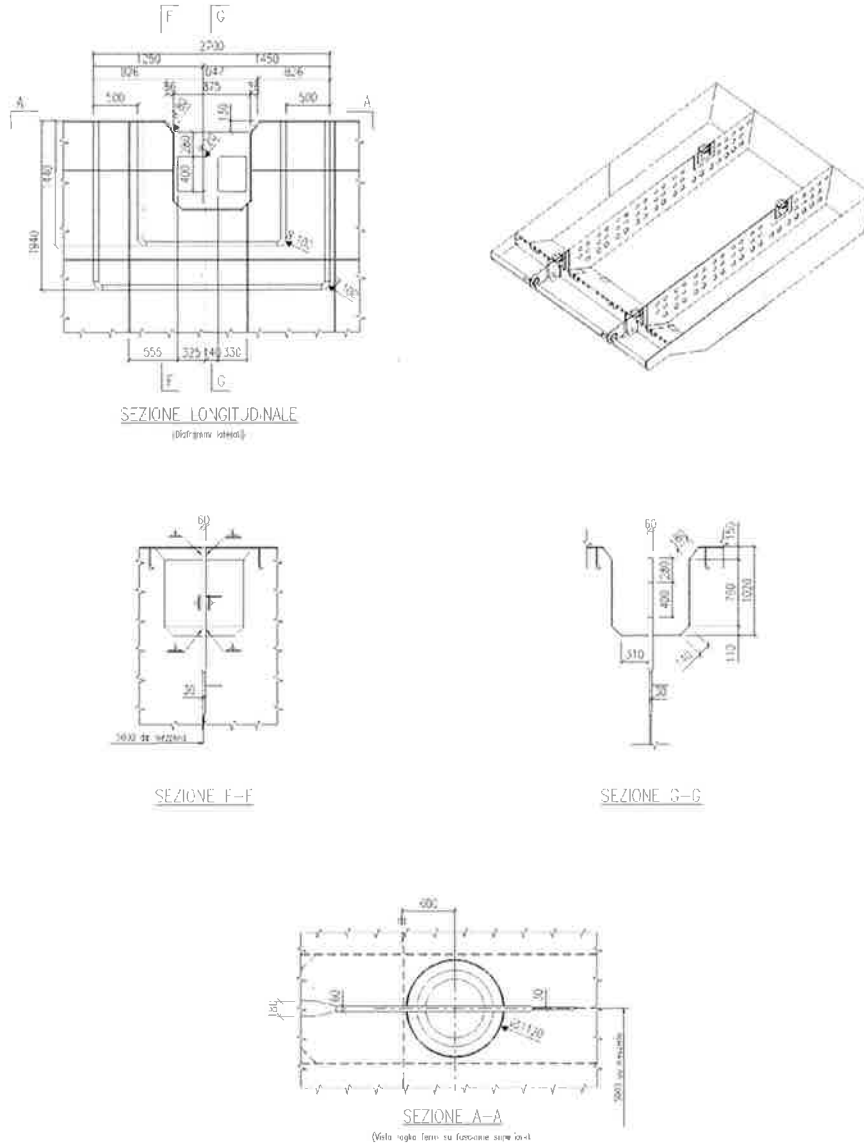
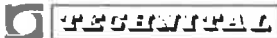


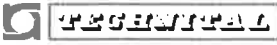
FIG. 5.8 – DETTAGLI DEI RICETTACOLI PER I DISPOSITIVI DI AGGANCIO (TWIST LOCK)

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 5.2. Classi strutturali

Gli elementi strutturali sono state suddivisi in classi (a-b-c-d-e), per ciascuna delle quali sono stati definiti i materiali, le classi di saldatura, il tipo, l'estensione e l'accettabilità dei controlli considerati, in funzione anche dello spessore.

Classe Elemento	Definizione
a	<p>Elementi strutturali essenziali per la sicurezza della struttura, con bassa ridondanza strutturale, forma complessa e concentrazione delle tensioni non facilmente prevedibile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementi con spessore &gt; 40 mm nei complessi interfaccia cerniere e punti di sospensioni.</li> </ul>
b	<p>Elementi strutturali essenziali per la sicurezza globale della struttura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementi con spessore <math>\leq</math> 40 mm nei complessi interfaccia cerniere e punti di sospensioni;</li> <li>• Lamiere e piatti costituenti le paratie longitudinali in asse cerniera.</li> </ul>
c	<p>Elementi strutturali essenziali per la sicurezza globale della struttura, di geometria semplice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lamiere del fasciame;</li> <li>• Lamiere e piatti costituenti i telai trasversali di irrigidimento e la linea di puntellatura centrale;</li> <li>• Lamiere e piatti costituenti i supporti dei parabordi;</li> <li>• Lamiere e piatti non compresi nelle classi "a" e "b".</li> </ul>
d	<p>Elementi strutturali significativi per la sicurezza locale della struttura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profilati a bulbo e altri elementi strutturali non rientranti nelle classi "a", "b" e "c";</li> <li>• tubi per aria compressa</li> </ul>
e	<p>Elementi strutturali non importanti ed elementi non strutturali.</p>

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 60
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Le seguenti figure riportano schematicamente la suddivisione delle strutture della paratoia in classi strutturali.

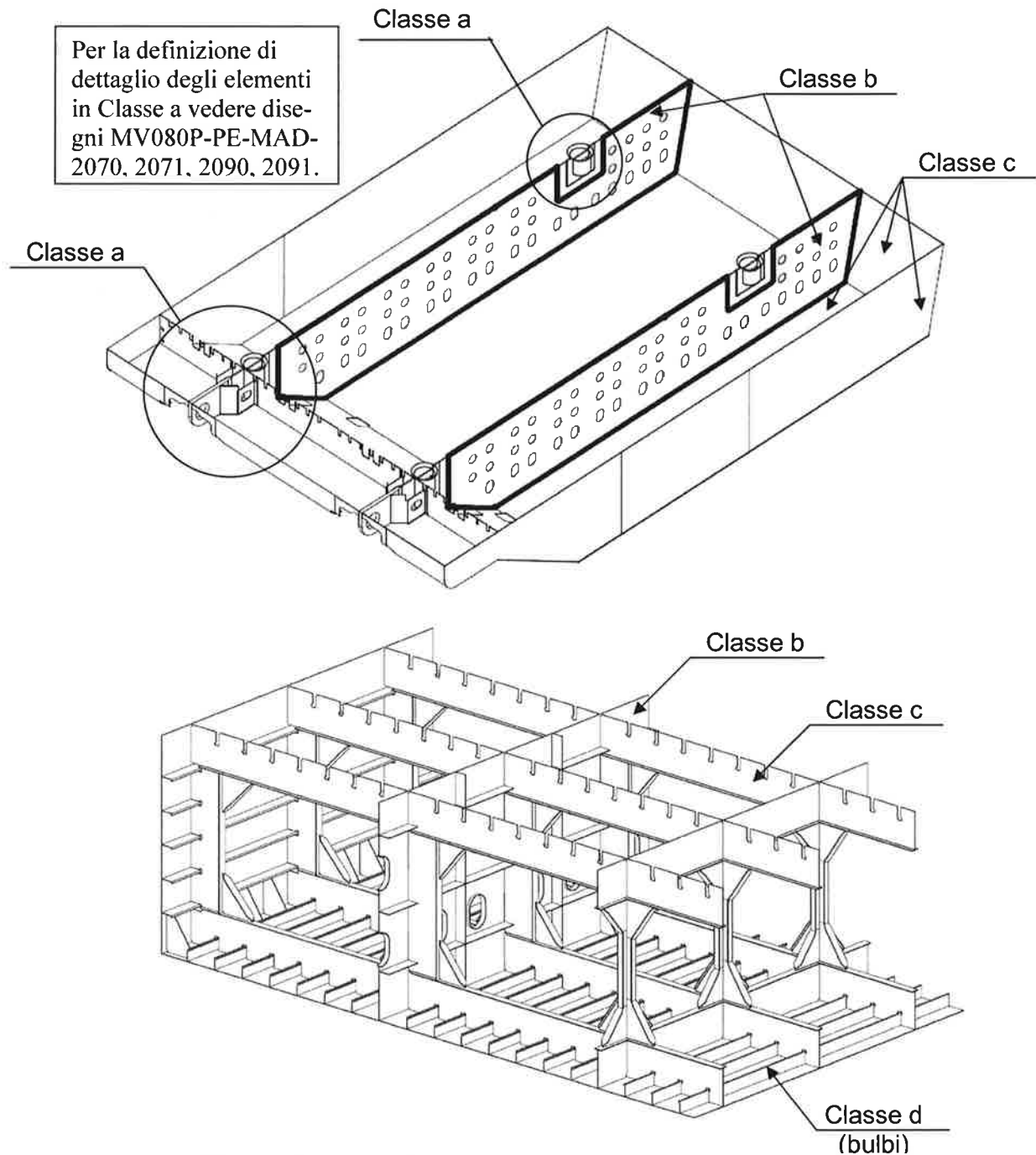



FIG. 5.9 - CLASSI STRUTTURALI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


### 5.3. Materiali

La paratoia è realizzata con struttura totalmente saldata utilizzando, in funzione della classe strutturale e dello spessore dei componenti, materiali di acciaio a basso tenore di carbonio designato in accordo a UNI EN 10027-1 e con caratteristiche basate sulle norme UNI EN 10025, con i requisiti aggiuntivi riportati nella specifica MV080P-PE-MAS-2001.

elementi	classe	spessore	materiale	norma	requisiti aggiuntivi (ref. UNI EN 10025-1)
lamiere e piatti	a	>40 mm	S355K2	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2 UNI EN 10164	✓ Opzione 4 Classe di qualità Z35 ✓ Opzione 6 Controllo a ultrasuoni ✓ Opzione 10 Marcatura
lamiere e piatti	b	>20 mm e ≤40 mm	S275J2	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2	✓ Opzione 10 Marcatura
lamiere, piatti, ferri a bulbo, profilati, ecc.	b - c d - e	≤20 mm	S275J0	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2	✓ Opzione 10 Marcatura
lamiere, piatti, profilati, ecc.	e	≤16 mm	S235JR	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2	-
tubi aria compressa	d	-	P235TR1	UNI EN 10216	-

TAB. 5.1 - DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI UTILIZZATI

Le caratteristiche di resistenza degli acciai impiegati, ossia tensione di snervamento  $f_y$  e tensione di rottura  $f_u$ , previste dalle norme ed adottate nelle analisi strutturali, per gli spessori in uso, sono riassunte nella seguente tabella B, per tutte le altre caratteristiche si fa riferimento alle norme e alla specifica citate.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Acciaio	Tensione di Snervamento $f_y$ (MPa) [Carico unitario minimo di snervamento $R_{eH}$ ]					Tensione di Rottura $f_u$ (MPa) [Resistenza a trazione $R_m$ ]	
	$t \leq 16$ mm	16 mm < $t \leq$ 40 mm	40 mm < $t \leq$ 63 mm	100 mm < $t \leq$ 150 mm	150 mm < $t \leq$ 200 mm	3 mm < $t \leq$ 100 mm	100 mm < $t \leq$ 250 mm
S355K2	-	-	335	-	285	470 ÷ 630	450 ÷ 600
S275J2	-	265	-	-	-	410 ÷ 560	-
S275J0	275	265	-	-	-	410 ÷ 560	-
S235JR	235	-	-	-	-	360 ÷ 510	-
P235TR1	235	-	-	-	-	360 ÷ 500	-

TAB. 5.2 - CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEGLI ACCIAI UTILIZZATI

Per tutti gli acciai strutturali vengono applicate le seguenti proprietà elastiche previste dalle norme:


- $E = 206000 \text{ N/mm}^2$                       modulo di elasticità
- $G = 80000 \text{ N/mm}^2$                       modulo di taglio
- $\nu = 0.3$                                       modulo di Poisson
- $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$                         densità di massa
- $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$                 coefficiente di espansione termica

#### 5.4. Peso della paratoia

Il peso di una paratoia è costituito dal suo peso strutturale e dal peso degli allestimenti, come riportato nella tabella seguente.

Nelle condizioni di sollevamento, trasporto e appoggio a terra è inoltre presente il peso dei due componenti maschi dei connettori, pari a 220 kN.

Nella tabella seguente si riporta il peso dei singoli componenti e le relative coordinate rispetto agli assi di riferimento riportati nella figura sottostante.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

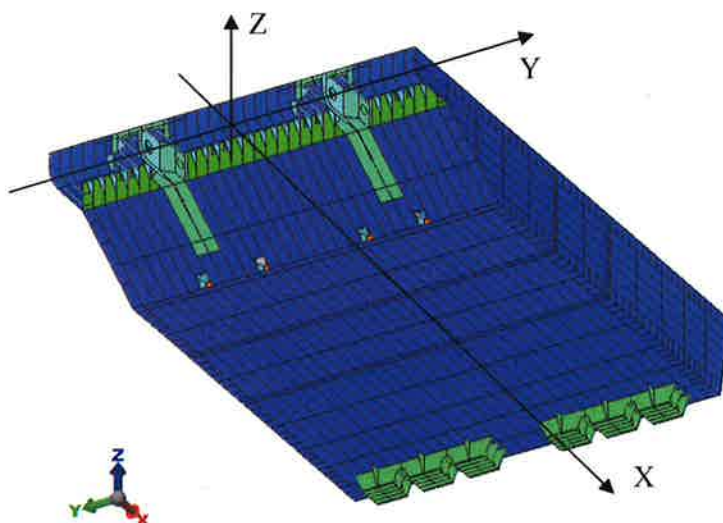



FIG. 5.10 – SISTEMA DI RIFERIMENTO (X DI SIMMETRIA, Y PER IL CENTRO SNODI)

Descrizione	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
<b>Struttura</b>			
Acciaio a spessore lordo	2.704.569	15,752	-1,173
Supporti ammortizzatori	79.085	26,693	-4,314
sub totale	2.783.655	16,063	-1,262
Saldature 2%	55.673	16,063	-1,262
Margine 5%	141.966	16,063	-1,262
<b>TOTALE STRUTTURA</b>	<b>2.981.294</b>	<b>16,063</b>	<b>-1,262</b>
<b>Allestimenti</b>			
Tubature, supporti e altri allestimenti	76.739	15,394	-1,649
Anodi e loro supporti	30.789	16,600	-1,125
Pittura	18.720	15,792	-1,302
Appoggi elastici (ammortizzatori)	63.495	26,675	-5,047
Tenute parziali (alette di gomma)	34.875	0,602	0,741
Strumentazione	5.101	5,500	-1,100
sub totale	229.719	16,241	-2,115
Margine 5%	11.486	16,241	-2,115
<b>TOTALE ALLESTIMENTI</b>	<b>241.205</b>	<b>16,241</b>	<b>-2,115</b>
<b>TOTALE PESO PARATOIA (calcolato)</b>	<b>3.222.499</b>	<b>16,076</b>	<b>-1,326</b>

TAB. 5.3 – PESO DI UNA PARATOIA (SENZA CONNETTORI)

 <b>VEGENITAL</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 64
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 5.5. Trattamenti delle superfici

I risultati degli studi effettuati sui materiali e sui sistemi di protezione dalla corrosione hanno portato alla scelta dell'acciaio strutturale al carbonio-manganese come materiale di costruzione delle paratoie ed alla protezione passiva delle superfici ottenuta con l'applicazione di appositi cicli di pitturazione e l'adozione di anodi sacrificali (cfr. par. 5.6). La progettazione tiene conto inoltre di sovrappessori di corrosione.

Il ciclo anticorrosivo si applica a tutte le carpenterie metalliche (strutture e allestimenti), interne ed esterne.

Un rivestimento antivegetativo deve inoltre essere applicato, su tutte le superfici esterne della paratoia.

E' esclusa la pitturazione della superficie dell'imburratura sul foro di alloggiamento della boccola, come indicato nei documenti di progetto, in particolare MV080P-PE-MAD-2073.

Le indicazioni di dettaglio su materiali, applicazione, quantità, distribuzione, ecc. sono contenute nell'apposita specifica tecnica MV080P-PV-MAS-2003.

I componenti da verniciare devono essere preparati con adeguate smussature dei bordi, eliminazione di difetti e delle imperfezioni di saldatura.

Previa pulizia e sgrassaggio, la sabbiatura sarà SA 2 ½ in accordo a ISO 8501-1 (o SSPC-SP10, secondo la definizione dello Steel Structures Council), al momento dell'applicazione del rivestimento.


#### **Classe di durabilità**

I sistemi proposti devono essere classificati in accordo a UNI EN ISO 12944-1 e UNI EN ISO 12944-5 e devono appartenere alla classe di durabilità alta (H), corrispondente ad una durabilità superiore ai 15 anni.

#### **Classe di corrosività**

Gli ambienti in cui si trovano le strutture sono classificati in accordo a UNI EN ISO 12944-2:



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

durante l'esercizio della paratoia nella barriera

- classe di corrosività per strutture immerse Im 2 (acqua di mare)

durante il periodo di stoccaggio prima dell'installazione nella barriera

- classe di corrosività atmosferica: C5-M molto alta (marina)

### **Cicli protettivi anticorrosivi**

I cicli protettivi anticorrosivi costituiti da verniciatura dovranno essere applicati a tutte le strutture principali e secondarie della paratoia, sulle superfici interne e su quelle esterne.

Il sistema di verniciatura deve:

- essere a base epossidica;
- avere spessore NDFT non inferiore a 375 microns;
- essere disposto come minimo in due mani; l'applicazione in una sola mano può essere ammessa per le sole superfici esterne e deve essere garantita dal Fornitore, giustificata attraverso documentazione di applicazioni analoghe e approvata dalla DL;
- disporre di documentazione su applicazioni verificabili in casi analoghi.

Ogni ciclo di protezione deve essere costituito da prodotti compatibili dello stesso fornitore.

Il ciclo anticorrosione interno dovrà essere il più possibile simile a quello esterno.


Il colore della mano a finire deve essere chiaro.

### **Rivestimenti antivegetativi "foul release"**

Il rivestimento antivegetativo deve essere applicato, su tutte le superfici esterne della paratoia.

Il sistema di verniciatura deve:

- utilizzare una tecnologia siliconica o ai fluoropolimeri o essere di tipo epossiamminico fenolico;

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


- essere efficace in assenza di significative velocità di corrente;
- essere totalmente privo di biocidi;
- avere spessore NDFT non inferiore a 250 microns;
- essere disposto preferibilmente con almeno due mani;
- essere compatibile e provenire dallo stesso fornitore del rivestimento anticorrosivo sottostante;
- disporre di documentazione su applicazioni per casi analoghi.

Il ciclo dovrà essere conforme ai requisiti ambientali imposti dalle norme vigenti ed essere certificato relativamente al rilascio di VOC, che deve essere inferiore a 500 g/l, e ai requisiti in materia stabiliti da IMO (Ref. IMO "International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships").

Il colore della mano a finire deve essere chiaro.

Lungo gli spigoli dell'estradosso della paratoia e in corrispondenza dei vani per i dispositivi di aggancio devono essere disposte marcature in colore contrastante per facilitare la movimentazione subacquea della paratoia.

Si prevede il rifacimento completo delle verniciature esterne come minimo ogni 5 anni e per quelle interne si prevede il rifacimento completo come minimo ogni 10 anni, purché siano effettuati i necessari ripristini dopo i primi 5 anni.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 67
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 5.6. Anodi

Sempre sulla base dei risultati degli studi effettuati nel corso degli anni su materiali e sistemi di protezione dalla corrosione, alle paratoie viene anche applicato un sistema di protezione catodica realizzata con anodi sacrificali installati sia sul mantello esterno che all'interno del compartimento allagabile.

La protezione catodica degli elementi strutturali della paratoia è realizzata con anodi sacrificali in lega di zinco.

Le indicazioni di dettaglio su materiali, applicazione, quantità, distribuzione, ecc. sono contenute nell'apposita specifica tecnica MV080P-PV-MAS-2004.

Nel calcolo della quantità richiesta di anodi, in accordo con gli interventi quinquennali di ispezione e manutenzione, si considera la durata di anodi e di pittura protettiva come di seguito specificato:

- Superficie esterna            5 anni
- Superficie interna            10 anni

Per la superficie esterna si prevedono sia il rifacimento del rivestimento sia la sostituzione degli anodi in corrispondenza di ogni ispezione quinquennale.

Per la superficie interna, la necessità di erogare elevate densità di corrente in presenza di condizioni anaerobiche richiede un numero elevato di anodi, il cui consumo in soli 5 anni sarebbe troppo basso. Si prevede quindi la sostituzione degli anodi ed il rifacimento del rivestimento ogni 10 anni, mentre l'ispezione ed il controllo avverranno sempre ogni 5 anni.

Sono previsti tre tipi di anodi:

- AE1 per le superfici esterne, da imbullonare a diretto contatto con la lamiera del fasciame;
- AI1 per le superfici interne escluso il fondo, da imbullonare a diretto contatto di lamiera;
- AI2 per la superficie del fondo, da imbullonare a supporti saldati ai correnti (ferri a bulbo).

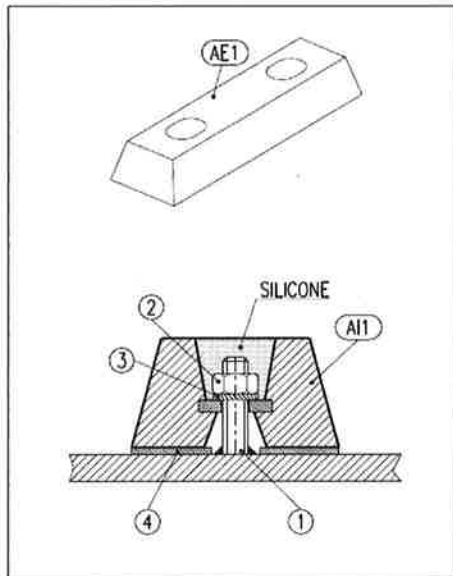


FIG. 5.11 – ANODO ESTERNO TIPICO

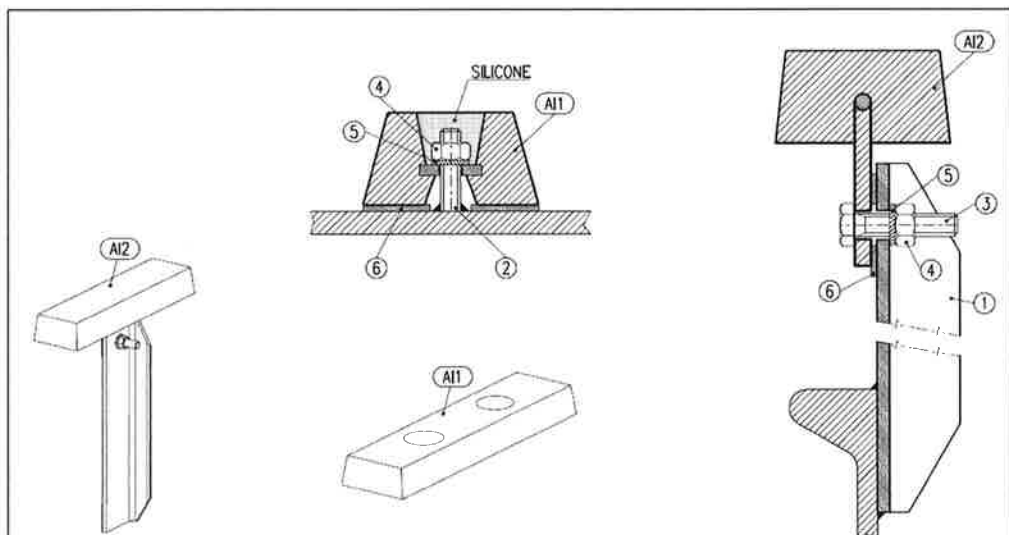
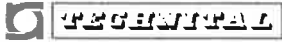


FIG. 5.12 – ANODI INTERNI TIPICI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 69
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

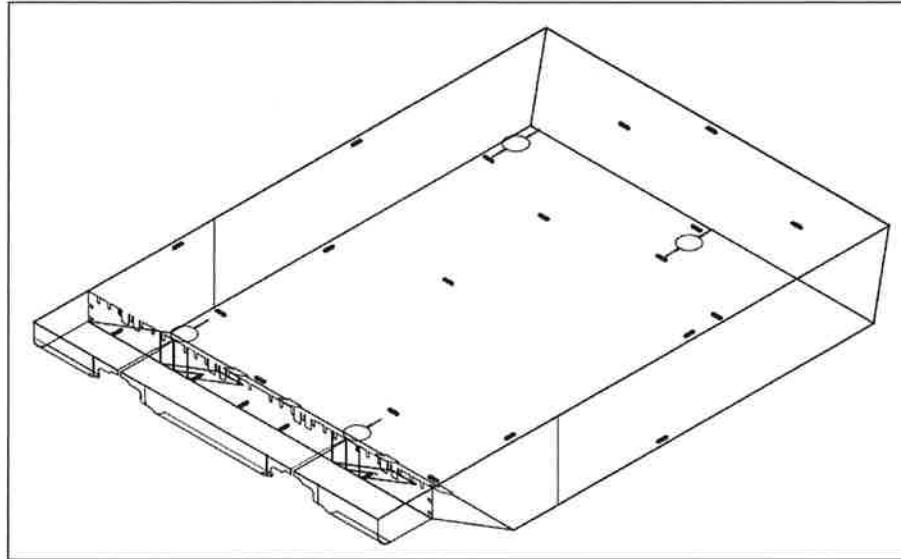


FIG. 5.13 - ANODI ESTERNI – DISPOSIZIONE

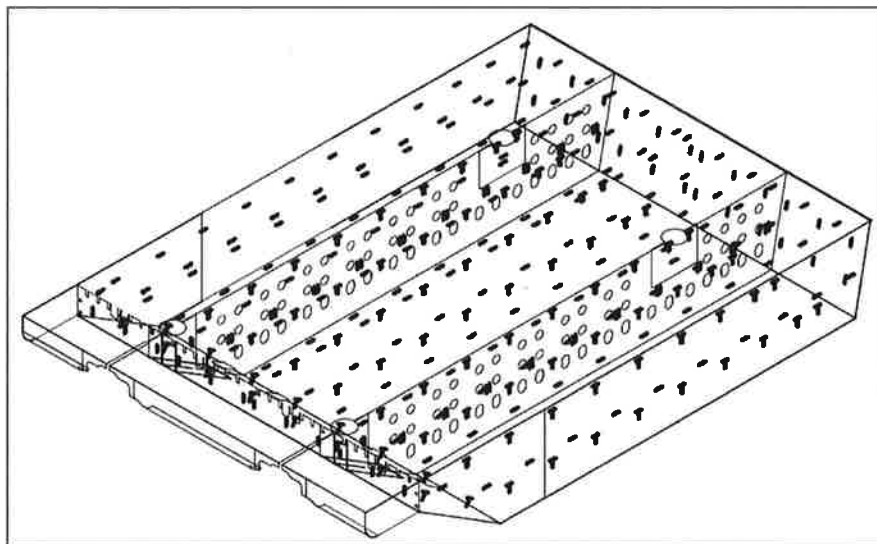



FIG. 5.14 - ANODI INTERNI - DISPOSIZIONE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 70
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

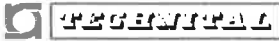
## 5.7. Connettori

I gruppi cerniera-connettore, o più brevemente connettori, svolgono due funzioni distinte:

- realizzano il vincolo tra la paratoia e il cassone di fondazione e garantiscono la funzionalità della paratoia, consentendo il suo innalzamento e abbassamento, ottenuto attraverso la rotazione della paratoia attorno all'asse passante per i centri delle due cerniere sferiche;
- collegano la parte impiantistica interna alla paratoia, pneumatica, meccanica ed elettrica (tubi di alimentazione dell'aria e strumenti che segnalano la posizione angolare della paratoia) con la parte impiantistica che risiede all'esterno, posizionata nei cassoni di fondazione o di spalla.

Il gruppo è composto principalmente da tre corpi distinti:

- uno superiore detto cerniera, comprensivo del perno attorno a cui la paratoia ruota tramite boccole sferiche e di una forcella (sommità dell'elemento maschio) che ha la funzione di raccogliere e trasferire i carichi al sottostante accoppiamento;
- uno intermedio composto dagli elementi denominati "maschio" e "femmina"; il maschio costituisce l'elemento mobile del connettore: alla base presenta una sezione tronco-conica realizzata tramite due dischi (l'inferiore ha diametro minore) distanziati di circa 1 m e collegati da 2 piatti verticali molto rigidi, il cui proseguimento oltre il disco superiore costituisce la forcella. In corrispondenza della flangia inferiore si innesta il sistema di contrasto. La femmina costituisce l'elemento fisso del connettore: nella parte centrale realizza la sede tronco-conica di alloggiamento del maschio e nella parte esterna consente l'ancoraggio alla fondazione (monolite di soglia) tramite barre post-tese;
- uno inferiore detto gruppo di aggancio, dispositivo che realizza l'accoppiamento tra la parte fissa "femmina" e la parte mobile "maschio" mediante una forza di pretensione controllata; la manovra del gruppo di aggancio e tensionamento è eseguita tramite una centra-lina oleodinamica trasportabile, dall'interno del cassone di fondazione; quando il gruppo di

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 71
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

aggancio è ritratto, la paratoia e il componente maschio sono indipendenti dal componente femmina.

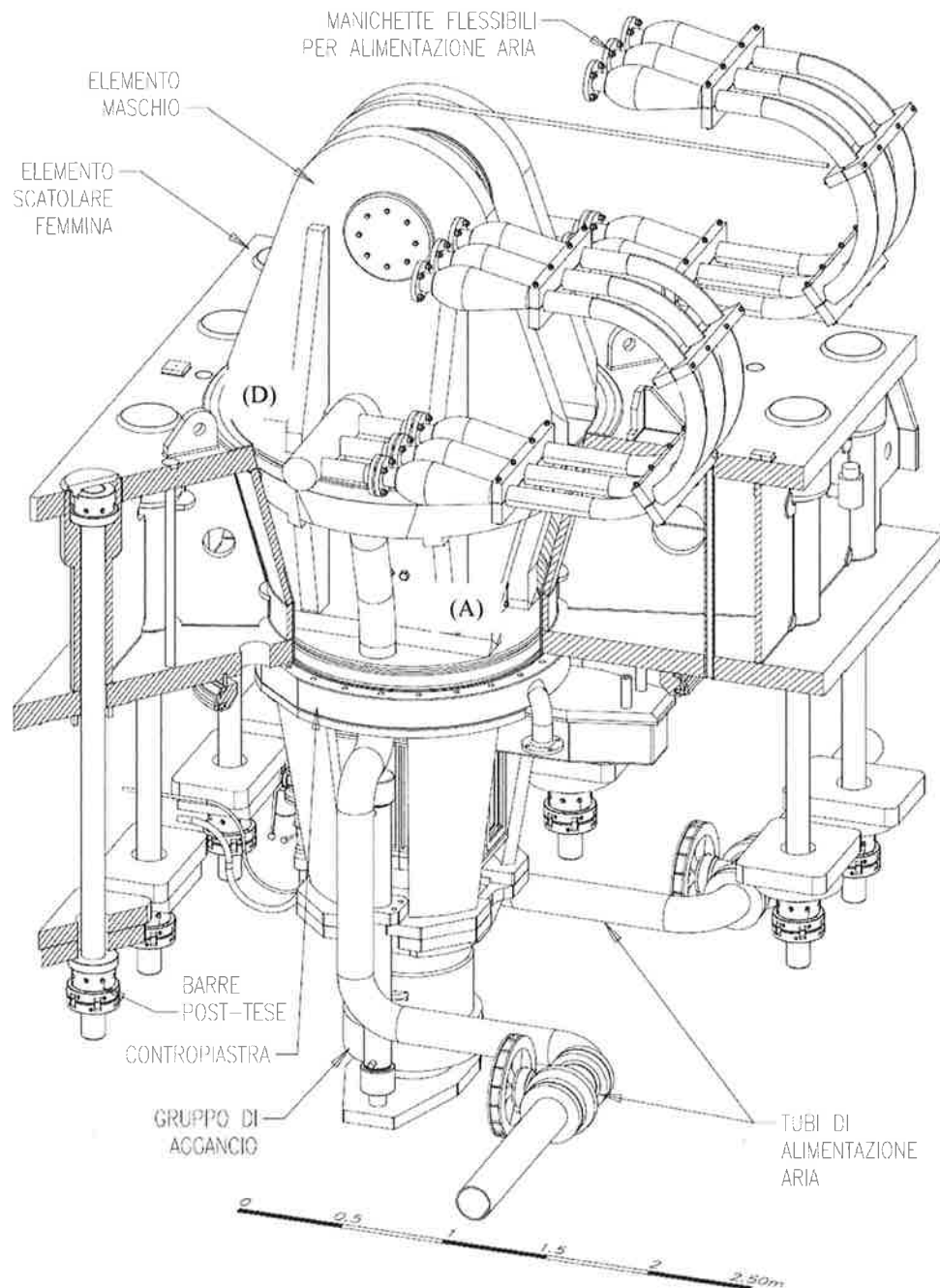



FIG. 5.15 – GRUPPO CONNETTORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Le superfici di contatto fra i componenti metallici del connettore e le interfacce impiantistiche sono a tenuta d'acqua.

Nel maschio sono integrati i tubi con i due manifold flangiati e le manichette flessibili di collegamento alle corrispondenti flange sui manifold installati sulla paratoia, che permettono il passaggio dell'aria e dell'acqua nelle fasi rispettivamente di innalzamento e abbassamento della paratoia. Sono inoltre alloggiati le sedi per il connettore elettrico e l'inclinometro meccanico.

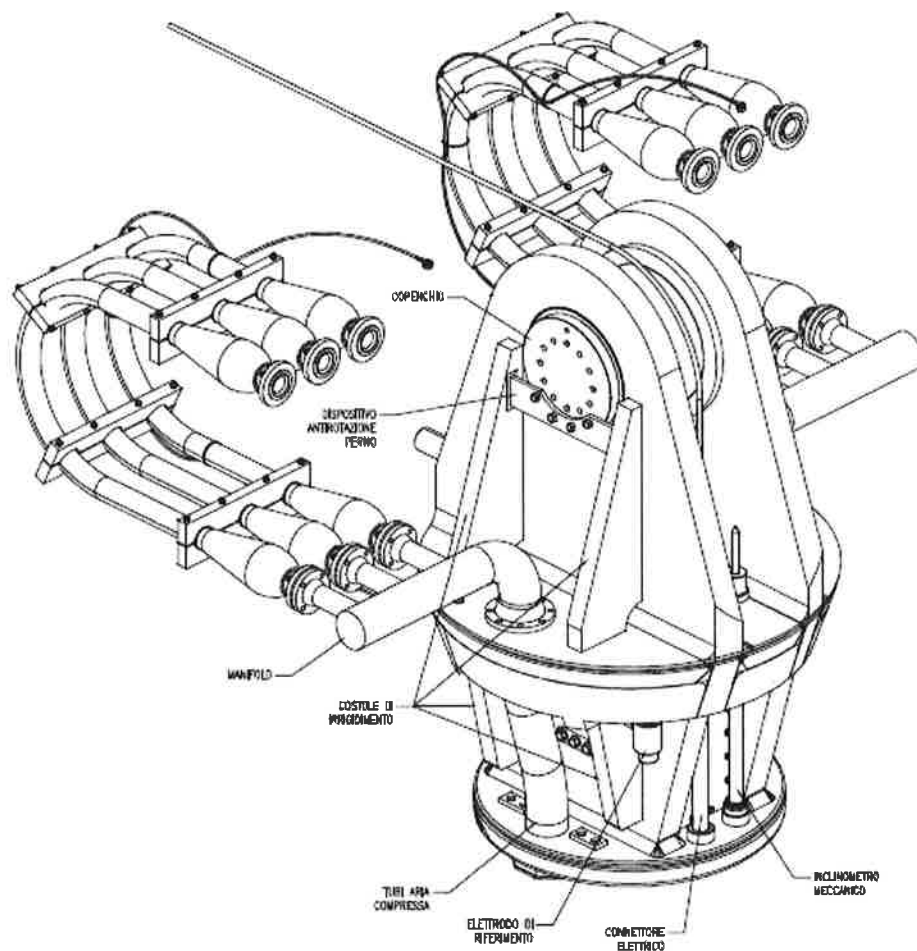



FIG. 5.16 – CERNIERA E STRUTTURA DELL'ELEMENTO MOBILE DEL CONNETTORE (MASCHIO)



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 73
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

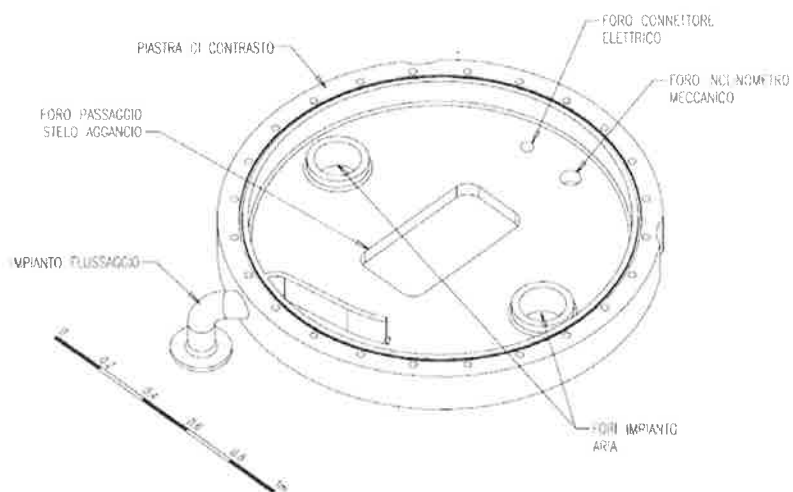
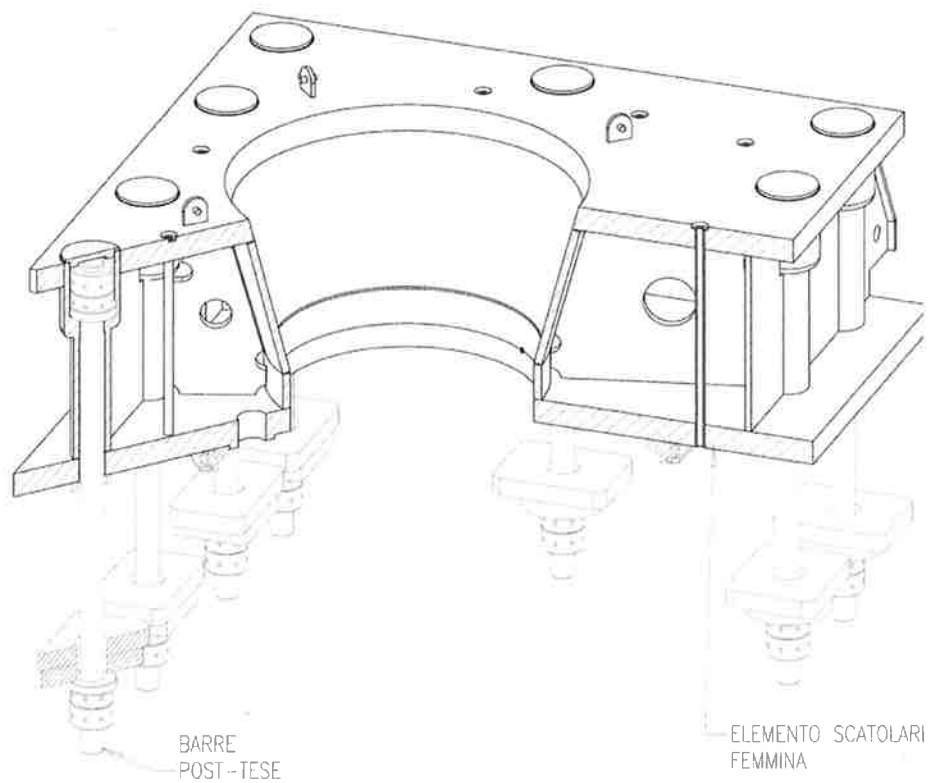



FIG. 5.17- ELEMENTO FISSO DEL CONNETTORE CON PIASTRA DI CONTRASTO (FEMMINA)

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 74
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Attraverso la piastra di contrasto della femmina, si ha il passaggio dei tubi dell'aria/acqua e delle connessioni per l'incli-nometro meccanico e il connettore elettrico. E' inoltre presente l'impianto di flussaggio per la rimozione di eventuali detriti durante le operazioni di accoppiamento.

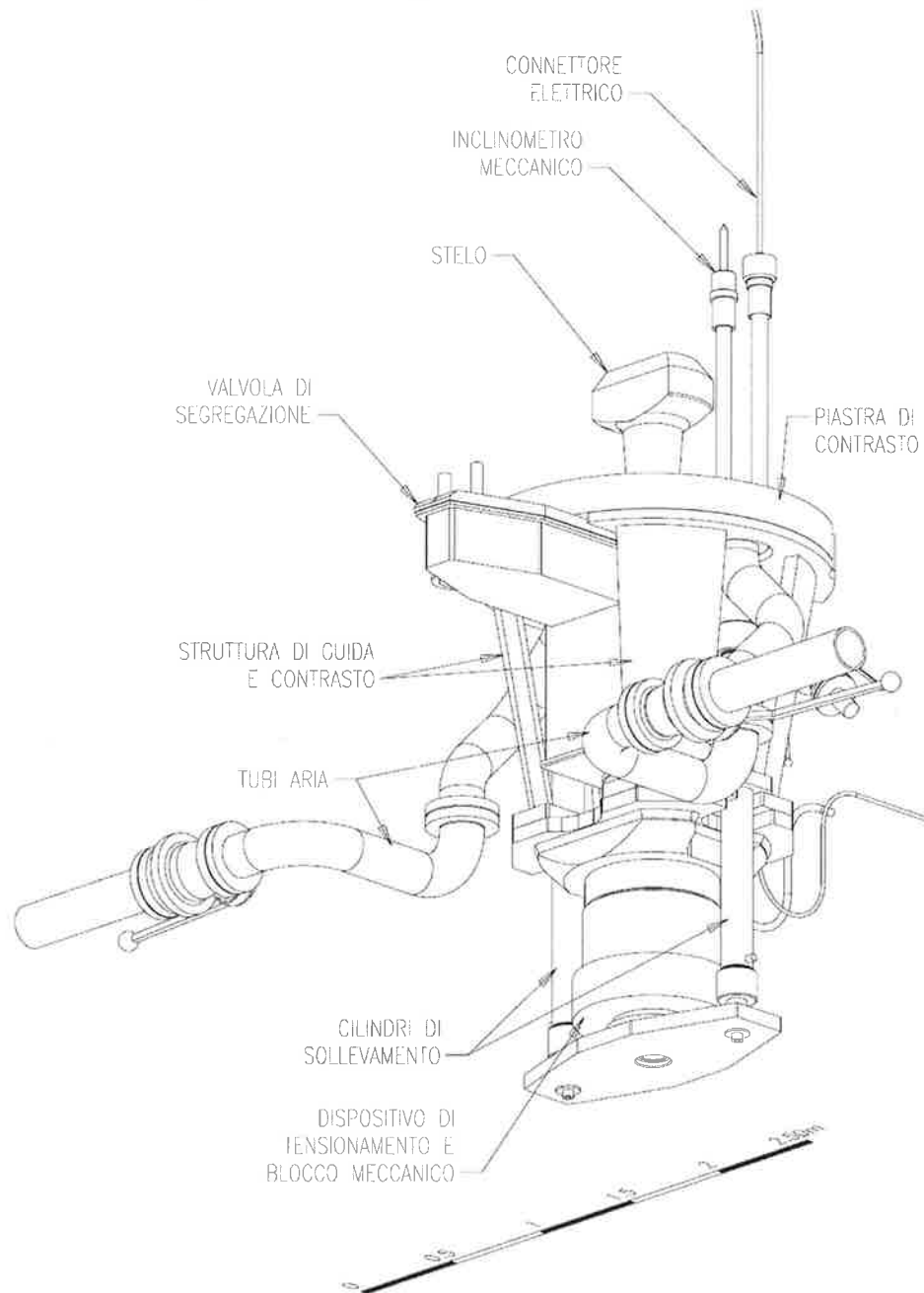



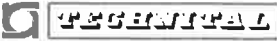
FIG. 5.18- GRUPPO DI AGGANCIAMENTO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Attraverso il gruppo di aggancio prosegue il passaggio, da e verso la paratoia, dell'aria/acqua, del sistema di lavaggio, della connessione elettrica che alimenta gli strumenti posizionati sulla paratoia e ne raccoglie i segnali, dell'inclinometro meccanico, per il rilevamento della posizione angolare della paratoia.

Le tubazioni aria/acqua proseguono nei collettori all'interno dei cassoni di fondazione fino all'impianto di compressione negli edifici di servizio.

I gruppi cerniera-connettore sono stati sviluppati a livello di progetto esecutivo e sono illustrati nei documenti relativi alle WBE specifiche.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 5.8. Appoggi elastici (ammortizzatori)

Durante le manovre di apertura dello sbarramento, le paratoie vengono zavorrate aprendo le valvole di sfogo aria in modo da avviare la loro discesa verso la struttura fissa, nel recesso di alloggiamento a riposo.

L'impatto della paratoia sulla fondazione in calcestruzzo è ammortizzato da due coppie di appoggi elastici di gomma, posizionati al di sotto della paratoia fra i fasciami laterali e le paratie longitudinali forate in corrispondenza delle cerniere. Gli appoggi sono montati su supporti di lamiera saldate, disposti all'intradosso della paratoia, in modo da assicurare l'assetto orizzontale della paratoia a riposo. Tali ammortizzatori costituiscono anche i punti di appoggio frontali della paratoia a riposo nel recesso all'interno del cassone di barriera.

Le indicazioni di dettaglio su materiali, applicazione, quantità, distribuzione, installazione, ecc. sono contenute nell'apposita specifica tecnica MV080P-PE-MNS-2002.

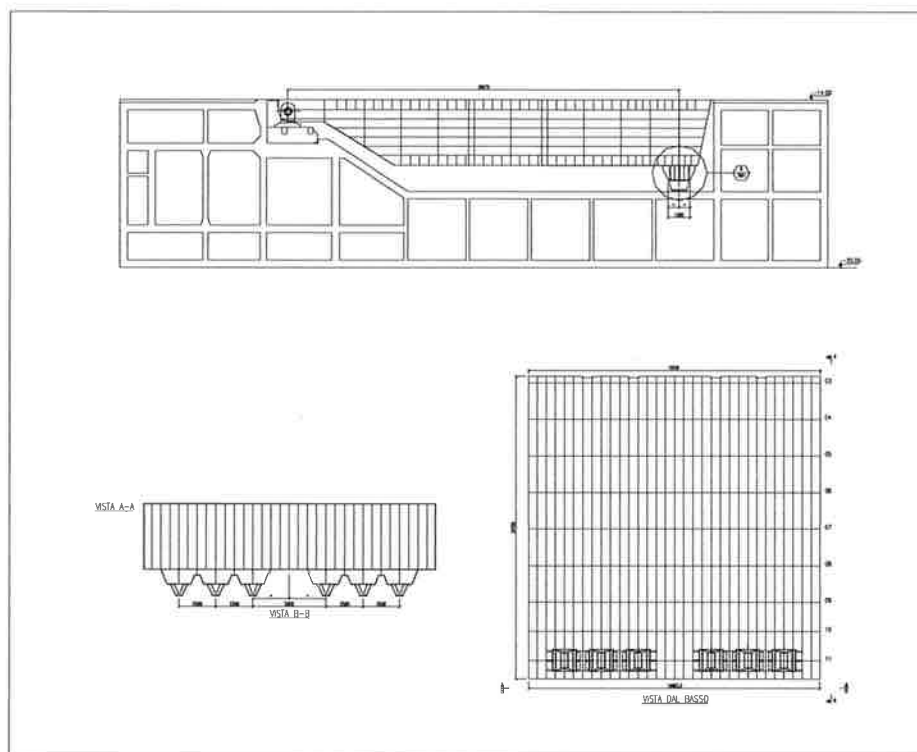



FIG. 5.19 – APPOGGI ELASTICI (AMMORTIZZATORI)

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 77
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 5.9. Elementi di gomma

Allo scopo di limitare l'eventuale ingresso di sedimenti nel recesso sotto le paratoie in posizione di riposo e di diminuire la portata d'acqua lungo lo spigolo lato mare quando la barriera è sollevata, si è provveduto a ridurre gli spazi fra paratoia e cassone di fondazione, installando sulle paratoie stesse elementi di gomma sia lungo il bordo lato laguna sia lungo quello lato mare. Tali elementi di tenuta parziale permettono di ridurre le aree libere fra le strutture rigide, senza limitare il franco per la movimentazione della paratoia durante le operazioni di sostituzione.

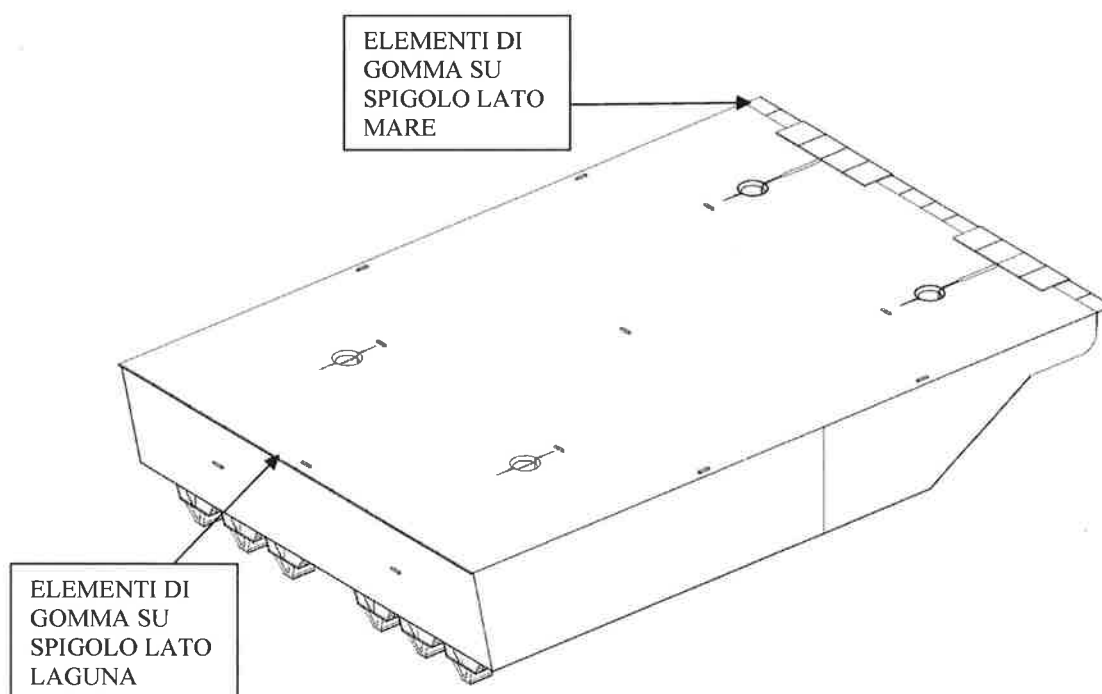



FIG. 5.20 - ELEMENTI DI GOMMA SUGLI SPIGOLI DELLA PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 78
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


### 5.10. Alleggi

Ogni paratoia è provvista di alleggi di tipo standard navale.

Sul fasciame inferiore sono disposti 8 alleggi con diametro 1½”, per consentire lo svuotamento dell’acqua residua sul fondo, prima che la paratoia sia appoggiata a terra o sui carrelloni. Essi sono distribuiti lungo gli spigoli anteriori e posteriori dell’intradosso della paratoia.

Sul fasciame superiore sono indicati 2 alleggi con diametro 2½”, per facilitare le operazioni di installazione e rimozione della paratoia nella/dalla barriera, consentendo lo sfiato dell’aria contenuta nella camera stagna anteriore della paratoia. Essi sono disposti in corrispondenza del volume centrale della camera stagna, in posizione tale da poter essere manovrati dal personale che opera dal telaio pescatore.

L’adozione e la disposizione di tali alleggi superiori dovrà essere confermata in sede di progetto costruttivo.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 79
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

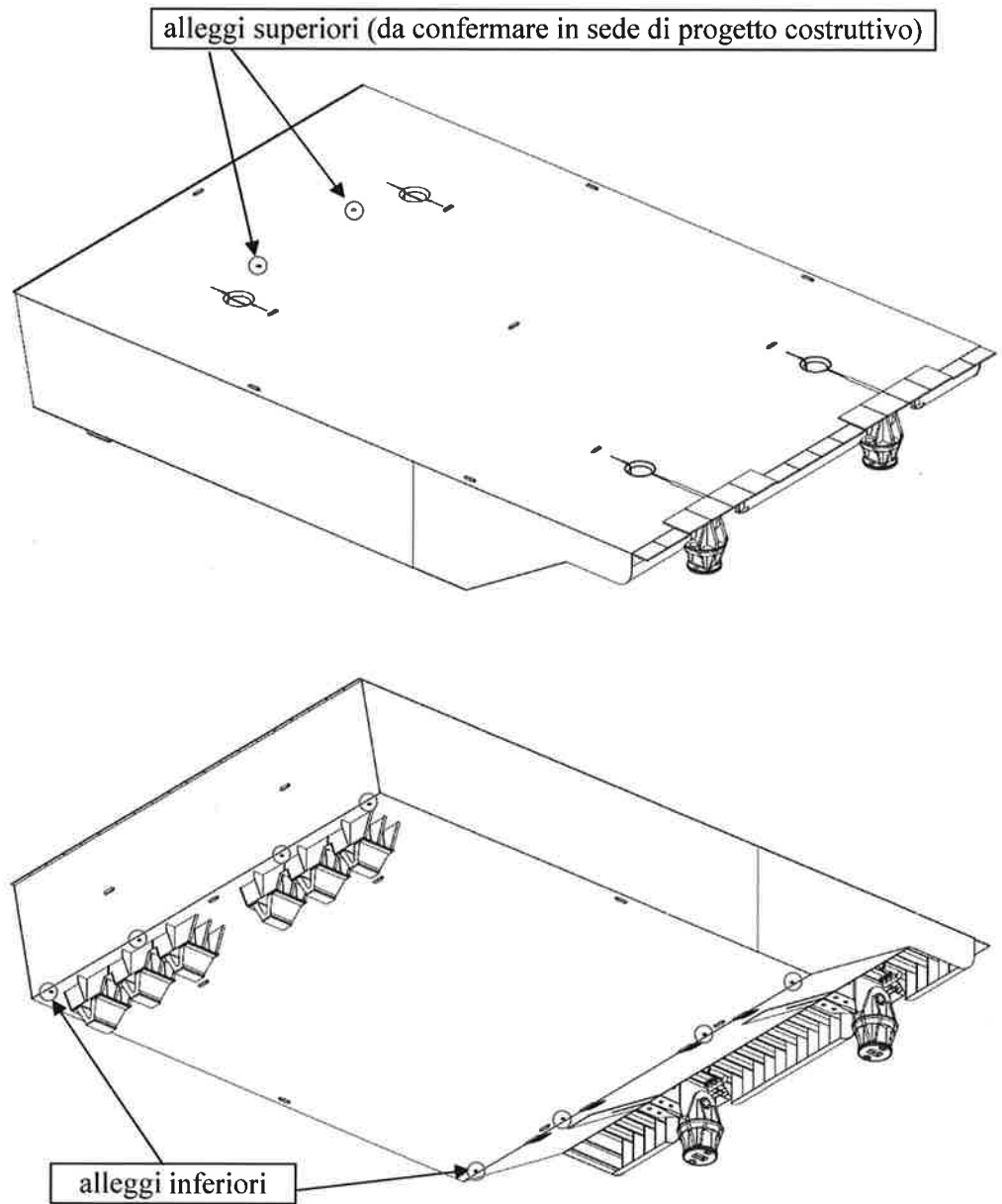



FIG. 5.21 -ALLEGGI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 80
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 5.11. Linee aria compressa

Le tubazioni di immissione ed esaurimento dell'aria sono disposte all'interno della paratoia e partono da un collettore posizionato sul connettore (cfr. par. 5.7) al quale sono collegate tre manichette flessibili affiancate e disposte in modo avere raggi di curvatura accettabili per ogni assetto della paratoia, dalla posizione di riposo sul fondo alla posizione di esercizio e durante le oscillazioni per effetto del moto ondoso.

Un secondo collettore posizionato sulla struttura della paratoia raccoglie le tre manichette flessibili; da questo partono due tubazioni rigide in acciaio al carbonio che raggiungono l'estremità lato laguna della paratoia.

Un ulteriore gruppo di tubazioni rigide collega la camera situata dietro il setto parziale trasversale alla camera frontale della paratoia in modo da garantire il completo esaurimento dell'aria durante l'affondamento, senza che rimangano intrappolate sacche d'aria.

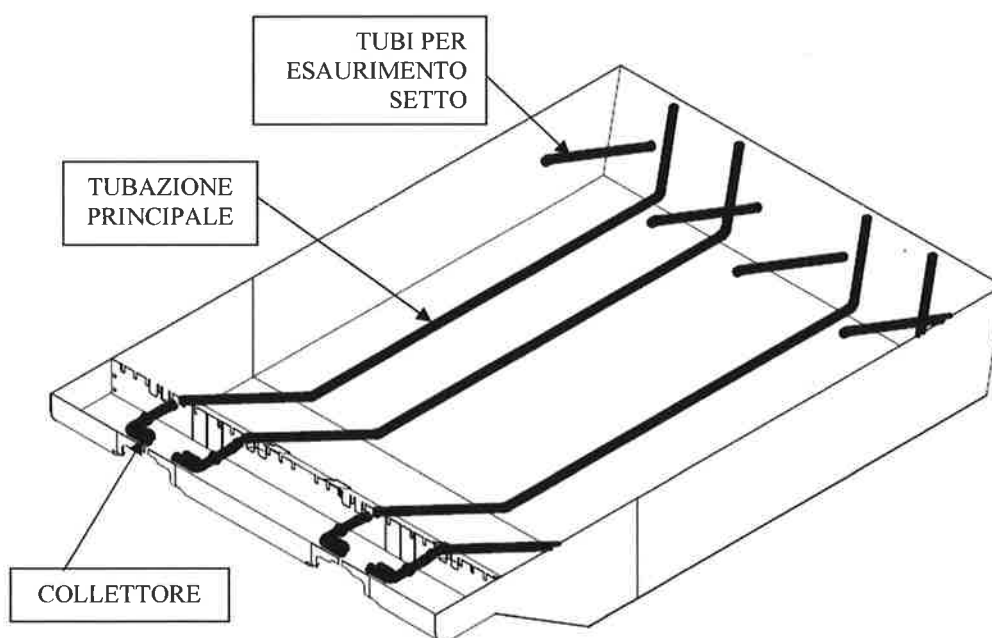



FIG. 5.22 – LINEE ARIA COMPRESSA



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 81
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 5.12. Strumenti

All'interno della paratoia, per il controllo del suo esercizio, saranno disposti i seguenti componenti:

- Trasmettitori pressione assoluta
- Trasmettitori elettronici di inclinazione
- Convertitori d'angolo a colonna liquida
- Cassette di giunzione
- Multicavi dalle cassette al connettore
- Cavi di collegamento tra strumenti e cassette

Gli strumenti sono forniti e montati in altra WBS, all'interno della quale si vedano in particolare i documenti MV100P-PE-MIS-0101, MV100P-PE-MIS-0118, MV100P-PE-MIS-0123 e MV100P-PE-MIS-0139.

Nella paratoia dovranno essere installate le predisposizioni necessarie alla loro installazione, in base alle indicazioni del relativo progetto e dei fornitori.

### 5.13. Passerelle e scale removibili (escluse dalla presente fornitura)


Per consentire la manutenzione all'interno delle paratoie, si prevede che siano disponibili passerelle e scale removibili, da introdurre all'interno della paratoia.

Tali componenti saranno smontabili e ricollocabili all'interno di ogni paratoia e saranno approvvigionati in 6 set per le 19 paratoie.

Il peso di 1 set di passerelle e scale removibili è stimato non superiore a circa 40 kN.

### 5.14. Accrescimento marino (fouling)

La permanenza in acqua di mare della paratoia installata nella barriera comporta la presenza, nel tempo, di accrescimento marino, in particolare sulle superfici esterne.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 82
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

In relazione alla diversa esposizione alla luce e all'orientamento delle superfici si ammette che, nell'arco dei 5 anni tra due successivi interventi di manutenzione, possa svilupparsi fouling con i seguenti corrispondenti pesi, inclusivi dei sedimenti in esso intrappolati:

- Sulla superficie superiore 0.5 kN/m<sup>2</sup>
- Sulla superficie inferiore 0.2 kN/m<sup>2</sup>
- Sulle superfici laterali 0.1 kN/m<sup>2</sup>

Il peso totale del fouling considerato per una paratoia è pari a circa 474 kN.

All'interno della paratoia, dove si ha assenza di luce, non si prevede un apprezzabile accrescimento marino.

#### **5.15. Programma di manutenzione delle paratoie in esercizio**

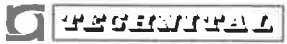
L'attività di manutenzione delle paratoie durante l'esercizio della barriera prevede:

- la sostituzione periodica di tutte le paratoie, con frequenza quinquennale, così da comportare la sostituzione annua di 4 paratoie per sbarramento;
- la sostituzione occasionale di paratoie danneggiate, per un numero di interventi stimato in una sostituzione all'anno.

Gli interventi di manutenzione ordinaria saranno programmati nel periodo da aprile a settembre, secondo un piano stabilito in anticipo.

Con la manutenzione ordinaria si provvederà:

- ogni 5 anni, alla pulizia interna ed esterna delle paratoie, ai ripristini delle verniciature sulle superfici danneggiate e alla sostituzione degli anodi esterni. La sostituzione degli anodi esterni potrà essere evitata solo se i volumi residui sono sufficienti a garantire la protezione per i successivi 5 anni;
- ogni 10 anni (minimo), alla riverniciatura completa, inclusa la sabbiatura, e alla sostituzione degli anodi interni.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 83
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 6. INTERFACCE E OPERE COMPLEMENTARI

### 6.1. Interfaccia con altri componenti del sistema di salvaguardia

Le paratoie sono progettate ponendo specifica attenzione alle interfacce con gli altri componenti delle opere alle bocche e con i mezzi e le attrezzature destinati alla loro manutenzione.

Le interfacce di interesse nella progettazione e gestione delle paratoie riguardano specificatamente:

- i cassoni di fondazione e di spalla;
- i gruppi cerniera-connettore;
- il mezzo per la sostituzione delle paratoie;
- il cantiere di manutenzione.

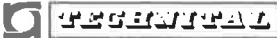
### 6.2. Cassoni di fondazione e di spalla

La paratoie sono vincolate ed appoggiate al cassone di fondazione e sono alloggiare all'interno dei recessi predisposti nei cassoni stessi. Le interfacce sono essenzialmente di due nature: una funzionale e strutturale, costituita dai connettori e dagli appoggi elastici, ed una geometrica, costituita dagli interspazi (interstizi, traferri, ecc.) fra paratoia e alloggiamento nel cassone.

L'interfaccia principale è quella con i connettori che devono essere in grado di trasferire i carichi statici e dinamici trasmessi dalla paratoia al cassone. Inoltre attraverso i connettori passano sia i tubi di alimentazione dell'aria sia i cavi per i segnali trasmessi dagli strumenti installati nella paratoia.

Le interfacce funzionali sono state risolte in sede di progettazione dei connettori e degli impianti, mentre di quelle strutturali si è tenuto conto nella progettazione esecutiva dei cassoni, dei connettori e delle paratoie.

Per quanto riguarda le interfacce di tipo geometrico fra paratoie e cassoni sono state definite le dimensioni e le forme delle aree interessate e l'adozione di elementi di gomma, per limitare i traferri senza diminuire il franco necessario alla movimentazione della paratoia durante le operazioni di sostituzione. Una ridotta

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 84
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

ampiezza di trasferri consente di diminuire il volume dei sedimenti che si depositano nell'alloggiamento quando la paratoia è a riposo e di diminuire la portata d'acqua lungo lo spigolo lato mare quando la barriera è sollevata.

Sono inoltre stati considerati gli effetti che le deformazioni del cassone comportano per i connettori e per le paratoie, in relazione al funzionamento dei connettori e al mantenimento dei trasferri tra paratoie e tra paratoie e cassoni., come indicato al successivo paragrafo.


### **6.3. Gruppi cerniera - connettore**

Il collegamento tra il gruppo cerniera e connettore e la paratoia avviene attraverso il perno della cerniera, che deve essere installato nell'apposito foro previsto all'estremità lato mare delle paratie longitudinali laterali, previa interposizione di una boccola, all'interno della quale è alloggiato lo snodo, solidale con il perno.

La descrizione dei connettori, cui appartengono perni, snodi e boccole e che sono oggetto di WBE specifiche, è riportata al paragrafo 5.7.

La fornitura del sistema di alloggiamento e trattenimento snodo è parte della presente WBE. Tale sistema va installato nel foro previsto nelle pinne delle paratie longitudinali delle paratoie, per il quale sono indicate le necessarie lavorazioni e tolleranze.

Le analisi degli effetti che le tolleranze di costruzione e gli spostamenti conseguenti all'esercizio, relativi a cassone, connettori e paratoie, hanno sul comportamento delle coppie di cerniere di una paratoia e sulle paratoie stesse sono riportate nella relazione MV080P-PE-MAR-2014, per verificare le risorse degli snodi e valutare i parametri influenti sui trasferri tra le paratoie.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 85
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 6.4. Mezzo per la sostituzione delle paratoie

La metodologia costruttiva degli sbarramenti richiede che le paratoie vengano inizialmente installate nei cassoni di fondazione dopo che questi sono stati posizionati alle bocche di porto. E' quindi necessario che le paratoie vengano trasportate dal luogo di costruzione e stoccaggio alle bocche e qui calate nel loro alloggiamento e collegate alla fondazione per mezzo dei connettori.

Inoltre, al fine di garantire l'efficienza delle paratoie per tutto l'arco di vita del sistema di salvaguardia (100 anni) è necessario che le paratoie vengano sottoposte a regolari cicli di manutenzione programmata oltre ad eventuali interventi straordinari resi necessari da guasti, danneggiamenti, avarie ed altri imprevisti.


Le modalità di trasporto ed installazione sono state studiate nel corso dello sviluppo del progetto, analizzando diverse soluzioni e giungendo alla conclusione che il mezzo più idoneo per assolvere entrambi i compiti è un Jack-up appositamente progettato e realizzato (Rif. WBS: CO.Q1.68 "Mezzi per la Sostituzione delle Paratoie").

Il Jack-up è un natante di tipo piattaforma autosollevante con lo scafo a forma di "C" e a struttura modulare (configurazione lunga e configurazione corta), che consente di operare sulle paratoie di tutte le barriere. Sulla barriera di Malamocco il jack-up opererà in configurazione lunga.

Lo scafo è autopropulso ed alloggia i sistemi per posizionamento del natante sulle barriere e per la movimentazione ed il trasporto delle paratoie.

Il mezzo garantisce le seguenti prestazioni:

- posizionarsi sulla barriera con la precisione richiesta, nelle condizioni ambientali limite previste per l'installazione;
- evitare qualsiasi rischio di danneggiamento al fondale o alle opere fisse durante il posizionamento e installazione;
- agganciare la paratoia in modo automatico, senza l'ausilio di sommozzatori;
- sollevare la paratoia e predisporre per il trasporto della stessa, sostenendo tutti i carichi statici e dinamici esercitati dalla paratoia stessa e dall'ambiente marino;

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 86
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- trasportare la paratoia sino al cantiere di manutenzione, nel rispetto delle norme di navigazione all'interno della laguna e a limitata distanza dalla costa, in modo completamente autonomo;
- trasferire la paratoia a terra o imbarcarla a bordo;
- adattarsi alle diverse configurazioni delle barriere, nel rispetto dei tempi previsti per gli interventi;
- rispettare tutti i requisiti di sicurezza richiesti dalla legislazione nei confronti del personale coinvolto e dell'ambiente.

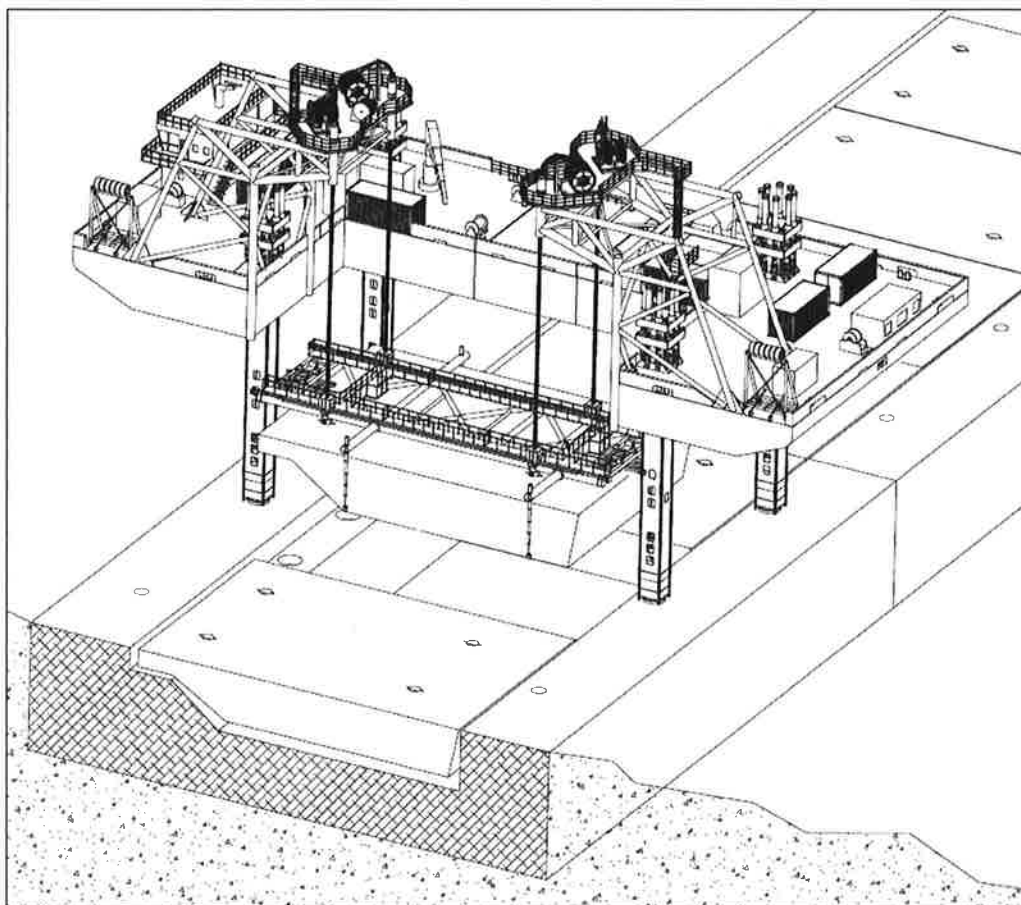



FIG. 6.1 - JACK-UP – VISTA GENERALE – POSIZIONAMENTO SULLA PARATOIA

Le interfacce tra paratoie e mezzo sono di tipo strutturale per quanto riguarda i punti di sospensioni ai dispositivi di aggancio (*twist-lock*) e di tipo geometrico per

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

quanto riguarda le possibili interferenze fra paratoia e gambe o scafo del jack-up stesso. Anche in questo caso l'analisi delle tolleranze di costruzione, installazione ed esercizio ha contribuito alla definizione delle dimensioni finali espresse nei progetti esecutivi di paratoie, cassoni di fondazione e jack-up.

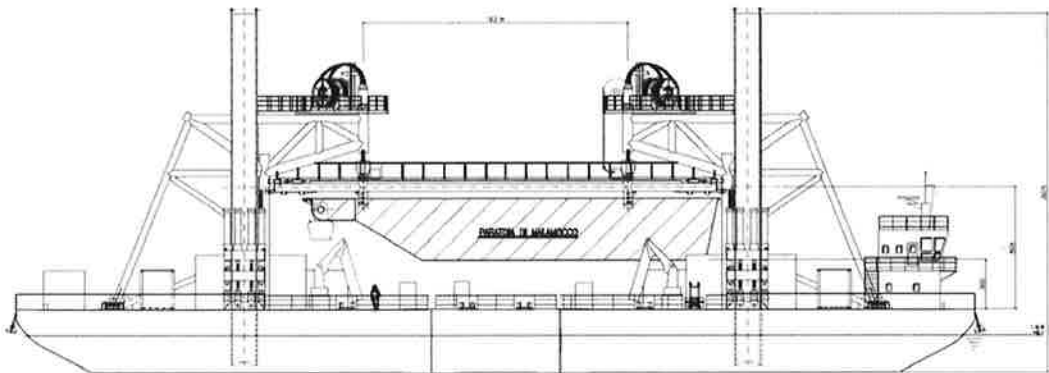


FIG. 6.2 - JACK-UP – VISTA LATERALE IN CONFIGURAZIONE LUNGA

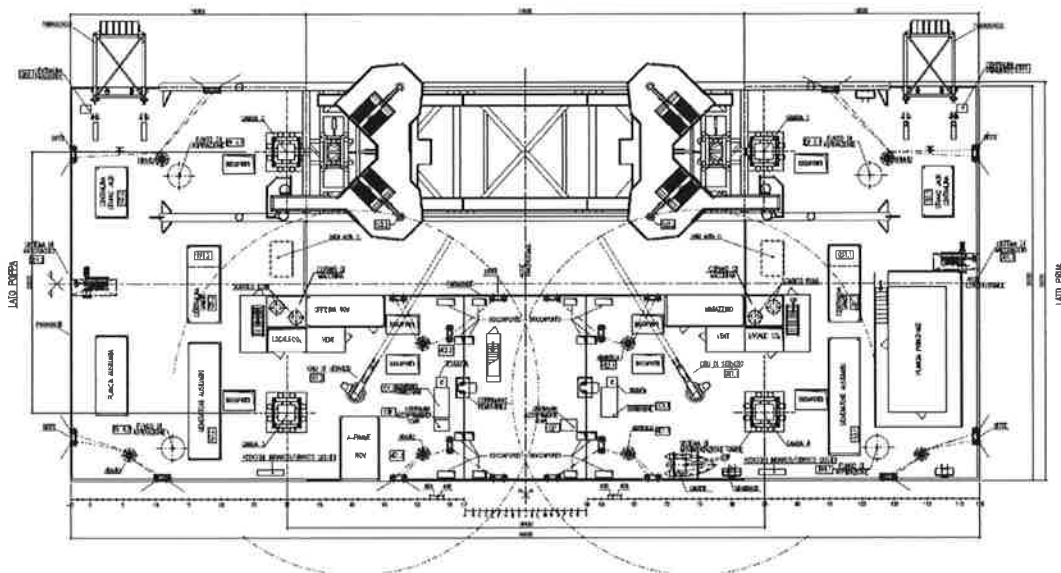



FIG. 6.3 - JACK-UP – PIANO DI COPERTA (CONFIGURAZIONE LUNGA)

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 88
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 6.5. Telaio Pescatore e Dispositivi di Aggancio

La movimentazione della paratoia viene effettuata utilizzando un sistema di sollevamento collocato sul Jack-up e costituito da capre, dispositivi di sollevamento (*strand jacks*), telaio pescatore e dispositivi di aggancio (*twist lock*).

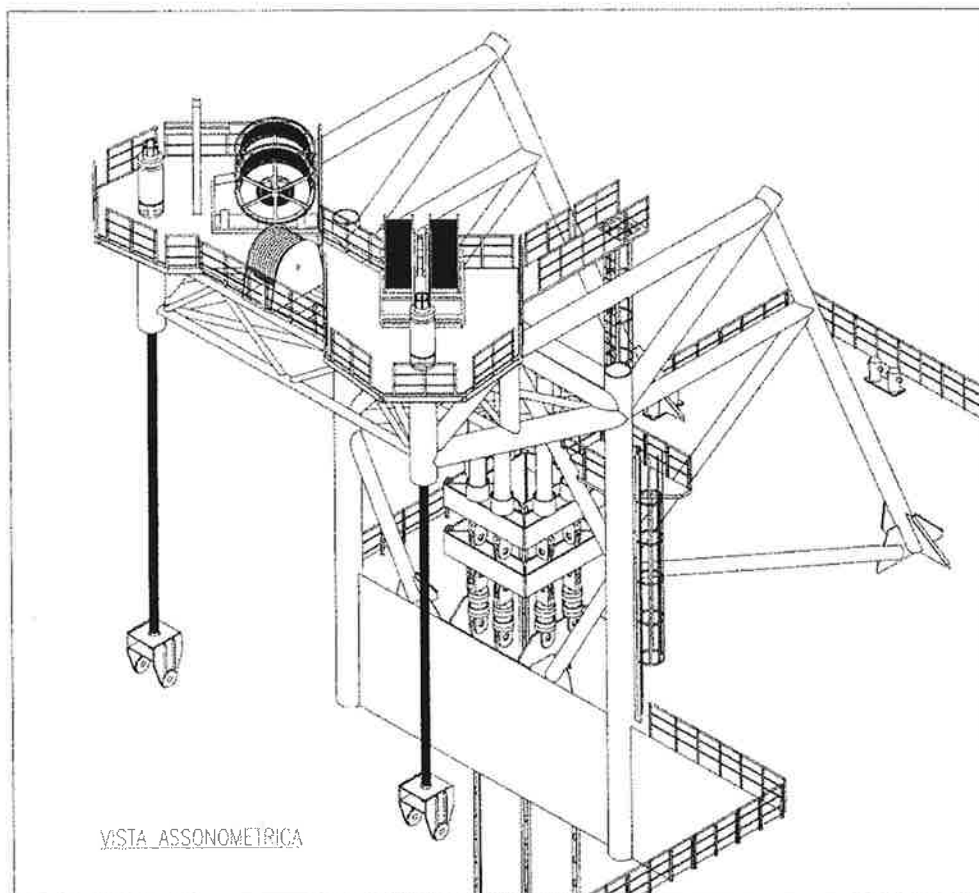



FIG. 6.4 – CAPRA DI SOLLEVAMENTO CON EVIDENZIATI I PUNTI DI SOSPENSIONE DEL TELAIO PESCATORE

Le capre sono installate in coperta e sostengono i dispositivi di sollevamento agganciati ai dispositivi di aggancio solidali con il telaio pescatore, costituito da una struttura reticolare che garantisce la posizione dei dispositivi di aggancio e consente di effettuare il sollevamento / abbassamento della paratoia mantenendone l'assetto orizzontale e di guidare la salita e la discesa su riscontri predisposti per le gambe del jack-up, per lo scafo e per i montanti delle capre.



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 89
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

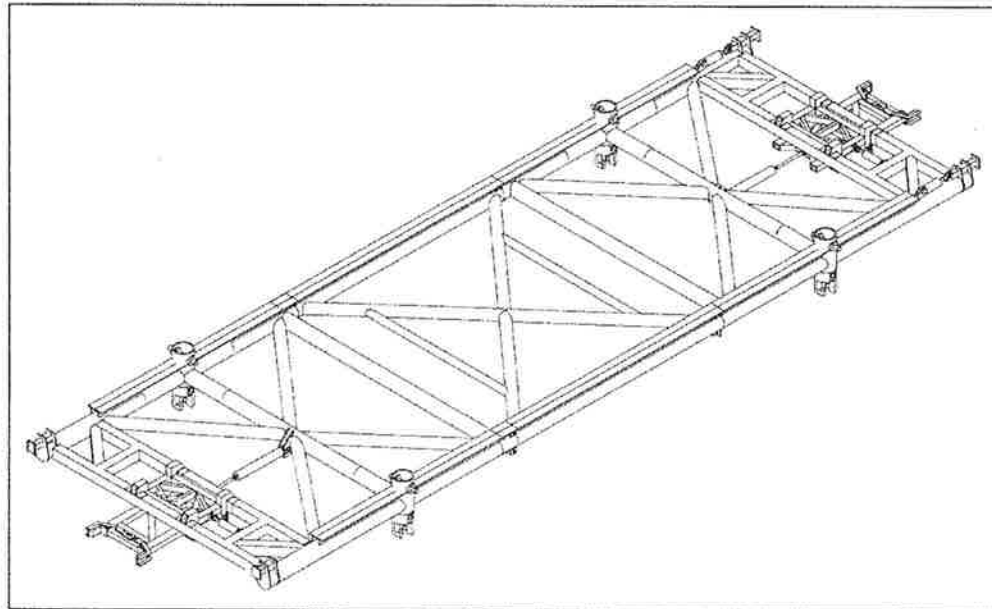


FIG. 6.5 – TELAIO PESCATORE CON I DISPOSITIVI DI AGGANCIAMENTO

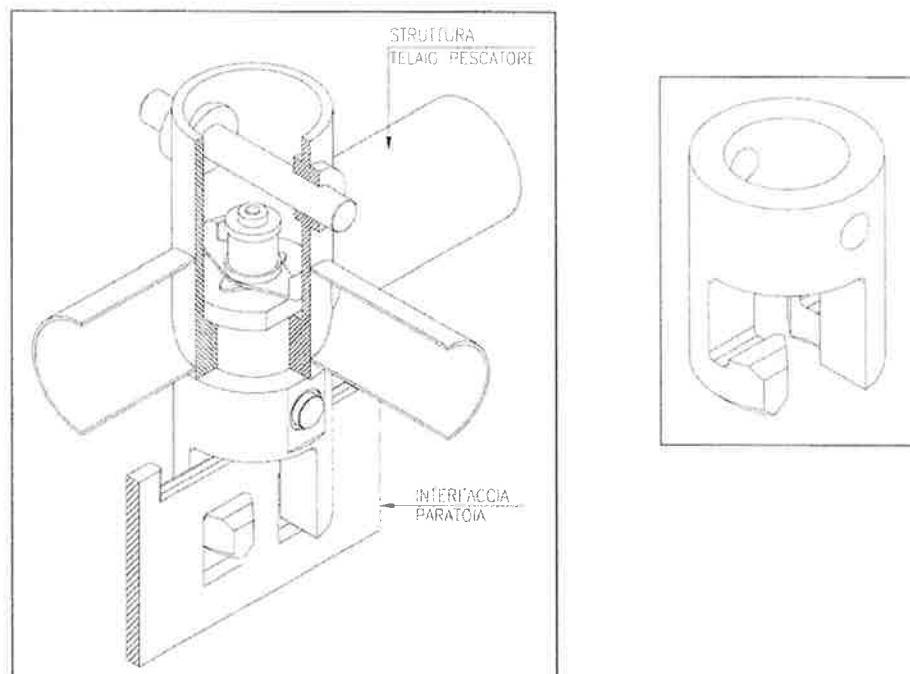



FIG. 6.6 - DISPOSITIVO DI AGGANCIAMENTO PARATOIA – TWIST LOCK – VISTA GENERALE E DEL GANCIO MOBILE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 90
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 6.6. Cantiere di manutenzione e area di stoccaggio

Il cantiere di manutenzione sarà realizzato presso l'Arsenale di Venezia. L'area di stoccaggio sarà indicata dal Concessionario.

La movimentazione a terra della paratoia nel cantiere di manutenzione o nell'area di stoccaggio e il suo stazionamento nelle aree in cui verranno eseguite le varie operazioni di manutenzione o allestimento generano altre interfacce che dal lato paratoia sono essenzialmente di carattere strutturale in quanto si deve tener conto di condizioni di vincolo diverse da quelle esaminate nelle condizioni operative o in quelle di rimozione e trasporto. Le interfacce di tipo geometrico saranno invece interamente risolte dalla parte delle attrezzature e dimensioni del cantiere.


Le possibili modalità di movimentazione e appoggio sono analizzate nelle analisi di sollevamento e trasporto nel documento MV080P-PEMAR-2007 e nelle analisi di appoggio nel documento MV080P-PE-MAR-2020.

## 6.7. Analisi delle tolleranze sui trasferri

E' stata sviluppata un'analisi delle tolleranze e degli spostamenti in costruzione e in esercizio che hanno influenza sui trasferri, per verificare la congruenza delle tolleranze di costruzione ed installazione del sistema di paratoie, connettori e cassoni di fondazione e gli effetti derivanti dalle condizioni di esercizio delle paratoie.

L'analisi, riportata nel documento MV080P-PE-MAR-2013, è articolata nelle seguenti fasi:

- individuazione dei sistemi di riferimento e dei trasferri significativi per i quali effettuare il controllo;
- individuazione delle cause di variazione dei trasferri:
  - ✓ tolleranze di costruzione delle paratoie,
  - ✓ tolleranze di posizione dei centri dei fori dei perni dei gruppi cerniera-connettore;


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 91
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- ✓ tolleranze di costruzione dei cassoni,
  - ✓ tolleranze di posizione e spostamenti dei cassoni,
  - ✓ variazioni termiche,
  - ✓ sisma;
  - ✓ rotazione e spostamenti delle paratoie a barriera sollevata.
- per le cause sopra riportate, analisi della riduzione del traferro, a riposo e a barriera sollevata:
    - ✓ fra due paratoie contigue sullo stesso cassone di fondazione,
    - ✓ fra due paratoie contigue in due cassoni di fondazione adiacenti,
    - ✓ fra paratoia e pareti verticali del cassone di fondazione lato mare,
    - ✓ fra paratoia e pareti verticali del cassone di fondazione lato laguna.

Il quadro che ne risulta conferma la congruenza fra i traferri nominali di progetto, le tolleranze di costruzione ed installazione di tutti i manufatti, i cedimenti e le dilatazioni termiche previsti.

L'analisi dimostra che i traferri nominali di progetto sono tali da garantire che, anche considerando la peggiore combinazione dei contributi di tutti i fattori in gioco con il loro massimo valore, le paratoie non possano entrare in contatto né in posizione di riposo a 0°, né nella posizione di lavoro a 45°, né agli angoli di oscillazione previsti attorno alla posizione di lavoro o superiori.


La probabile riduzione dei traferri è più marcata in punta per i traferri tra paratoie su cassoni contigui e allo spigolo di rastremazione per i traferri tra paratoie adiacenti sullo stesso cassone, come indicato nella seguente tabella.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 92
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

FASE DI ESERCIZIO	TRAFERRI RESIDUI			
	Paratoie nello stesso cassone		Paratoie su cassoni contigui	
Condizione	in punta (G4)	a inizio rastremazione (G4 R)	in punta (G1)	a inizio rastremazione (G1 R)
A riposo installazione	84	48	107	77
A riposo esercizio	75	43	98	72
All'angolo di lavoro 45°	34	28	26	47
Minimo	33	28	19	46
(angolo al quale si verifica)	55°	52°	63°	60°
<i>TRAFERRI NOMINALI</i>	<i>140</i>	<i>80</i>	<i>220</i>	<i>160</i>

TAB. 6.1 – ANALISI DELLE RIDUZIONI DEI TRAFERRI – RISULTATI

La riduzione dei traferri tra paratoie e cassoni, lungo gli spigoli lato mare (inferiore a 20 mm) e lato laguna (inferiore a 35 mm), non è critica per la paratoia grazie alla presenza delle alette garantisce ampi margini. Rispetto agli elementi in gomma lato laguna il traferro minimo è superiore ai 35 mm. Rispetto agli elementi in gomma lato mare, il traferro residuo minimo per la paratoia a riposo è di circa 37 mm e stimabile pari a circa 20 mm lungo il profilo evolvente (R = 1600 mm) sulla parete del cassone di fondazione.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 101
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 8. FUNZIONAMENTO DELLE PARATOIE

### 8.1. Considerazioni Generali

Il funzionamento delle paratoie a ventola è basato sul principio di Archimede. Trattandosi di un corpo incernierato sul fondo del canale di bocca, l'unico grado di libertà non vincolato per la paratoia è la rotazione attorno all'asse passante per i centri delle due cerniere sferiche che fanno parte dei gruppi cerniere-connettori (cfr. par. 5.7).

La struttura della paratoia è un cassone stagno (cfr. par. 5.1) all'ambiente esterno con l'eccezione di quattro aperture sulla superficie verticale più vicina alle cerniere che mettono il vano interno in comunicazione diretta con l'ambiente esterno e di un numero di tubi convergenti in due collettori che, passando nel corpo del connettore sono collegati alle tubazioni di adduzione dell'aria compressa ed a quelle di sfiato all'atmosfera dell'aria contenuta all'interno delle paratoie quando queste vengono abbattute sul fondo della bocca (cfr. par.5.11).

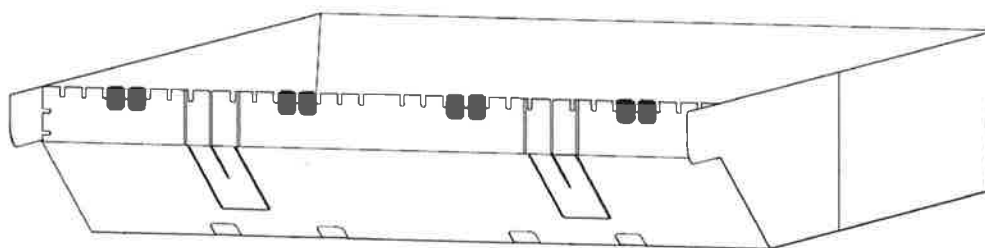


FIG. 8.1 - SFOGHI ARIA

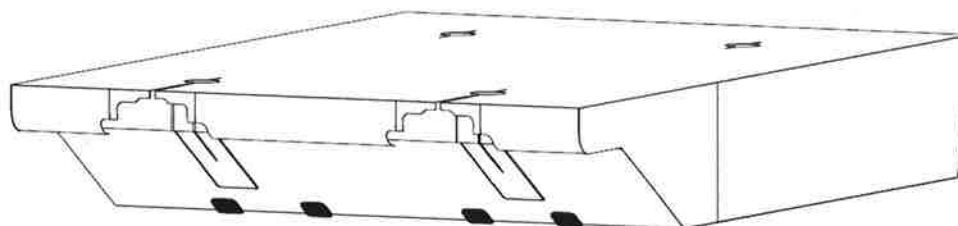
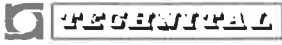


FIG. 8.2 - PRESE A MARE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 102
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

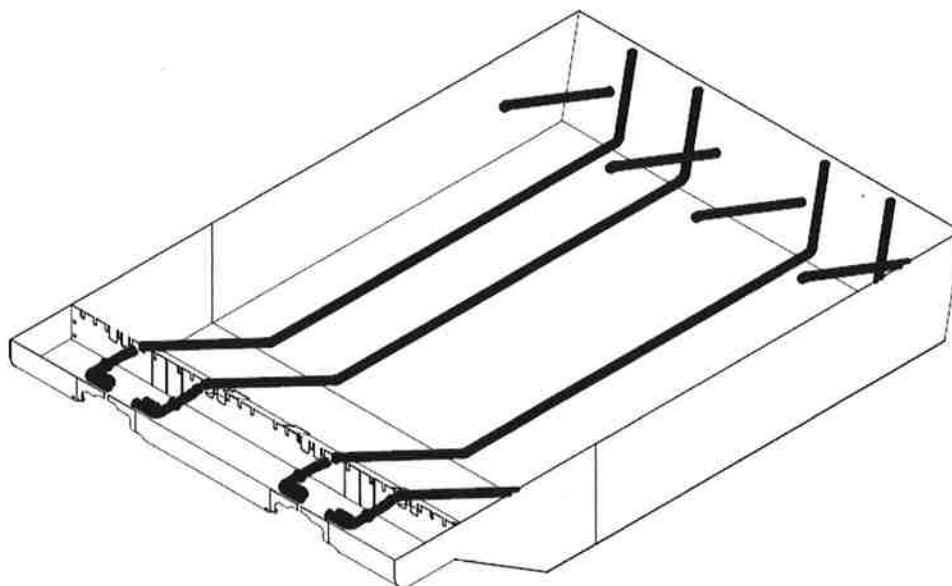
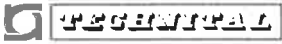


FIG. 8.3 – LINEE ARIA

In condizioni di riposo, le paratoie sono appoggiate in posizione orizzontale all'interno dell'apposito recesso realizzato nei cassoni di fondazione (cfr. par. 6.2). In queste condizioni, le paratoie sono supportate dai due connettori su un lato e da appoggi elastici di gomma (cfr. par. 5.8) lungo il lato opposto e sono piene d'acqua; dato il loro peso risultano sufficientemente stabili da rimanere immobili anche al passaggio di grosse navi con limitata distanza dal fondo del canale di bocca.

L'azionamento delle paratoie per realizzare la chiusura del canale in previsione di un evento di acqua alta avviene mettendo in funzione alcuni compressori nelle centrali di compressione e immettendo aria compressa all'interno delle paratoie ad una pressione tale che la pressione agente dall'interno sulle superfici d'acqua in corrispondenza delle aperture delle paratoie superi la pressione sulle stesse superfici dovuta al battente dell'acqua esterna alla paratoia e l'acqua interna venga spinta fuori dalla paratoia e venga sostituita da un volume d'aria in pressione.

Allo stesso modo, dopo che l'intera schiera di paratoie di un canale di bocca è stata azionata ed ha quindi interrotto il flusso della marea entrante, tutte le paratoie della medesima schiera devono essere ulteriormente innalzate fino a

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 103
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

raggiungere l'angolo d'equilibrio statico di lavoro e successivamente ancora svuotate per aumentarne la spinta netta e quindi la capacità di contrastare il dislivello fra mare e laguna.

I volumi d'aria e le pressioni a cui questi devono essere immessi nelle paratoie sono stati calcolati per tutte le possibili condizioni operative in termini di livello di salvaguardia in laguna (assunto sempre pari a 65 cm, come valore intermedio dei livelli di salvaguardia a breve e medio termine, cfr. par. 0) e di livello massimo di marea in mare.

Sono state inoltre ripetute le medesime analisi considerando la paratoia ricoperta di "fouling" e di sedimenti intrappolati nello stesso.


La determinazione delle portate di progetto della stazione di compressione, ubicata sull'Isola di Lido, nell'area destinata agli edifici tecnologici, è stata eseguita in base ai seguenti criteri:

- La schiera di paratoie della bocca di Malamocco deve sollevarsi in 30 minuti con un margine di sicurezza fra portata richiesta e portata disponibile operando con due compressori su tre per ciascuna delle due stazioni di compressione (condizioni operative normali);
- La schiera di paratoie della bocca di Malamocco deve sollevarsi nello stesso tempo nominale di 30 minuti con una tolleranza massima di 5 minuti nella situazione eccezionale di tre soli compressori funzionanti a causa di un completo fuori servizio di una delle due stazioni di compressione.

Si è poi verificato che le portate di progetto così definite, fossero sufficienti a seguire l'innalzamento della marea in mare con il gradiente orario avente periodo di ritorno di 100 anni, pari a 34 cm.

Tale valore è stato arrotondato per eccesso a 40 cm/h e le verifiche sono state effettuate considerando la regolazione necessaria per seguire l'innalzamento di livello sia in mezz'ora (20 cm), sia in un'ora (40 cm). Con queste assunzioni conservative, la verifica in termini di portata sarà giudicata positiva purché il margine di sicurezza fra portata richiesta e portata disponibile sia positivo.

Tali verifiche sono state effettuate per le due fasi estreme di regolazione: la prima corrispondente ai dislivelli che si instaurano immediatamente dopo la chiusura

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 104
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

della barriera e che quindi partono da dislivello zero e la seconda corrispondente alle ultime fasi che precedono il raggiungimento del dislivello massimo di progetto di 200 cm.

## 8.2. Sollevamento iniziale e chiusura della barriera

Il calcolo del sollevamento iniziale è basato sulla spinta idrostatica necessaria a vincere il momento del peso della paratoia rispetto all'asse cerniere con paratoia in posizione di riposo nel cassone di fondazione.

Per ottenere la spinta idrostatica desiderata è necessario rimpiazzare l'equivalente volume geometrico di acqua con aria alla pressione corrispondente al battente idrostatico che si viene a creare sulla superficie di separazione aria/acqua all'interno della paratoia.

Al fine di rendere più efficace lo svuotamento iniziale della paratoia questa è stata dotata di un setto parziale stagno situato verso l'estremità della paratoia opposta alle cerniere che individua un pseudo-compartimento. I tubi di adduzione convogliano l'aria compressa all'interno di detto compartimento, che, essendo collocato alla massima distanza dalle cerniere, massimizza il momento della spinta idrostatica rispetto all'asse di rotazione della paratoia.

Per ottenere questo, il compartimento anteriore è privo di aperture dalle quali possa uscire l'aria compressa inviata (attraverso i tubi di alimentazione nelle gallerie, i connettori e i tubi all'interno della paratoia) alla parte superiore del compartimento a pressione tale da spingere verso il basso l'acqua presente e far fuoriuscire un equivalente volume d'acqua dalle aperture sullo scivolo posteriore a livello del fondo della paratoia.



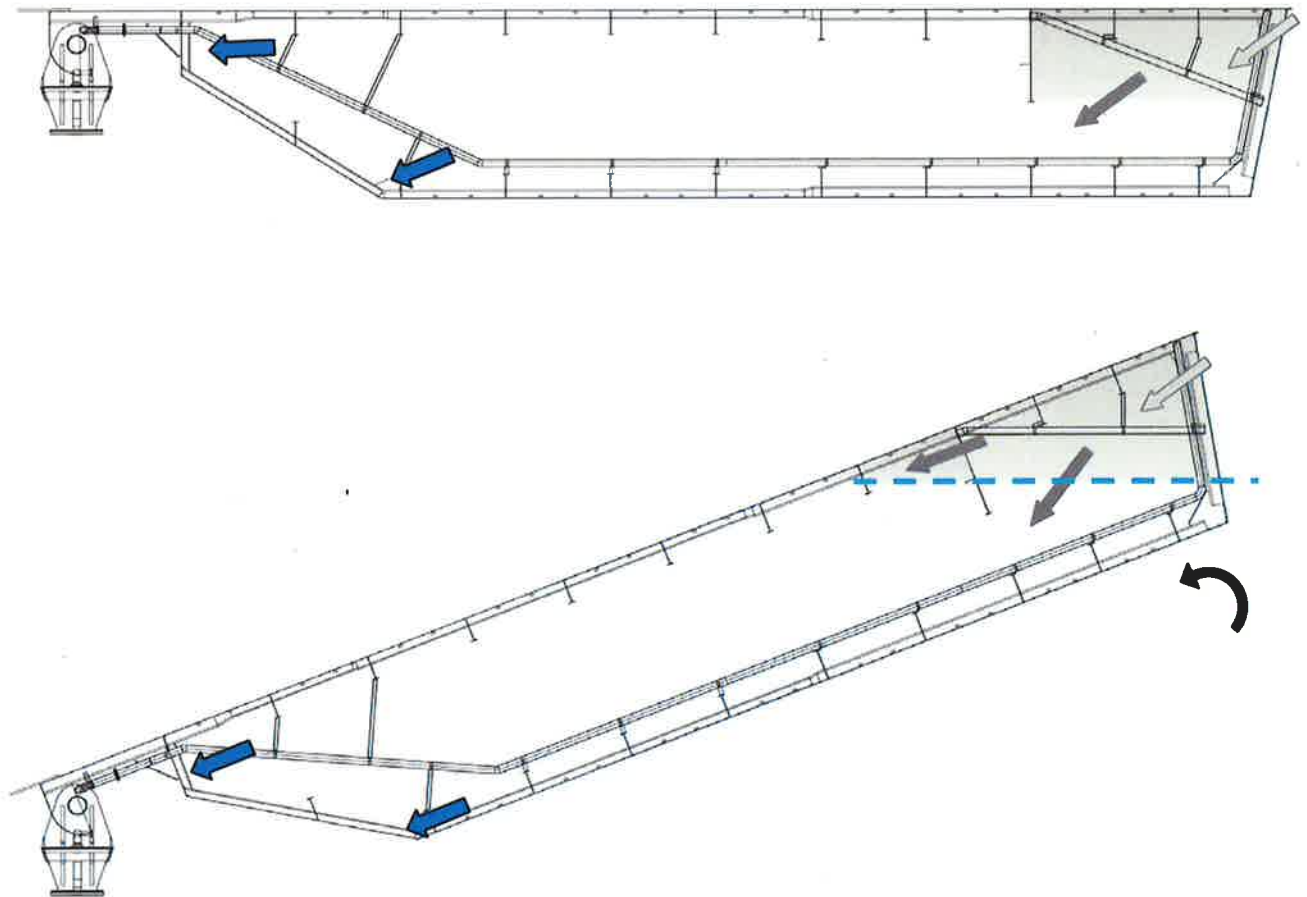
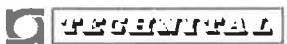


FIG. 8.4 – MALAMOCCO - FASE INIZIALE DI SOLLEVAMENTO

Per la schiera di Malamocco i volumi d'aria in normal metri cubi per fare sollevare una paratoia dalla posizione di riposo sono indicati nella seguente tabella.

<b>MALAMOCCO</b>	<b>Paratoia pulita</b>	<b>Paratoia con fouling</b>
<b>Quantità di aria per emersione</b>		
Per emersione di 1 paratoia (Nm <sup>3</sup> )	522	572

TAB. 8.1 – QUANTITÀ D'ARIA PER L'EMERSIONE DI UNA PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 106
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Considerando che la schiera di Malamocco è composta da 19 paratoie e che il tempo previsto per la manovra è di 30 minuti, si ottengono i seguenti valori di portate teoriche richieste:

<b>MALAMOCCO</b>	<b>Paratoie pulite</b>	<b>Paratoie con fouling</b>
<b>Quantità di aria per emersione</b>		
Per emersione di 19 paratoie (Nm <sup>3</sup> )	9918	10868
Portata teorica per manovra in 30 minuti (Nm <sup>3</sup> /h)	19836	21736

TAB. 8.2 – QUANTITÀ D’ARIA PER L’EMERSIONE DELL’INTERA BARRIERA

Considerando la portata disponibile in condizioni operative normali e quindi utilizzando 4 compressori da 6000 Nm<sup>3</sup>/h ciascuno, si ottengono i seguenti fattori di utilizzo (FU) dei compressori considerando i due casi estremi di paratoie tutte pulite o tutte incrostate.



$$FU = 0,83 \text{ per paratoie tutte pulite} \quad CS = 0,91 \text{ per paratoie tutte incrostate}$$

Considerando le condizioni operative di emergenza e quindi utilizzando solo i 3 compressori da 6000 Nm<sup>3</sup>/h ciascuno della stessa stazione di compressione con FU = 1, si ottengono i seguenti tempi di manovra per sollevare entrambe le schiere, considerando i due casi estremi di paratoie tutte pulite o tutte incrostate.

$$33 \text{ minuti per paratoie tutte pulite} \quad 36 \text{ minuti per paratoie tutte incrostate}$$

Nel caso della paratoia di Malamocco le pressioni massime d’aria necessarie per spiazzare l’acqua sono quelle relative al sollevamento iniziale in cui, al momento dell’inizio della rotazione della paratoia, la superficie di separazione aria/acqua si trova al di sotto della quota del fondale alla bocca.

Le massime pressioni in bar Assoluti corrispondenti ai battenti idrostatici alle quote di tali superfici di separazione aria/acqua sono state calcolate sia per paratoia pulita che per paratoia incrostata e sono riportate nelle seguenti tabelle.


 	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 107
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

<b>MALAMOCCO – Pressioni dell'aria</b>	<b>Paratoia pulita</b>	<b>Paratoia con fouling</b>
Per emersione (bar A)	2,68	2,70

TAB. 8.3 – PRESSIONI DELL'ARIA PER L'EMERSIONE

Come già detto, durante l'affioramento della paratoia, la pressione dell'aria all'interno diminuisce per cui il suo volume aumenta aumentando conseguentemente la spinta idrostatica; la paratoia dunque si porta ad un angolo superiore a quello di prima emersione.

Per Malamocco tale angolo è di circa 40 gradi con una conseguente emersione della paratoia di poco inferiore ai 4 metri rispetto al livello +0.65 m (livello di salvaguardia).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 108
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 8.3. Regolazione delle paratoie per i dislivelli di progetto


Una volta iniziato il sollevamento, anche prescindendo dal volume d'aria che viene immesso dai compressori durante il transitorio dalla posizione coricata a quella di emersione, il volume di aria aumenta in quanto il battente idrostatico diminuisce e quindi l'aria si espande. La posizione di emersione della paratoia è quindi più innalzata rispetto a quella corrispondente al volume geometrico con cui si è sollevata, ma comunque inferiore all'angolo di lavoro della schiera che per Malamocco è stato stabilito in 45°.

Sono stati calcolati i volumi d'aria necessari per portare le paratoie in posizione teorica di lavoro in condizioni di equilivello a +0.65 m e quelli per resistere, nella stessa posizione, ai vari dislivelli con un massimo livello in mare di +2.65 m.

Tali calcoli sono stati eseguiti per successivi valori di incremento di livello in mare di 10 cm e sono state valutate le quantità d'aria necessarie per regolare la paratoia inizialmente per un dislivello di +20 cm e +40 cm a partire dalla posizione di emersione in equilivello e quelli necessari per regolare la paratoia per i dislivelli massimi e quindi passare da un dislivello di +160 cm e +180 cm a quello massimo di +200 cm.

Analogamente a quanto espresso nel paragrafo precedente sono stati valutati i coefficienti di sicurezza fra portata richiesta e portata disponibile considerando le operazioni normali con 4 compressori in funzione e quindi una portata disponibile di 24000 Nm<sup>3</sup>/h.

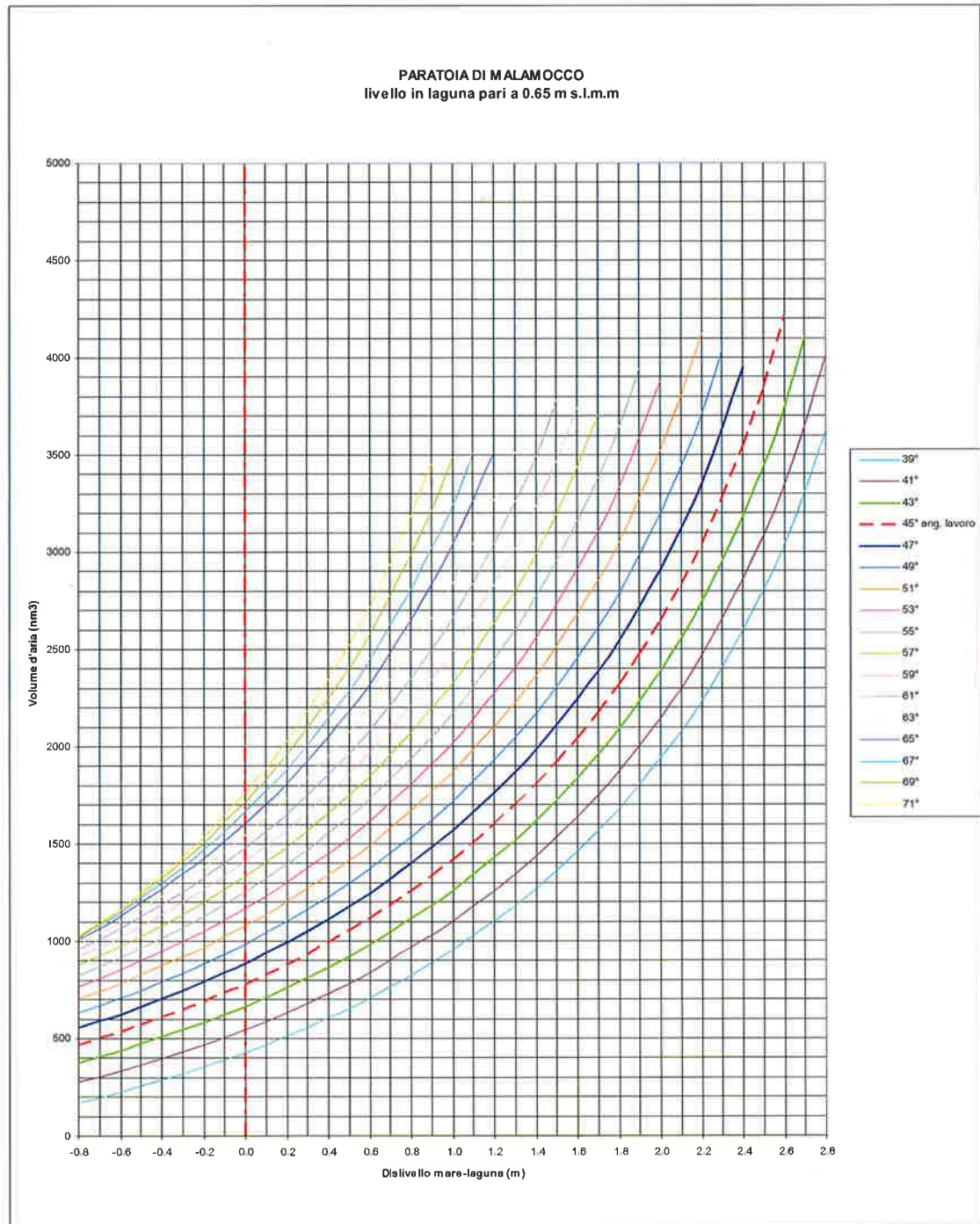
Nel caso della paratoia di Malamocco i volumi d'aria in normal metri cubi necessari per farle resistere in posizione di lavoro ai dislivelli significativi sono indicati nella seguente tabella, insieme ai quantitativi d'aria che è necessario immettere per mantenere la paratoia all'angolo di lavoro mentre il livello in mare sale da un valore significativo al successivo.

 <b>PERGEMMA</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 109
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


<b>MALAMOCCO – Quantità aria (Nm<sup>3</sup>) nelle fasi operative significative per 1 paratoia</b>	<b>Paratoia pulita</b>	<b>Paratoia con fouling</b>
Quantità di aria per emersione a un livello in mare di 65 cm s.l.m.	522	572
Quantità di aria per resistere in posizione di lavoro a un livello in mare di 85 cm s.l.m.	1233	1274
Incremento di quantità di aria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 65 a 85 cm s.l.m.	711	702
Quantità di aria per resistere in posizione di lavoro a un livello in mare di 105 cm s.l.m.	1344	1389
Incremento di quantità di aria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 65 a 105 cm s.l.m.	822	817
Quantità di aria per resistere in posizione di lavoro a un livello in mare di 265 cm s.l.m.	2975	3084
Quantità di aria per resistere in posizione di lavoro a un livello in mare di 245 cm s.l.m.	2651	2738
Incremento di quantità di aria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 245 a 265 cm s.l.m.	324	346
Quantità di aria per resistere in posizione di lavoro a un livello in mare di 225 cm s.l.m.	2375	2457
Incremento di quantità di aria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 225 a 265 cm s.l.m.	600	627

TAB. 8.4 – VOLUMI D'ARIA NELLE FASI DI OPERATIVE SIGNIFICATIVE DI 1 PARATOIA

Il seguente grafico (illustrato in MV080P-PE-MAR-2001) riporta le curve che indicano la relazione fra dislivello statico e volume d'aria in normal metri cubi all'interno della paratoia pulita in funzione dell'angolo di equilibrio.



**FIG. 8.5 – RELAZIONE FRA DISLIVELLO STATICO E VOLUME D'ARIA IN NORMALMETRI CUBI ALL'INTERNO DELLA PARATOIA IN FUNZIONE DELL'ANGOLO DI EQUILIBRIO**

 <b>TECNOLOGIA</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 111
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


La tabella seguente riporta le portate orarie teoriche necessarie per eseguire la regolazione delle paratoie nei tempi previsti con il gradiente assunto di 0,40 m/h, conservativo anche rispetto al gradiente orario con periodo di ritorno 100 anni che è di 0,34 m/h.

<b>MALAMOCCO – Portate teoriche (Nm<sup>3</sup>/h) nelle fasi operative significative per la barriera</b>	<b>Paratoia pulita</b>	<b>Paratoia con fouling</b>
Portata necessaria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 65 a 85 cm s.l.m. in mezz'ora	27018	26676
Portata necessaria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 65 a 105 cm s.l.m. in un'ora	15618	15523
Portata necessaria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 245 a 265 cm s.l.m. in mezz'ora	12312	13148
Portata necessaria per resistere in posizione di lavoro con livello in mare che aumenta da 225 a 265 cm s.l.m. in un'ora	11400	11913

TAB. 8.5 – PORTATE TEORICHE NELLE FASI DI OPERATIVE SIGNIFICATIVE

Le portate necessarie per sollevare inizialmente la paratoia fino alla posizione teorica di lavoro (45°) e mantenerla con dislivello di 20 cm sono superiori a quelle fornite dai compressori in condizioni operative normali (24000 Nm<sup>3</sup>/h operando due compressori su tre per ciascuna stazione di compressione) e di emergenza (18000 Nm<sup>3</sup>/h avendo complessivamente a disposizione solo tre compressori).

Come riportato nella Relazione MV080P-PE-MAR-2001 (diagrammi funzionali di Fig. 7.1), in condizioni operative normali la portata disponibile garantisce comunque un angolo di lavoro superiore ai 44° ed anche in condizioni di emergenza la portata disponibile garantisce un angolo di lavoro superiore ai 41°; tali assetti angolari corrispondono ad una emersione della paratoia di oltre 5 metri rispetto al livello in mare di +85 cm s.l.m., e quindi in grado di mantenere il dislivello agente in fase di crescita della marea anche prima che sia raggiunta la posizione teorica di lavoro.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 112
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Conseguentemente la funzionalità della paratoia è garantita per tutta l'evoluzione della crescita della marea.

Dai valori di portata indicati nelle tabelle per tutte le altre condizioni operative, si può concludere che, anche nel caso di condizioni operative di emergenza, avendo quindi a disposizione solo tre compressori con una portata totale di 18000 Nm<sup>3</sup>/h, è sempre possibile seguire il valore conservativo di gradiente di 0.40 m/h portando e mantenendo le paratoie all'angolo di lavoro nei tempi indicati.


#### 8.4. Abbattimento delle paratoie

La posizione della bocca dei tubi di alimentazione/sfiato è stata scelta in modo tale da garantire che, durante la rotazione della paratoia in fase di abbattimento, l'aria presente nel compartimento anteriore possa essere sfiata attraverso i tubi dell'aria, ovviamente chiudendo le valvole di alimentazione dai compressori e aprendo quelle di sfiato all'atmosfera.

Durante il moto rotatorio della paratoia in abbattimento, la presenza del setto parziale stagno che individua la camera anteriore avrebbe intrappolato un prisma triangolare d'aria nel compartimento principale della paratoia che non si sarebbe potuto sfiatare. Per questo motivo sono stati introdotti i tubi inclinati che mettono in comunicazione tale prisma triangolare con la parte anteriore della paratoia consentendo così il completo riempimento d'acqua del prisma.

Il percorso dei tubi è stato delineato in modo da evitare, durante la fase di abbattimento, la presenza di un sifone: come illustrato nelle figure seguenti, fino al momento dell'immersione, quando la paratoia ha superato la posizione a partire dalla quale non è più sollevabile, i tubi non presentano contro-pendenze e consentono il deflusso dell'eventuale acqua presente in essi, permettendo la fuoriuscita dell'aria verso il cassone e le gallerie.



	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 113
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

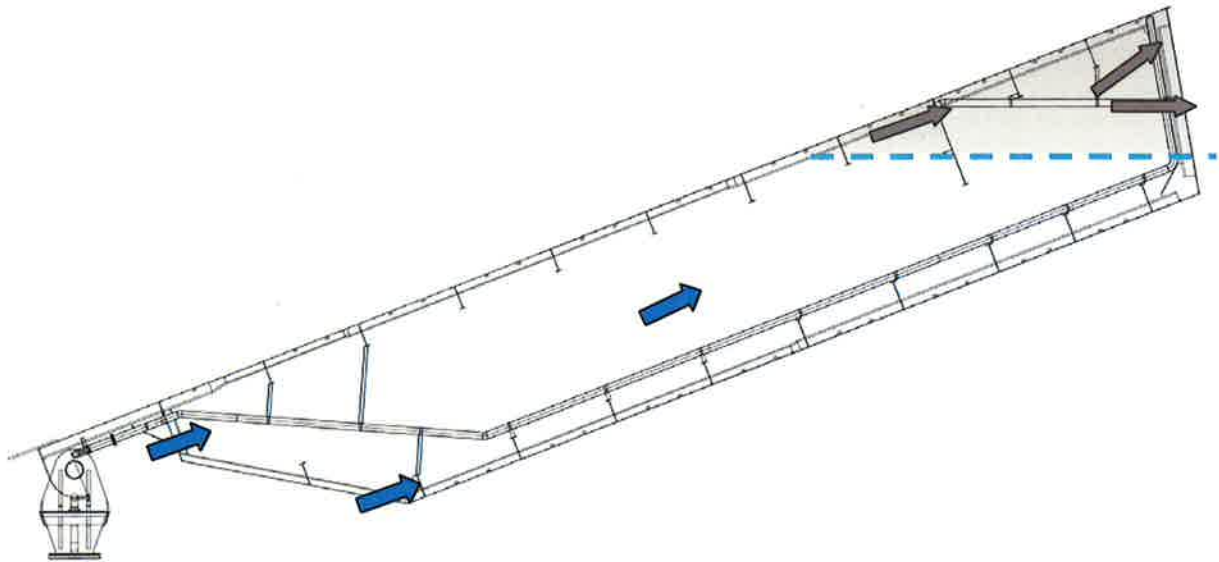


FIG. 8.6 - MALAMOCCO - ABBATTIMENTO DELLA PARATOIA

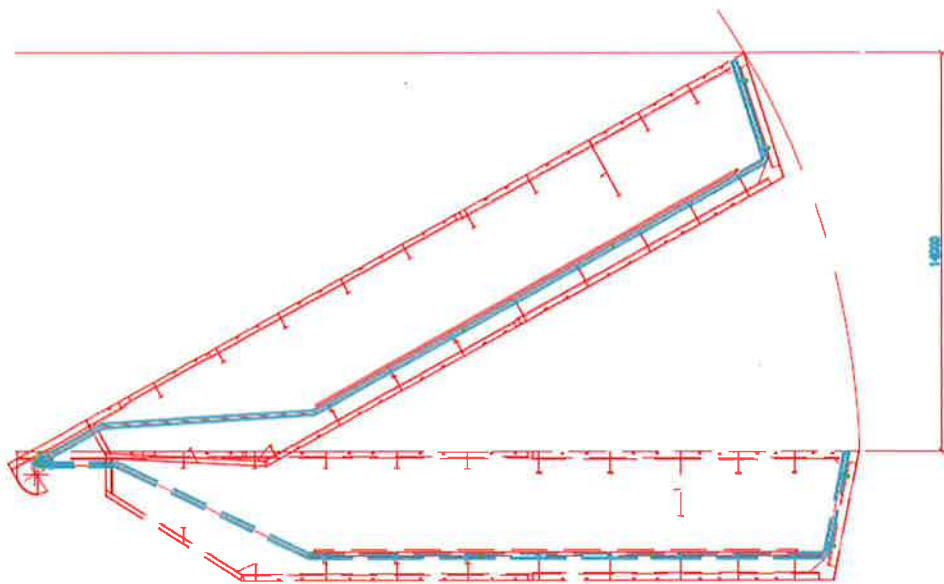



FIG. 8.7 - MALAMOCCO - LAYOUT TUBAZIONI PER EVITARE SIFONE IN ABBATTIMENTO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 114
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 9. CRITERI GENERALI DI PROGETTO

### 9.1. Criteri di calcolo e modellazione

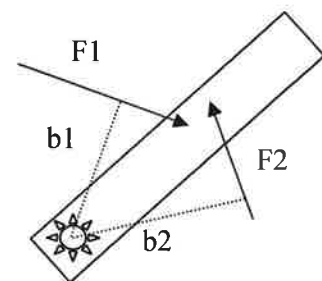
Per la scelta dei criteri di calcolo, e quindi delle normative di riferimento, occorre considerare che un elemento come le paratoie non ricade in nessuna delle normative vigenti, per la coesistenza di una tipologia, di condizioni di esercizio e di carichi da considerare che non sono ascrivibili a nessuna struttura di uso comune e regolamentato.

Si tratta infatti di una costruzione di tipo navale (fasciami con irrigidimenti longitudinali e trasversali), ma non di uno scafo soggetto ai carichi derivanti dalla navigazione e dal galleggiamento.


La paratoia non è una struttura di tipo civile o industriale che possa ricadere nelle NT 2008, sia per tipo di struttura sia per modalità e tipo di carico.

Il tipo di carichi, in particolare le pressioni dell'aria e dell'acqua, e le derivanti condizioni di equilibrio non corrispondono infatti a condizioni statiche di equilibrio stabile, cui possano applicarsi fattori di amplificazione, in particolare se i fattori di amplificazione sono diversificati per i carichi di una stessa condizione, in quanto comporterebbero la perdita dell'equilibrio nella configurazione esaminata o il raggiungimento dell'equilibrio in una situazione non più corrispondente alla condizione che si intende verificare.

Infatti, nelle condizioni di esercizio la paratoia si presenta come una struttura labile: un corpo vincolato attraverso i due connettori, che determinano un asse di rotazione trasversale, e soggetto ad un sistema di carichi equilibrati in modo che il momento attorno all'asse di rotazione sia nullo.  $M = F_1 b_1 + F_2 b_2 + \dots = \sum F_i b_i = 0$



Data una condizione di marea e dislivello d'onda, si calcolano la pressione dell'aria e il livello dell'acqua all'interno della paratoia che garantiscono tale equilibrio, tenuto conto del peso della paratoia e della sua geometria. I carichi risultanti dall'equilibrio sono applicati alla paratoia per la verifica delle sollecitazioni.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 115
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Fin dall'epoca del Progetto di Massima e Definitivo, sono stati individuati criteri che permettessero di tener conto di queste peculiarità, attingendo dove possibile da riferimenti normativi applicabili, seppure parzialmente, ma consolidati.

A motivo dell'esigenza di considerare condizioni di equilibrio prefissate e non stabili, si è ritenuto più realistico fare riferimento ai criteri basati sulle tensioni ammissibili, che non comportano modifiche disomogenee dell'entità dei carichi. Tale possibilità può trovare riscontro nel D.M. 2008, laddove (paragrafo 2.7) tale criterio è ammesso per costruzioni di tipo 1 e 2, classe d'uso I (presenza occasionale di persone) e II, siti ricadenti in zona 4.

Nel caso in esame, infatti:


- il tipo 2, comprende dighe di importanza normale e l'entità del dislivello imposto alla barriera può far ritenere la paratoia assimilabile a questa tipologia, che prevede vita utile maggiore o uguale a 50 anni;
- la classe I è adeguata (e si noti che la presenza di persone all'interno è possibile solo in caso di manutenzione, con la paratoia a terra soggetta al solo peso proprio);
- Venezia ricade nella zona sismica 4.

Il D.M. 2008 prescrive poi che si debbano applicare per materiali e azioni le prescrizioni dello stesso.

Per i **materiali** delle paratoia si sono quindi adottate le identificazioni degli Eurocodici, mentre per le **azioni** specifiche e dimensionanti, la norma non fornisce elementi e le azioni sono state pertanto definite sulla base dei fenomeni in gioco e delle azioni derivanti su base fisica.

Inoltre, per tener conto delle indicazioni delle NT 2008 (capitolo 11.3.4) e degli Eurocodici (UNI EN 10025-2, prospetto 7), le caratteristiche di resistenza dei materiali sono state ridotte in funzione dello spessore, come descritto nel successivo paragrafo 9.3 e nelle relazioni di calcolo, in quanto tale riduzione non è prevista dalle Norme R.I.Na.

Si è ritenuto opportuno sviluppare l'analisi strutturale con un **modello** di calcolo agli elementi finiti, che consentisse una accurata descrizione dei singoli elementi

 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 116
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

costituenti la paratoia. Il modello è descritto in dettaglio nelle relazioni di calcolo e le sue principali caratteristiche sono illustrate al paragrafo 9.5.

Per modellare e verificare gli elementi si è fatto riferimento ad una Guida del R.I.Na. applicabile al caso in esame per tipo di struttura (per la quale dà i livelli e i criteri di schematizzazione nel modello) e per criterio di analisi (tensioni ammissibili): “Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi”, pubblicata nel 1992. Tale Guida e non è attualmente in vigore, in quanto R.I.Na. ha adottato nel Regolamento il criterio di verifica agli stati limite ultimi, ma è comunque un riferimento normativo che ha avuto applicazione per la tipologia e per i criteri di nostro interesse e che non è stato sostituito da altre normative vigenti ad esso equivalenti.


Nel progetto delle paratoie, il Regolamento R.I.Na. è mantenuto come riferimento per la definizione del coefficiente K del materiale e degli spessori di corrosione e per la schematizzazione dei bulbi, che però è stata affinata per una più accurata rappresentazione degli elementi nel modello. Per questi aspetti il Regolamento non è cambiato negli ultimi anni e si intende riferito quello in vigore al momento del progetto (2013).

I criteri adottati sono stati applicati a tutte le analisi strutturali svolte.

## 9.2. Normative di riferimento per il calcolo

Le **normative** di riferimento generali per la progettazione strutturale, in base alle considerazioni del precedente paragrafo, sono quindi:

- per la scelta dei criteri di verifica e la definizione dei materiali
  - ✓ NTC 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” Decreto Ministero Infrastrutture del 14/01/2008
- per i criteri di modellazione e di verifica
  - ✓ R.I.Na. "Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi", 1992
- per la definizione delle tensioni ammissibili e dei sovra-spessori di corrosione e, parzialmente, per la schematizzazione dei bulbi:


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 117
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- ✓ R.I.Na. "Regolamento per la classificazione delle navi", 2010 (invariata al 2012 per le parti di interesse)
- per la definizione delle tensioni ammissibili in funzione dello spessore delle lamiere:
  - ✓ UNI EN 10025-2:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura"

Nelle relazioni sono inoltre riportate altre due norme specifiche per il calcolo riportato nelle relazioni:

- per l'analisi della instabilità elastica, nel documento MV080P-PE-MAR-2008:
  - ✓ DNV "Rules for Ships" Pt. 3, Ch 1, Sec 13 "Buckling control", citata e utilizzata solo per la verifica dei pannelli forati, che non sono trattati dal RINA;
- per il calcolo degli anodi, nel documento MV080P-PE-MAR-2010:
  - ✓ DNV RP B401 "Cathodic Protection Design", che è la normativa abitualmente utilizzata in campo offshore e di riferimento per l'intero progetto.

Per quanto riguarda le **specifiche** di materiali, componenti e saldature, con riferimento alle loro caratteristiche, alla esecuzione e costruzione, ai controlli, ai criteri e livelli di accettabilità, si è provveduto nella specifica MV080P-PE-MAS-2001 a indicare requisiti e controlli puntuali appropriati al caso. In relazione alla scelta di identificare i materiali secondo le norme UNI, anche per le relative specifiche si fa principalmente riferimento alle norme UNI, mentre il Regolamento R.I.N.a è mantenuto come riferimento solo per le prove di pressatura: si veda il capitolo 5 della specifica, dove si riportano i riferimenti puntuali del regolamento, integrati con indicazioni specifiche.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 118
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 9.3. Tensioni ammissibili

Le verifiche strutturali sono condotte con riferimento alla Guida e al Regolamento R.I.Na. citati, con ulteriori prescrizioni relative alle caratteristiche di resistenza, in ottemperanza alle indicazioni delle NTC 2008 e UNI EN 10025-2, come precisato al paragrafo 9.1.

La definizione delle tensioni ammissibili è riportata in:

- R.I.Na. "Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi", 1992

Al paragrafo 4.2, la tensione ammissibile è definita dalla seguente espressione:

$$\sigma_{amm} = \frac{240}{K h} \quad [\text{N/mm}^2] \quad \tau_{amm} = \frac{\sigma_{amm}}{\sqrt{3}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

dove:

i coefficienti di sicurezza h da assumere sono:

h = 1,25 per le situazioni di carico combinate


h = 1,33 per le condizioni di pressatura

h = 1,55 per le situazioni di carico in acqua tranquilla

i coefficienti del materiale K sono definiti nel Regolamento R.I.Na., Parte B, Cap. 4, Sez.1, Tabella 2, sotto riportata, in funzione della tensione minima di snervamento  $R_{eH}$ .

ReH (N/mm <sup>2</sup> )	k
235	1
315	0,78
355	0,72
390	0,70

Per valori intermedi di  $R_{eH}$ , K può essere ottenuto per interpolazione lineare, pertanto nel progetto per S275 si considera:

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 119
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

$$S275 \quad K = 0,89 = 1 - (1-0,78) \cdot (315-275) / (315-235)$$

Le tensioni ammissibili base di confronto per il progetto risultano pertanto:

coeff. sicurezza		h = 1,25		h = 1,33		h = 1,55	
ReH (N/mm <sup>2</sup> )	k	$\sigma_{amm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{amm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{amm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{amm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{amm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{amm}$ (N/mm <sup>2</sup> )
275	0,89	216	125	203	117	174	100
355	0,72	267	154	251	145	215	124

TAB. 9.1 - TENSIONE AMMISSIBILE BASE IN ACCORDO A R.I.NA.

La tensione ammissibile deve risultare non inferiore alla tensione ideale calcolata con il criterio di von Mises in accordo alla seguente formula:


$$\sigma_{id} = \sqrt{0.5 \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 \right] + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

Poiché il criterio del R.I.Na. non tiene conto del decadimento delle caratteristiche del materiale in funzione dello spessore, il valore della  $\sigma_{amm}$  viene ridotto in proporzione al limite di snervamento riportato nel prospetto 7 della Norma UNI EN 10025-2:2005, che per i materiali di interesse indica:

Designazione acciaio	Carico unitario minimo di snervamento $R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> ) in funzione dello spessore nominale (mm)						
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤200
S275J0,J2	275	265	255	245	235	225	215
S355K2	355	345	335	325	315	295	285

TAB. 9.2 - TENSIONE AMMISSIBILE IN FUNZIONE DELLO SPESSORE DELL'ELEMENTO SECONDO UNI EN 10025-2:2005, PROSPETTO 7

Le tensioni ammissibili di confronto risultano quindi come indicato nella seguente tabella.

 <b>GENERAL</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 120
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Tensioni ammissibili (N/mm <sup>2</sup> ) in funzione dello spessore nominale (mm)								
Acciaio	h	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤200
S275 J0,J2	1,25	216	208	200	192	184	177	169
S355K2		267	259	252	244	237	222	214
S275 J0,J2	1,33	203	195	188	181	173	166	159
S355K2		251	244	237	229	222	208	201
S275 J0,J2	1,55	174	168	161	155	149	142	136
S355K2		215	209	203	197	191	179	173

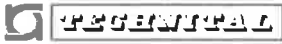
TAB. 9.3 - TENSIONE AMMISSIBILE IN FUNZIONE DELLO SPESSORE DELL'ELEMENTO

A titolo di esempio, la tensione ammissibile per la lamiera della paratia longitudinale di acciaio S355K2 e spessore 30 mm, per  $h = 1,55$ , risulta da:

$$\begin{aligned}\sigma_{amm} &= (R_{eH[30\text{ mm}]} / R_{eH[16\text{ mm}]}) * 240 / (K * h) \\ &= (345 / 355) * 240 / (0,72 * 1,55) = 209 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

I coefficienti di sicurezza e le relative tensioni di confronto adottati per le verifiche sono riportati nella successiva tabella.



	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 121
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Coeff. sicurezza	Materiale	Tensioni ammissibili (N/mm <sup>2</sup> ) in funzione dello spessore nominale (mm)				Combinazioni di carico
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>150 ≤200	
h	Acciaio					
1,55	S275 J0,J2	174	168			condizioni di carico base
	S355K2			203	173	
1,25	S275 J0,J2	216	208			condizioni di carico combinate
	S355K2			252	214	
1,33	S275 J0,J2	203	195			condizioni con sovra-pressione
	S355K2			237	201	

TAB. 9.4 - COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per condizioni di carico operative (o base) si intendono tutte le condizioni di carico permanente nelle diverse condizioni di vita della paratoia, ovvero la condizione di lavoro senza onda, le condizioni di riposo e di supporto a terra.


Per condizioni di carico combinate si intendono tutte le condizioni di carico in cui oltre ai carichi base (nelle diverse condizioni) si sommano i massimi carichi dovuti a condizioni transitorie (onde, carichi inerziali dovuti al trasporto e al moto di affondamento, urti di natante o sugli appoggi elastici).

Per condizione di pressatura si intende la condizione di carico in cui si ha la massima pressione possibile all'interno della paratoia (condizione di sovrappressione).

#### 9.4. Sovra-spessore di corrosione

Le verifiche strutturali vengono eseguite al netto dei seguenti sovra-spessori di corrosione, da applicare su ogni lato di esposizione dell'elemento strutturale, con riferimento ai criteri del Registro Italiano Navale (R.I.Na.) riportati nel "Regolamento per la classificazione delle navi":

- *esposizione lato esterno paratoia* = 0.5 mm

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 122
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- *esposizione lato interno paratoia = 1.0 mm*

Gli spessori vengono pertanto ridotti di:

- 1,5 mm      lamiere fasciami esterni
- 2,0 mm      piatti, lamiere e ferri a bulbo all'interno
- 1,0 mm      lamiere all'esterno (telai di supporto appoggi elastici)

Per ulteriori precisazioni si veda MV080P-PE-MAR-2001.

I sovra-spessori di corrosione sono stabiliti con riferimento a RINa 2000, Pt B, Ch 4, sec 2, Table 2.

Per ogni elemento:

- lato esterno 0,5 mm, assimilabile a "Altri locali, Mare ed aria esterni"
- lato interno 1,0 mm, assimilabile a "Cisterne di zavorra"

Pertanto, nelle situazioni ricorrenti si ha:


- per la lamiera del fasciame esterno si assume una riduzione di  $0,5+1,0 = 1,5$  mm (una superficie esposta al mare una interna)
- per un piatto all'interno si assume una riduzione  $1,0+1,0 = 2,0$  mm (le superfici sono entrambe all'interno)
- per i ferri a bulbo si assume una riduzione di  $1,0+1,0 = 2,0$  mm (le superfici sono all'interno)
- per le lamiere della struttura di supporto parabordi si assume una riduzione di  $0,5 + 0,5 = 1$  mm (le superfici sono esposte al mare su entrambi i lati)

Ulteriori dettagli sono forniti in MV080P-PE-MAR-2001.

## 9.5. Analisi di progetto

Per le condizioni operative di esercizio, temporanee e accidentali, definite per la paratoia ai successivi capitoli, sono state individuate le corrispondenti condizioni di carico sulla struttura da utilizzare nelle analisi di progetto.

Le analisi strutturali della paratoia sono state eseguite per mezzo di modelli di calcolo, con vari livelli di raffinamento della schematizzazione:

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 123
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- analisi strutturali di pre-dimensionamento con modelli semplici a lastre (ref. MV080P-PE-MAR-2001);
- analisi con modelli bidimensionali dei telai longitudinali e trasversali (ref. MV080P-PE-MAR-2001);
- analisi strutturale globale a elementi finiti degli elementi longitudinali e trasversali e verifica della stabilità elastica di fasciami e rinforzi ordinari (ref. MV080P-PE-MAR-2008);
- analisi strutturali a elementi finiti con modello completo 3D dell'intera paratoia (ref. successivo paragrafo e le relazioni di calcolo);
- analisi strutturali a elementi finiti con modelli affinati 3D della pinna e del sistema di alloggiamento e trattenimento dello snodo (ref. MV080P-PE-MAR-2016 e MV080P-PE-MAR-2021).

La definizione delle condizioni di equilibrio della paratoia in esercizio in presenza di dislivelli statici e dinamici e l'analisi del moto della paratoia durante l'affondamento sono state effettuate mediante programmi sviluppati ad hoc, per i quali si veda il capitolo 13 e le relazioni specifiche.

## 9.6. Modello 3D di calcolo strutturale per le analisi finali


### 9.6.1. Generalità

Per il calcolo strutturale, nelle analisi finali, la paratoia è stata interamente modellata a elementi finiti e analizzata con il programma Autodesk Simulation Mechanical (Ref. Capitolo 13).

Il modello è descritto in un sistema di riferimento globale, nel quale sono riportate tutte le visualizzazioni insieme con la terna di riferimento globale.

Nelle figure seguenti è riportata la posizione del sistema di riferimento globale rispetto al quale sono forniti i risultati:

- asse X di simmetria trasversale delle paratoia
- asse Y longitudinale passante per il centro degli snodi
- asse Z verticale spiccato dall'intersezione di X con Y

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 124
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

I singoli elementi hanno il loro sistema di riferimento locale, che non è però utilizzato nella visualizzazione e nella restituzione dei risultati e che non viene pertanto descritto.

Per le unità di misura si è adottato il Sistema Internazionale.

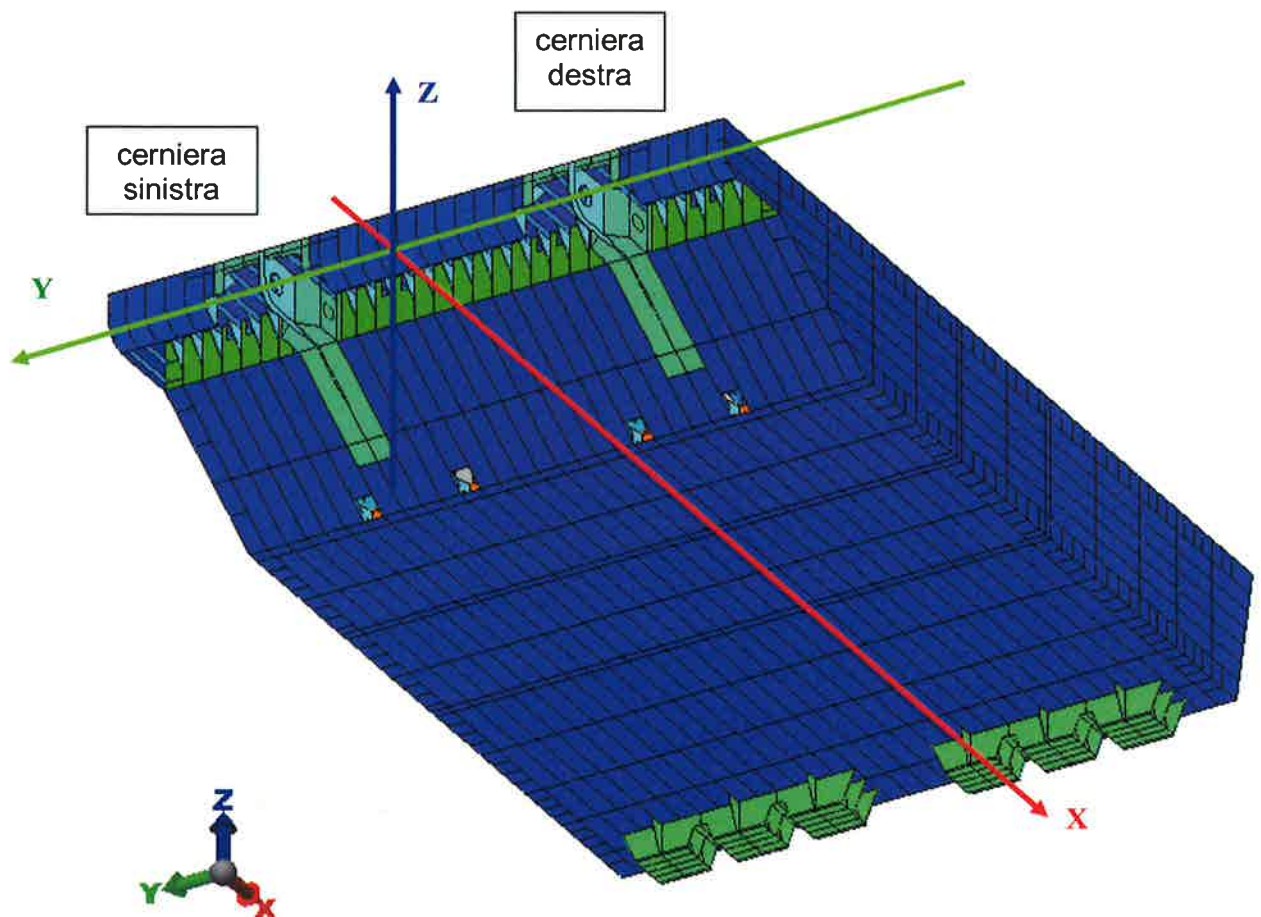



FIG. 9.1 - POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO VISTA 3D

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 125
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 9.6.2. Schematizzazione dei componenti

La struttura è stata schematizzata con le seguenti tipologie di elemento:

- piastra
- trave
- elemento 3D o brick

Non sono utilizzati elementi a comportamento membranale.

La modellazione adottata è intermedia tra il 2° e il 3° livello di schematizzazione definiti nella Guida R.I.Na. ai par. 1.3.3 e 1.3.4.

La schematizzazione con gli elementi piastra è stata eseguita utilizzando quadrilateri o triangoli facendo in modo di rispettare il più possibile i seguenti limiti geometrici:

- elementi quadrilateri

$$\frac{\text{Lato maggiore}}{\text{Lato minore}} \leq 2 \text{ (per un ridotto numero di elementi è consentito arrivare fino a 4)}$$

$$60^\circ \leq \text{angolo} \leq 120^\circ$$

- elementi triangolari


$$30^\circ \leq \text{angolo} \leq 120^\circ$$

Le dimensioni di ingombro della paratoia sono:

- lunghezza totale                    29,55 m
- larghezza                                19,92 m
- altezza                                    4,50m

L'elemento piastra (plate) base ha, in genere, 4 nodi e forma quadrata con lato da 156,25 mm, che è un sottomultiplo degli interassi ricorrenti (ad esempio, essendo tipicamente 625 mm l'interasse tra i bulbi, il fasciame tra due bulbi contigui è modellato da 4 elementi piastra).

In situazioni particolari di raccordo fra vari elementi strutturali, per continuità nel modello a elementi finiti, tali dimensioni possono diminuire, oppure l'elemento può diventare triangolare o trapezoidale.

 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 126
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Gli elementi tridimensionali schematizzanti la lamiera da 60 mm hanno, in genere, 8 nodi e forma di parallelepipedo con base quadrata di lato pari ad un terzo dell'elemento piastra base e spessore 29 mm.

Gli elementi tridimensionali schematizzanti la lamiera da 180 mm hanno, in genere, 8 nodi e forma di parallelepipedo con base quadrata pari all'elemento piastra base e spessore 89 mm.

Le lamiere di grande spessore sono pertanto modellate con due elementi nello spessore, tenendo conto della riduzione dello spessore per corrosione.

Tutti gli elementi plate sono stati considerati aventi cerniere con asse nel piano dell'elemento in corrispondenza dell'unione con gli elementi brick, cioè non sono presenti incastri tra elementi plate e gli elementi brick.

Ulteriori dettagli sono forniti nel documento MV080P-PE-MAR-2001.


Il modello è composto da:

- 127.847 nodi
- 18.156 elementi trave
- 116.365 elementi piastra
- 11.532 elementi tridimensionali

Nei modelli di calcolo tutti gli elementi sono schematizzati al netto del sovra-spessore di corrosione, considerando però lo spessore nominale per l'assegnazione del peso. Circa la rappresentazione dei sovra-spessori di corrosione, gli assi geometrici degli elementi netti (dedotti i sovra-spessori) sono disposti in corrispondenza degli allineamenti teorici della struttura, riportati nei disegni di progetto.


Nella tabella seguente si riporta la sintesi degli elementi utilizzati per ogni componente della paratoia, indicando la funzione nel complesso strutturale, il tipo e lo spessore lordo e netto

I principali elementi schematizzati sono illustrati nelle immagini seguenti, mentre la descrizione di dettaglio dei vari componenti e della loro schematizzazione è riportata in tutte le relazioni di calcolo.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 127
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Funzione	posizione	tipo	elemento Algor	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)
Fasciami esterni	superiore	lamiera	piastra	9-12-13	1,5
	inferiore	lamiera	piastra	9-12-13	1,5
	laterale	lamiera	piastra	9-12-13	1,5
	posteriore	lamiera	piastra	9-13	1,5
	anteriore	lamiera	piastra	13	1,5
	ossatura 01	lamiera	piastra	9-20	1,5
	inferiore sotto pinna	lamiera	piastra	20	1,5
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	lamiera	piastra	10-12	2
	irrigidimenti pinne	lamiera	piastra	20	2
	zone recessi twist lock	lamiera	piastra	30	2
	zone recessi twist lock	lamiera	brick	60	2
	pinna	lamiera	brick	180	2
Rinforzi ordinari	paratie longitudinali e diaframma telaio 09	piatti	piastra	11	2
	piatti fasciami posteriore	piatti	piastra	12-15	1,5
	fasciami esterni	ferri a bulbo - anima ferri a bulbo - bulbo	piastra trave	max Hp 300x13	2
Squadre	spigoli	piatti	piastra	10	2
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	piatti	trave	11	2
Telai rinforzati	ossatura 02	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 03	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 04	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 05	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 06	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 07	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 08	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 09	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 10	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 11	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	diaframma centrale	lamiera piattabande	piastra trave	10-12 12-14	2
	Telaio ammortizzatori	ossatura 11	lamiera	piastra	10
piattabande			trave	10	1
lamiera			piastra	20	1

TAB. 9.5 - ELEMENTI TIPICI, SPESSORI NOMINALI E RIDUZIONE PER CORROSIONE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 128
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

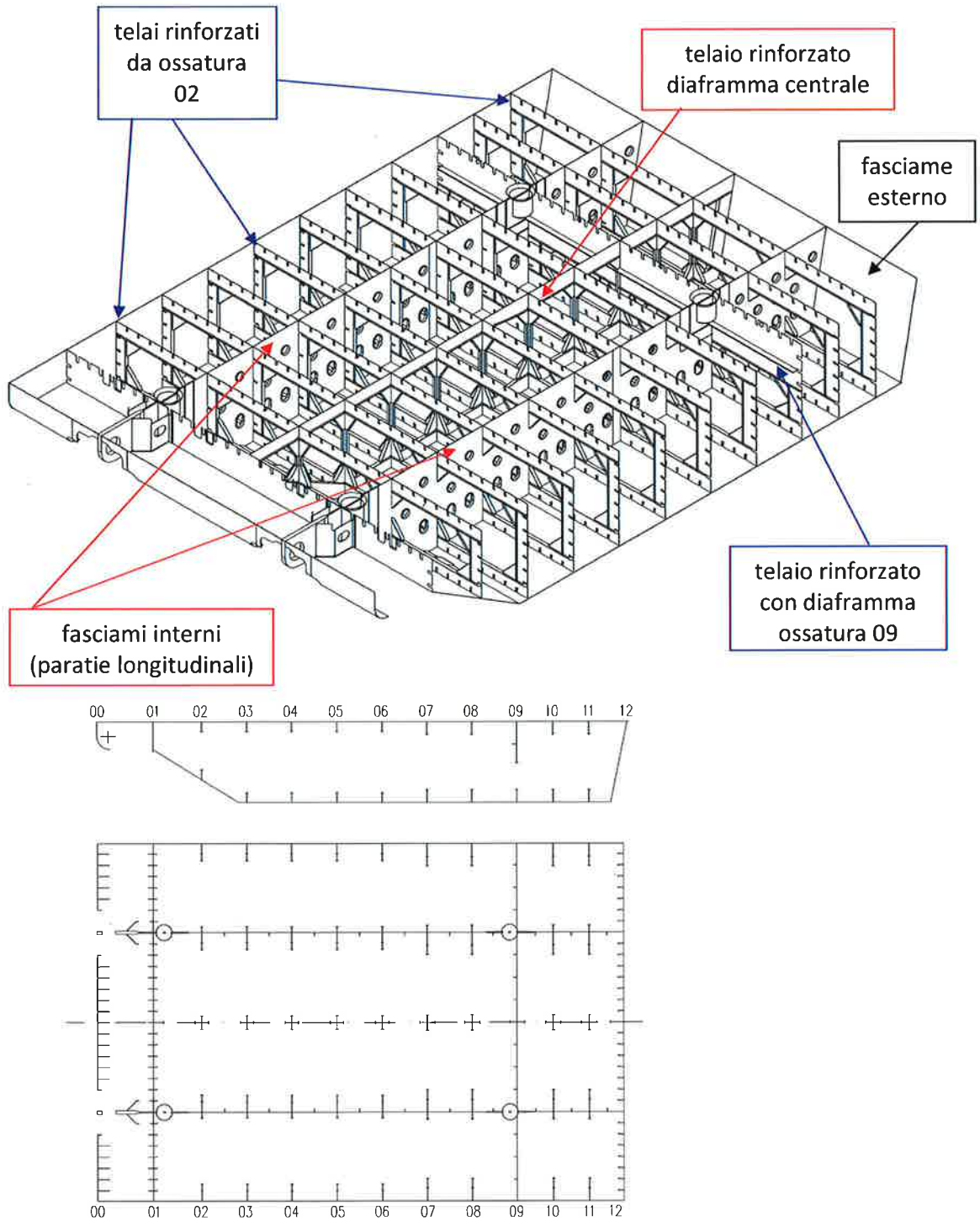


FIG. 9.2 - ELEMENTI PARATOIA E NUMERAZIONE OSSATURE




	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 129
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	



FIG. 9.3 – FASCIAMI ESTERNI

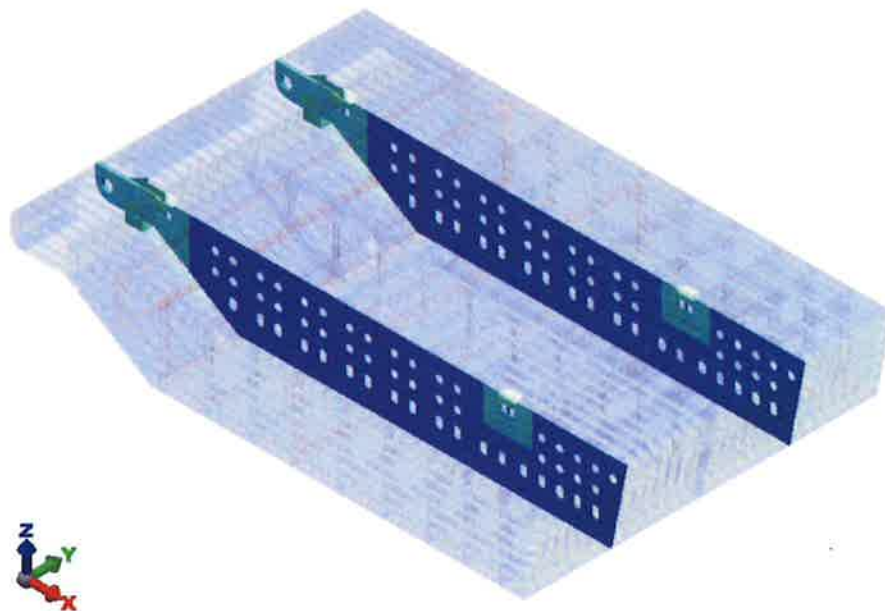



FIG. 9.4 – FASCIAMI INTERNI (DIAFRAMMI O PARATIE LONGITUDINALI)

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 130
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

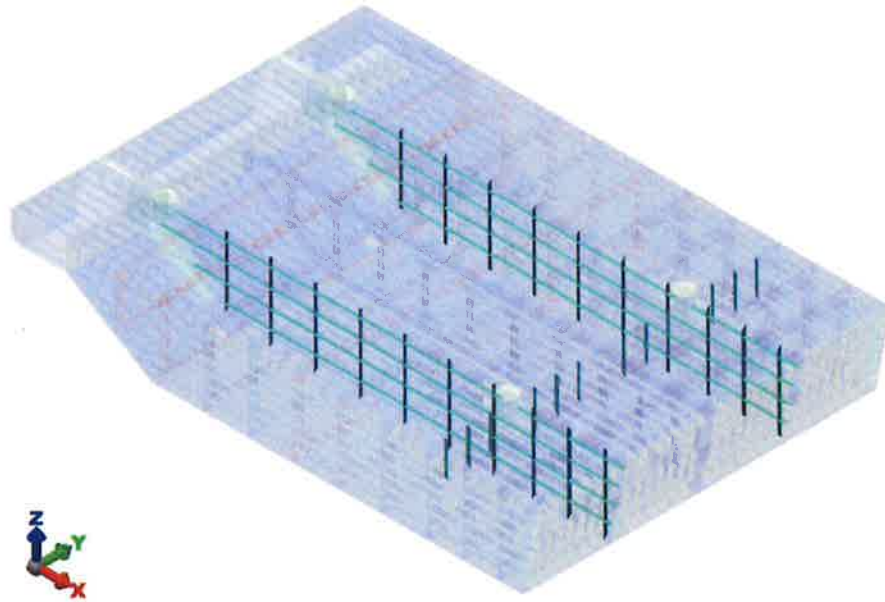


FIG. 9.5 – PIATTI DI RINFORZO SU PARATIE LONGITUDINALI E DIAFRAMMA OSS. 09

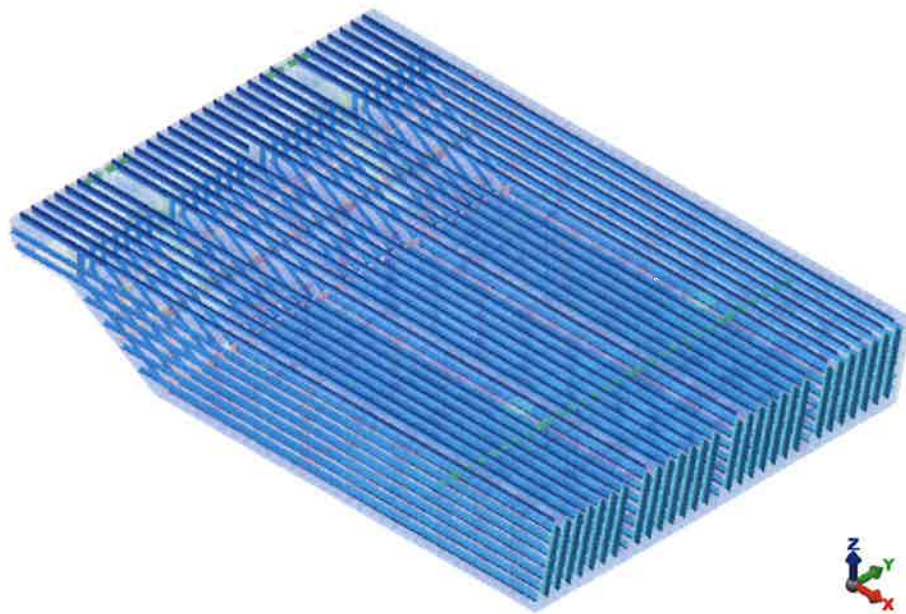



FIG. 9.6 – RINFORZI ORDINARI – FERRI A BULBO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 131
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

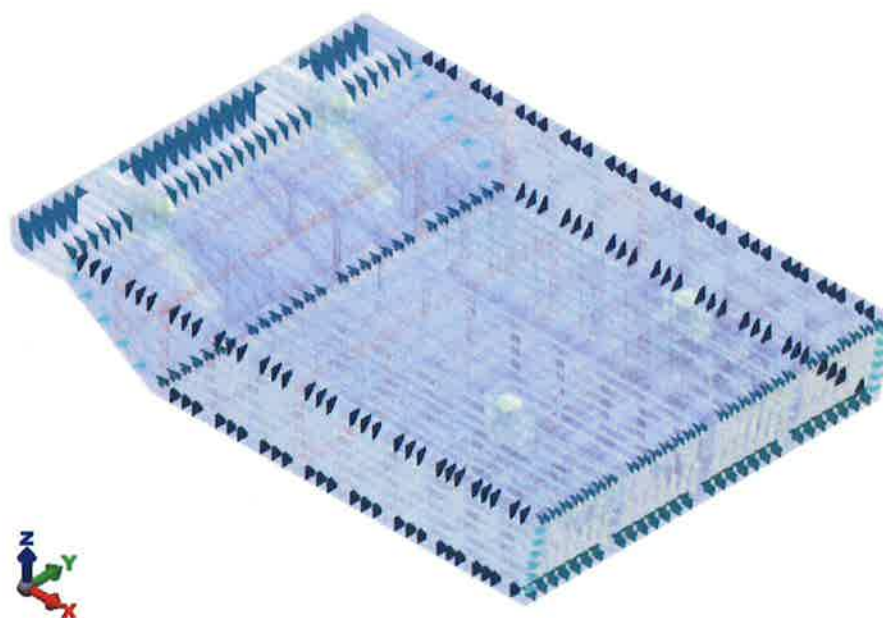


FIG. 9.7 – SQUADRE

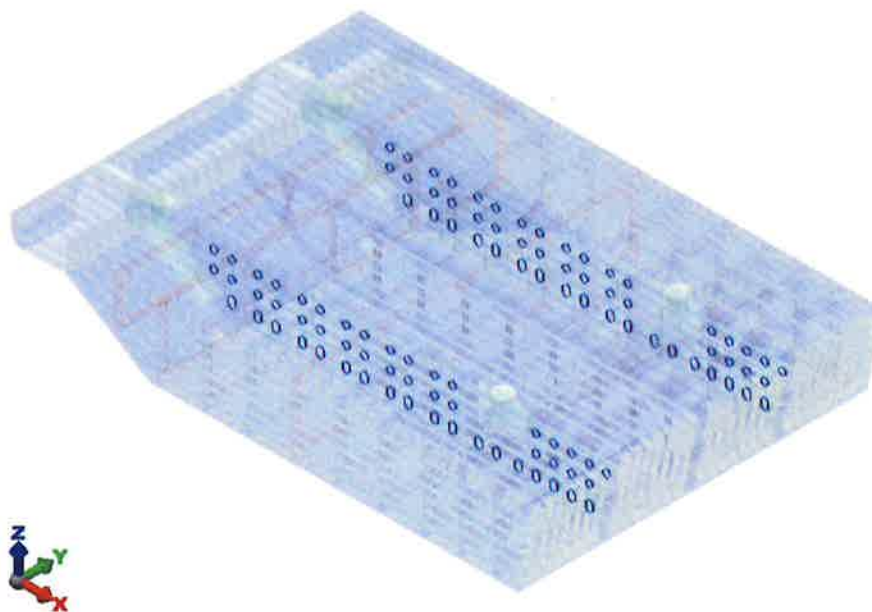



FIG. 9.8 – PIATTI RINFORZO FORI



	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 132
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

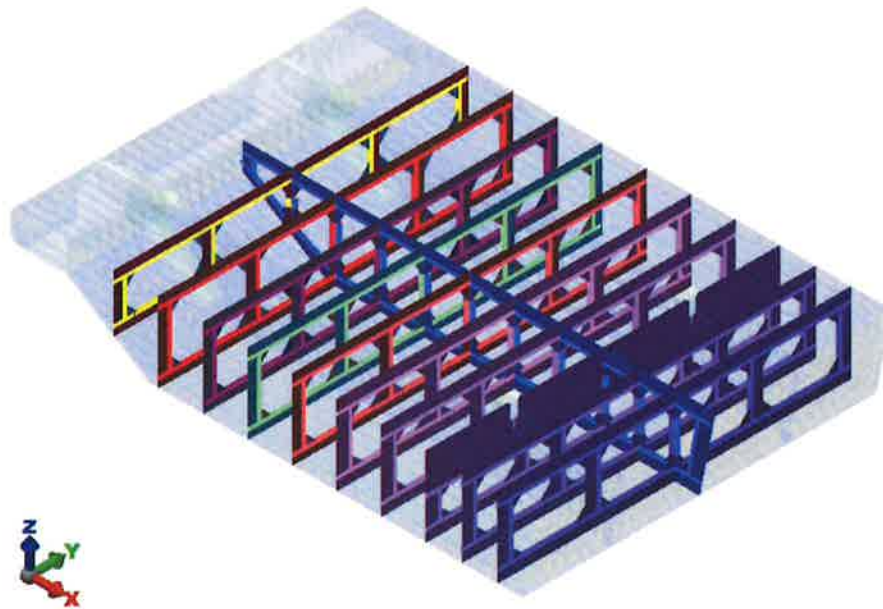


FIG. 9.9 – TELAI RINFORZATI

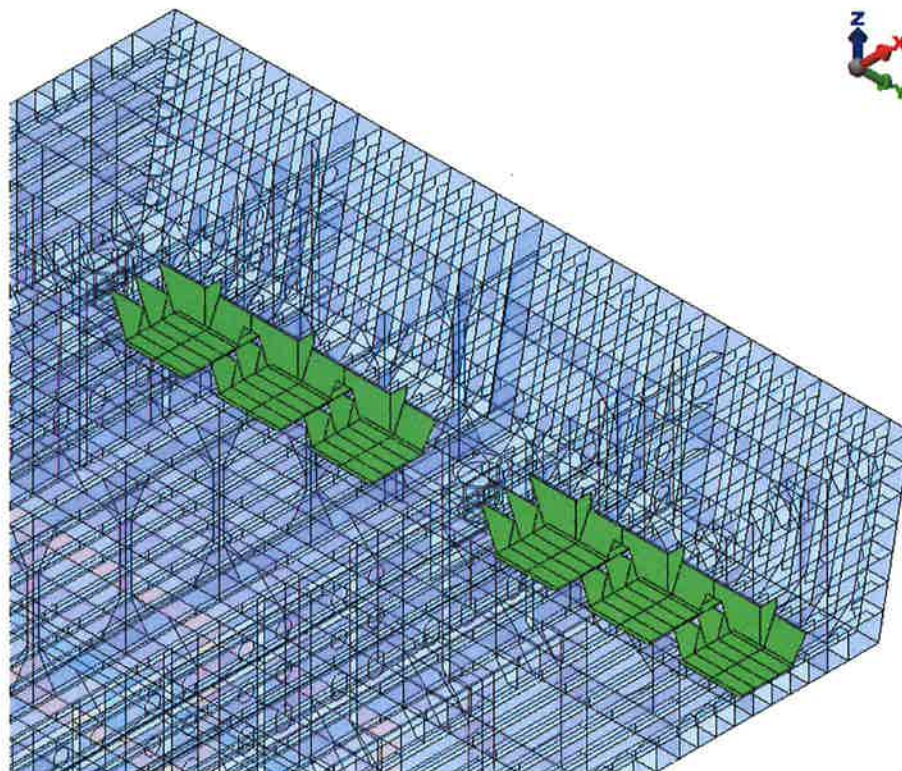



FIG. 9.10 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 133
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 9.6.3. Vincoli

Il tipo di vincoli adottati e la loro disposizione varia in relazione all'analisi svolta. La loro descrizione è riportata in ogni relazione di calcolo.

A titolo di esempio, per le condizioni di esercizio operative della paratoia, dove la paratoia deve essere in equilibrio libera di ruotare attorno all'asse definito dai due snodi, per vincolare il modello è stato schematizzato, in corrispondenza delle cerniere, un elemento tridimensionale simulante il perno. Questo elemento è stato vincolato alle estremità dell'asse alle traslazioni in X e Z mentre è stato bloccato alle traslazioni in Y il perno di una sola cerniera (quella sinistra mobile).

Poiché il modello così vincolato risulta labile alle rotazioni intorno ad Y (tutti i vincoli sono lungo un asse), viene aggiunto un vincolo fittizio alla traslazione Z all'estremità anteriore del fondo della paratoia in corrispondenza del diaframma centrale. Questo vincolo, essendo i carichi equilibrati, ha una reazione circa nulla.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 134
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

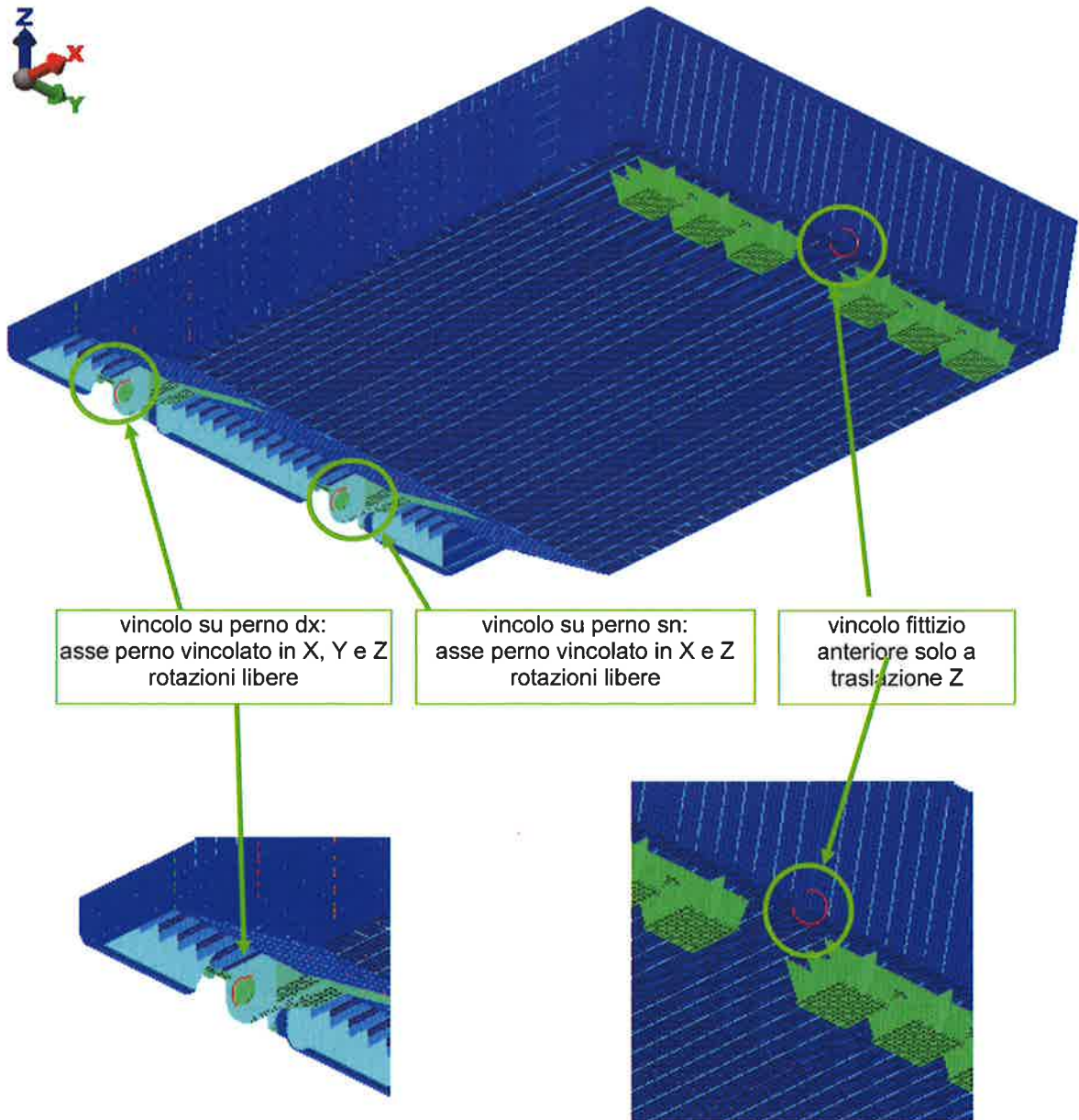



FIG. 9.11 – VINCOLI PARATOIA PER LE CONDIZIONI DI ESERCIZIO OPERATIVE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 135
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


#### 9.6.4. Verifiche tensionali

Si riportano nelle tabelle seguenti i valori di confronto per le verifiche tensionali dei componenti tipici, in funzione dei coefficienti di sicurezza utilizzati.

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	$\sigma_{amm}$ h = 1,55 [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{amm}$ h = 1,33 [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{amm}$ h = 1,25 [N/mm <sup>2</sup> ]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
	posteriore	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
	anteriore	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
	ossatura 01	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	168	195	208
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	174	203	216
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	168	195	208
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	168	195	208
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	203	237	252
	pinna	180	2	S355K2	173	201	214
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	174	203	216
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	174	203	216
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	174	203	216
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	174	203	216
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	174	203	216

TAB. 9.6 – TENSIONI DI CONFRONTO PER LE VERIFICHE TENSIONALI DEI FASCIAMI




	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 136
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	$\sigma_{amm}$ h = 1,55 [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{amm}$ h = 1,33 [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{amm}$ h = 1,25 [N/mm <sup>2</sup> ]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	174	203	216
Telai rinforzati	ossatura 02	8-10 12	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 03	8-10 12	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 04	8-10 12	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 05	8-10 12	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 06	8-10 12	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 07	8-12 14	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 08	8-12 14	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 09	8-12 14	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 10	8-12 14	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 11	8-12 14	2	S275J0	174	203	216
	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	174	203	216
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	174	203	216
		10	1	S275J0	174	203	216
		20	1	S275J0	168	195	208

TAB. 9.7 – TENSIONI DI CONFRONTO PER LE VERIFICHE TENSIONALI DEI TELAI



 <b>VENEZIA NUOVA</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 137
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 10. CONDIZIONI DI ESERCIZIO

### 10.1. Generalità

Per “Condizioni di Esercizio” si intendono quelle che si verificano quando le paratoie sono installate e funzionanti.

Le Condizioni di Esercizio si distinguono in:

- “Condizioni Operative”                      si intendono quelle relative alle paratoie sollevate, quando la barriera è chiusa.
- “Condizioni a Riposo”                      corrispondono alla posizione della paratoia orizzontale nel recesso dei cassoni di alloggiamento, quando la barriera è aperta.


Le Condizioni Operative della singola paratoia variano a seconda del dislivello che le barriere mobili devono mantenere tra mare e laguna e sono quindi di volta in volta determinate dalle condizioni meteomarine specifiche nelle quali la barriera si trova ad operare.

La posizione di equilibrio operativa di una paratoia varia dunque con il dislivello mare-laguna ed è data da un angolo di assetto al quale corrisponde un livello interno dell’acqua nella paratoia ed una pressione dell’aria accumulata nella paratoia stessa.

I Criteri di Progetto in esercizio sono pertanto basati sui Dislivelli di Progetto Statico e Quasi Statico determinati dai requisiti funzionali e definiti al par. 7.1, che rappresentano i massimi dislivelli nel quadro completo delle possibilità operative della paratoia.

La progettazione viene effettuata considerando sia i valori massimi di progetto sia diversi altri valori di dislivello inferiori, in modo da verificare la gamma di configurazioni possibili per mezzo un campionamento adeguato.


Alle azioni derivanti dalle condizioni di equilibrio si aggiunge la forza trasversale, quale effetto di un dislivello idrostatico tra le due fiancate della paratoia generato dalle onde corte (ref. par. 10.2.5).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 138
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Inoltre sono tenute in conto eventuali sovrappressioni interne alla paratoia legate ad errori di manovra (ref. par. 10.2.4).

Le “Condizioni a Riposo” corrispondono alla posizione della paratoia orizzontale nel recesso dei cassoni di alloggiamento, condizione cui si aggiunge il possibile effetto di sovra-pressione generato dal passaggio di onde corte.

Ai fini della progettazione strutturale delle paratoie, gli effetti dei carichi ambientali dovuti a corrente e vento sono in generale trascurabili (ref. par. 10.2.7).

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 139
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 10.2. Condizioni operative

### 10.2.1. Considerazioni Generali

Come già menzionato e come esaminato in dettaglio al Capitolo 8, il funzionamento delle paratoie è basato su un alternanza di svuotamento/riempimento di volumi d'aria e di corrispondente riempimento/svuotamento di volumi d'acqua.

In fase di sollevamento i compartimenti vengono svuotati di acqua per mezzo di adduzione di aria, e viceversa la discesa verso gli alloggiamenti sul fondo è attuata sfiatando aria e rimettendo acqua.

In generale, ogni posizione statica di lavoro è definita dai livelli in laguna e in mare.

La posizione di equilibrio è data da un angolo di assetto ed è raggiunta per mezzo di opportuni valori di riempimento/svuotamento dei volumi interni, parametri che definiscono a loro volta il livello interno dell'acqua nella paratoia e questo, associato al livello dell'acqua in laguna con cui la paratoia è in comunicazione libera attraverso i fori sul lato posteriore inclinato, definisce la pressione che deve avere l'aria accumulata nella parte alta della paratoia stessa.

I Dislivelli di Progetto stabiliti al par. 7.1 definiscono, fra l'altro, i valori massimi di riempimento/svuotamento dei fluidi delle paratoie tali da garantire l'equilibrio delle paratoie stesse in posizione statica di lavoro in condizioni estreme.


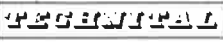
Tutte le superfici della paratoia sono progettate tenendo conto della pressione cui sono effettivamente sottoposte e che deriva dalla differenza fra la pressione esterna, dovuta ai battenti idrostatici, e la pressione interna, dovuta alla pressione costante dell'aria nella parte alta più il battente idrostatico generato dall'acqua interna nella parte bassa.

Inoltre si considerano eventuali sovrappressioni dovute ad errori di manovra.

Al par. 10.2.2 sono stabiliti i dislivelli statici da utilizzarsi.

Le sovrappressioni dovute ad errori di manovra sono considerate al par. 10.2.4.

Per gli effetti delle onde corte, si vedano i par. 10.2.5 e 10.2.6.

 	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 140
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

I carichi tenuti in conto per il dimensionamento della struttura della paratoia (fasciame, rinforzi, ossature rinforzate, ecc.) e rilevanti ai fini del suo dimensionamento sono essenzialmente di natura statica, non sono quindi state considerate condizioni di fatica, in quanto gli unici carichi aventi carattere ciclico sono quelli relativi alle azioni dirette delle onde di breve periodo. Tali carichi, che sono di entità trascurabile rispetto ai carichi statici, hanno inoltre un'occorrenza non rilevante ai fini della vita a fatica dei materiali. I fenomeni di fatica sono invece stati considerati nella progettazione del gruppo cerniera-connettore nel quale convergono tutte le sollecitazioni legate alle oscillazioni della paratoia.

Anche le condizioni di carico sismico non sono significative e non sono state tenute in conto per la struttura della paratoia, in quanto l'occorrenza di un sisma è da associare alla posizione di paratoia a riposo, che è quella di gran lunga temporalmente prevalente: in tale condizione la struttura della paratoia è in posizione adiacente al fondale e quindi non presenta fenomeni significativi di amplificazione dinamica delle accelerazioni sismiche, in ogni caso smorzati dagli appoggi elastici su cui poggia la paratoia al lato laguna.


#### 10.2.2. Individuazione dei dislivelli significativi per le verifiche

Un dislivello mare-laguna determina, per la paratoia, un sistema di pressioni interne ed esterne di carattere statico, generate dai battenti idrostatici e dalla pressione interna, dovuta a sua volta alla pressione costante dell'aria nella parte alta e al battente idrostatico generato dall'acqua interna nella parte bassa.

La configurazione di equilibrio che determina tale differenziale di pressioni dipende dal dislivello tra mare e laguna in esercizio.

I Dislivelli di Progetto definiti ai parr. 7.3 7.4 definiscono i valori di pressioni interne/esterne corrispondenti alla posizione statica di lavoro in condizioni estreme.

Comunque, a causa del complesso assetto dei carichi esterni ed interni nella paratoia a seconda del dislivello operativo, la progettazione viene effettuata considerando sia i valori massimi di progetto sia diversi valori di dislivello inferiori, in modo da verificare la gamma di configurazioni possibili per mezzo un campionamento adeguato delle condizioni di dislivello per le combinazioni E.1, E.2 ed E.3, riportate nella successiva tabella.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 141
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Anche il calcolo in condizioni di sovrappressione (combinazione E.4, ref. par. 10.2.4) viene eseguito calcolando la corrispondente posizione di equilibrio della paratoia e la corrispondente distribuzione delle pressioni.

CONDIZIONI DI ESERCIZIO – PARATOIA OPERATIVA			
Cond.	Descrizione	Dislivello Statico	Dislivello Quasi Statico
E.1	100% Disliv. Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico	200 cm	-70 cm ÷ +70 cm
E.2	50% Disliv. Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico	100 cm	-70 cm ÷ +70 cm
E.3	0% Disliv. Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico	-	-70 cm ÷ +70 cm
E.4	100% Disliv. Statico di Progetto + Sovra-pressione interna	200 cm	-

Per una dettagliata scansione dei diversi dislivelli possibili, la componente quasi statica (onda lunga) è stata applicata dal minimo (-70 cm) al massimo (+70 cm) in passi di 10 cm.

Le condizioni di dislivello sono utilizzate come dati di base per simulazioni numeriche finalizzate alla determinazione della posizione di equilibrio di lavoro, per mezzo degli strumenti di calcolo referenziati al Capitolo 13.

Per ogni configurazione vengono così determinate le pressioni agenti sulla paratoia come somma algebrica dei battenti (idrostatico ed interno, vedi figura seguente).

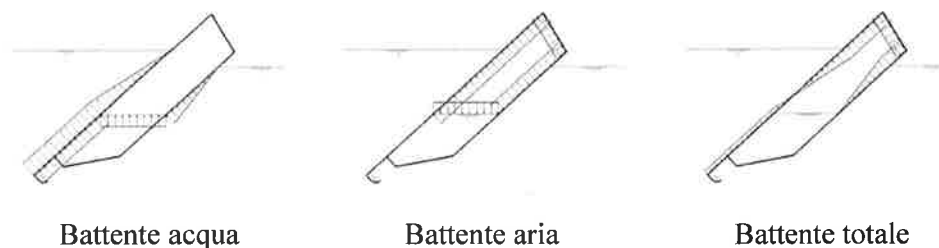



FIG. 10.1 – PRESSIONI AGENTI SULLA PARATOIA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 142
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Per ogni dislivello di mare sulla laguna (0.0 m, +1.0 m, +2.0 m) viene determinato un grafico contenente l'andamento delle pressioni al variare dell'altezza dell'onda di lungo periodo (Dislivello Quasi Statico); viene quindi generata una curva di inviluppo dei valori massimi (un esempio tipico per ogni condizione di carico è rappresentata nella figura seguente).

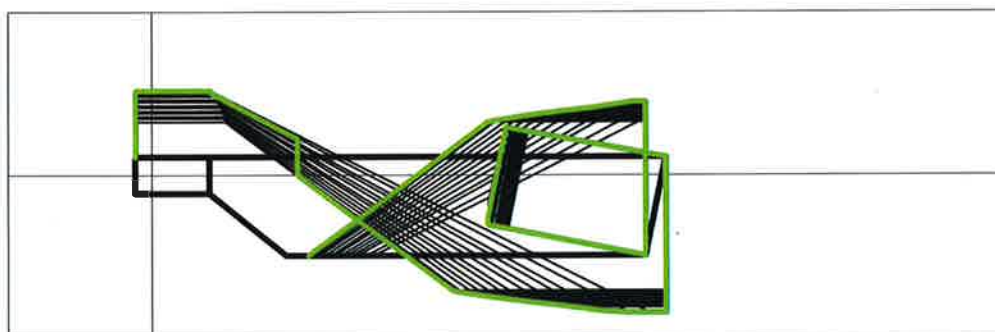



FIG. 10.2 – ANDAMENTO TIPICO PRESSIONI E INVILUPPO

Lo studio dettagliato dei parametri di pressione-aria e livello-acqua in paratoia è stato condotto in funzione delle diverse condizioni operative identificate sopra; i risultati sono raccolti nel documento MV080P-PE-MAR-2001.

Le prime analisi strutturali (predimensionamento), eseguite con le pressioni derivanti da tutte le condizioni operative di cui sopra, mostrano che gli elementi maggiormente sollecitati hanno un andamento delle tensioni quasi lineare al variare dell'altezza d'onda e che le tensioni massime si presentano in corrispondenza o del cavo o della cresta, con dislivello mare/laguna di 2 m, per cui vengono analizzati in maniera approfondita con i modelli 3D i soli casi con il massimo dislivello statico.

### 10.2.3. Manovre normali

Sulla base di quanto illustrato al paragrafo precedente, le condizioni di esercizio operative normali per la paratoia risultate più gravose e significative e pertanto considerate nell'analisi strutturale sono:

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 143
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Dislivello mare/laguna 2 m (senza onda lunga)  
(Documento MV080P-PE-MAR-2002)
- Dislivello mare/laguna 2 m + cavo onda (Dislivello Quasi Statico -70 cm)  
(Documento MV080P-PE-MAR-2003)
- Dislivello mare/laguna 2 m + cresta onda (Dislivello Quasi Statico +50 cm)  
(Documento MV080P-PE-MAR-2004)

La condizioni di massimo dislivello quasi-statico è limitata al massimo dislivello per il quale si ha il limite di emersione della paratoia (legato alle condizioni di equilibrio per tale condizione), in quanto dislivelli maggiori perdono di significato.


Sulla paratoia vengono considerati inoltre il peso proprio della struttura (distribuito uniformemente), il peso dell'allestimento suddiviso in due gruppi (pesi che possono essere considerati distribuiti uniformemente nelle varie aree della paratoia e pesi concentrati solo in alcune zone) e il peso del fouling sul solo fasciame inferiore (condizione più conservativa).

Le combinazioni esaminate sono riportate nella tabella seguente.

Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.1a	100% Disliv. Statico di Progetto +max Disliv. Quasi Statico (cresta).	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200+50 = 250 cm	Cerniere e vincolo fittizio
E.1b	100% Disliv. Statico di Progetto	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm	
E.1c	100% Disliv. Statico di Progetto +min Disliv. Quasi Statico (cavo)	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200-70 = 130 cm	

TAB. 10.1 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO – PARATOIA OPERATIVA  
MANOVRE NORMALI – COMBINAZIONI DI CARICO PER DISLIVELLI

La paratoia è vincolata agli spostamenti in corrispondenza dei centri delle cerniere (nelle tre direzioni la cerniera destra e in X e Z la sinistra) ed è stato aggiunto un vincolo fittizio allo spostamento Z in punta, per eliminare la labilità alla rotazione

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 144
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

attorno all'asse Y passante per i centri delle due cerniere. Essendo i carichi applicati equilibrati, la reazione di tale vincolo fittizio è praticamente nulla.

#### 10.2.4. Errori di manovra

Il dimensionamento strutturale delle paratoie tiene conto della possibilità che l'impianto di immissione dell'aria non venga fermato una volta raggiunto il grado di svuotamento richiesto e che quindi la cassa interna si svuoti completamente fino a quando l'aria inizi a gorgogliare dai fori di comunicazione con la laguna.

Infatti la pressione dell'aria all'interno non può essere superiore a quella dovuta al battente che si stabilisce tra il livello in laguna e il livello dell'acqua all'interno in corrispondenza degli sfoghi sul fondo.

Il valore massimo di sovrappressione che si può raggiungere prima che l'aria gorgogli dal fondo della paratoia dipende dalla configurazione specifica della paratoia, e nel caso presente risulta circa del 19%.

L'evenienza della sovrappressione all'interno della paratoia in posizione di lavoro è stata considerata con dislivello mare/laguna di 2 m senza Dislivello Quasi Statico (onda di lungo periodo), nella combinazione di carico E.4.

Sulla paratoia vengono considerati inoltre agenti il peso proprio della struttura (distribuito uniformemente), il peso dell'allestimento suddiviso in due gruppi (pesi che possono essere considerati distribuiti uniformemente nelle varie aree della paratoia e pesi concentrati solo in alcune zone) e il peso del fouling sul solo fasciame inferiore (condizione più conservativa).


Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.4	100% Disliv. Statico di Progetto +sovrappressione	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm Sovrappressione interna	Cerniere e vincolo fittizio

TAB. 10.2 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO –PARATOIA OPERATIVA –  
ERRORI DI MANOVRA – COMBINAZIONE DI CARICO

La paratoia è vincolata come nei casi di manovra normale.

Le analisi sono riportate nel documento MV080P-PE-MAR-2005.



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 145
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 10.2.5. Forza trasversale dovuta alle onde di breve periodo

Le caratteristiche del moto ondoso all'esterno della bocca di Malamocco sono dettagliatamente riportate e analizzate nei documenti progettuali di altre WBS relative alla barriera di Malamocco, in particolare ad esempio nel documento MV079P-PE-MCR-1013 "Bocca di Malamocco – Barriera: palancole, preparazione dei recessi, opere civili – Cassone di soglia L=40 m (MB-A02) – Dati di progetto – Condizioni meteomarine ed azioni conseguenti", nell'ambito della WBE MA.H1.43.PE.07, nel quale sono anche valutate le altezze d'onda e la velocità della corrente alla barriera.

Gli studi su modello fisico di propagazione delle onde dall'imboccatura alla barriera di Malamocco hanno mostrato che l'ampiezza di onda trasmessa alla barriera è limitata a 3÷4 m.

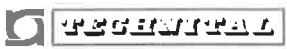
Gli stessi studi hanno anche evidenziato come lo sbarramento, a causa della sua mobilità, trasmetta in laguna la quasi totalità dell'energia del moto ondoso incidente; in altre parole la velocità relativa tra le particelle fluide e la parete della paratoia è trascurabile.

Per questa ragione i carichi di pressione cinetica dovuti al moto ondoso (a periodo breve) sono essi stessi trascurabili.

D'altro canto la pressione idrostatica dovuta alla sopraelevazione della cresta dell'onda, risulta marginale rispetto alle pressioni interne: tale carico, nelle condizioni di barriera alzata, è algebricamente opposto alla pressione interna di progetto, e risulta quindi conservativo trascurarne l'effetto. Viene invece considerato per le verifiche della paratoia a riposo perché incrementa le pressioni agenti.

Tuttavia, in base ai risultati degli studi effettuati su modello fisico finalizzati alla risposta dinamica delle paratoie con particolare riguardo alla misura delle azioni alle cerniere delle paratoie in condizioni di moto ondoso incidente di breve periodo, si può ascrivere alle onde corte la presenza di forze trasversali (nella direzione lungo la barriera).

L'entità delle forze trasversali è stata valutata e ricondotta alla presenza di un dislivello tra le due fiancate di una paratoia, come illustrato nel documento

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 146
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

MV080P-PE-MAR-2001. Ne è derivato un carico di progetto per il connettore e per la paratoia, che, nel caso di Malamocco, è di 700 kN (valore con frequenza di superamento pari all'1%).

Nelle combinazioni E.6, sulla paratoia il carico è applicato come pressione uniforme su una fiancata (sul lato sinistro, dove produce le sollecitazioni più sfavorevoli) nei casi in cui la paratoia risulta emergente dall'acqua (dislivello massimo con cavo e dislivello massimo senza onda lunga), in quanto effetto di un dislivello idrostatico alla sommità.


Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.6b	100% Disliv. Statico di Progetto Onda corta	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm F trasversale 700 kN	Cerniere e vincolo fittizio
E.6c	100% Disliv. Statico di Progetto +min Disliv. Quasi Statico (cavo) Onda corta	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200-70 = 130 cm F trasversale 700 kN	

TAB. 10.3 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO –PARATOIA OPERATIVA  
MANOVRE NORMALI CON EFFETTO ONDA CORTA (FTRASVERSALE)  
COMBINAZIONI DI CARICO

#### 10.2.6. Carichi sulla paratoia e carichi sui connettori

Paratoie e connettori pur interfacciandosi sono due oggetti sostanzialmente diversi: le prime sono strutture, mentre i secondi sono organi meccanici. Inoltre mentre i connettori devono essere gli stessi (e intercambiabili) per tutte le paratoie, le paratoie operano in condizioni specifiche differenziate.

Una ulteriore importante differenza è che le paratoie possono essere smontate, ispezionate, mantenute e riparate con relativa facilità, mentre i connettori sono in parte (componenti femmine) inamovibili e richiedono operazioni più complesse per assicurare la loro conservazione e durabilità.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 147
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Ne deriva in primo luogo una esigenza di maggiori margini di sicurezza per i connettori: la valutazione dei loro carichi di progetto è stata formulata considerando l'inviluppo delle condizioni più severe.

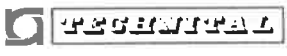
I carichi di progetto significativi per i connettori, infatti, sono quelli che si manifestano durante l'esercizio della barriera e sono stati valutati sommando contributi distinti con il loro massimo/minimo valore, come illustrato in

- MV080P-PE-MMR-3005-C0      Bocca di Malamocco - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Carichi di progetto (WBE: MA.II.48.PE.04)
- MV089P-PE-TMR-3051-C0      Bocca di Lido Treporti - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Nota di chiarimento per la relazione “Carichi di progetto” (WBE: LT.II.48.PE.03)

In particolare, mentre per i carichi dovuti al dislivello di marea, eustatismo e onda lunga si possono stabilire condizioni di equilibrio e si ha una corrispondenza con le reazioni della paratoia, per i carichi derivanti dall'onda corta si è fatto riferimento a dati sperimentali, in quanto nessun modello numerico tra quelli sviluppati nel corso dei numerosi Studi propedeutici ha dato risultati soddisfacenti. Tali dati sperimentali, che non registrano la concomitanza delle reazioni rilevate né la correlano alle posizioni angolari delle paratoie, vengono sommati alle reazioni calcolate (dovute a dislivelli di marea, eustatismo e onda lunga) con i loro valori corrispondenti alla probabilità di superamento dell'1%, in tutte le combinazioni.

Ne consegue che non è possibile ricondurre le condizioni di carico assunte per i connettori a situazioni di carico che corrispondano alle condizioni fisiche reali cui sono soggette le paratoie, eccetto che per la forza trasversale, di cui al precedente paragrafo.

Per le paratoie è possibile una maggior differenziazione delle condizioni di carico rispetto a quelle assunte per i connettori (di un unico tipo per tutte le barriere), tenendo conto delle condizioni specifiche di ogni barriera e del loro funzionamento, ed è necessario individuare, per le condizioni di esercizio in barriera condizioni equilibrate che ne consentano la verifica, affidando ad analisi integrative la valutazione dei possibili effetti dinamici. Ciò è stato possibile per le condizioni di af-

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 148
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

fondamento, mentre gli approfondimenti attraverso gli Studi propedeutici citati al paragrafo 0 non forniscono soluzioni per la stima degli effetti idrodinamici dovuti alle azioni di breve periodo, che agiscono sulla paratoia principalmente modificandone l'assetto e trasmettendo l'energia sviluppata dalle onde corte.

Per il dimensionamento delle paratoie, si è considerato che l'azione delle onde corte che determina reazioni radiali alle cerniere sia applicata al fasciame esterno della paratoia, dove prevale la pressione dell'aria all'interno, ed è quindi conservativo non tenerne conto, in quanto può diminuire, ma non aumentare le sollecitazioni sul corpo della paratoia.

L'azione delle onde corte aumenta tuttavia le sollecitazioni nelle pinne, che sono anche l'effettivo elemento di interfaccia con i connettori.

Dopo il completamento della sperimentazione sui connettori e sui loro componenti e la scelta del sistema di alloggiamento e dei relativi componenti, è stato possibile eseguire analisi specifiche dell'interfaccia connettore-pinna, considerando le condizioni più gravose per il connettore, relative ai carichi di progetto del connettore per le paratoie di Malamocco.


Tale verifica è svolta considerando il sistema di trattenimento e alloggiamento snodo installato nella pinna, attraverso l'utilizzo di due modelli: il primo focalizzato sul sistema e il secondo volto a restituire le condizioni al contorno per il primo. Il secondo modello ha permesso anche di verificare la pinna, quale elemento della paratoia per il quale i carichi di progetto del connettore risultano sfavorevoli.

Delle due analisi si dà riscontro rispettivamente nel documento MV080P-PE-MAR-2016 e nel documento MV080P-PE-MAR-2021.

#### 10.2.7. Altri agenti ambientali

La pressione esterna sulle paratoie è in linea di principio influenzata anche da altri agenti ambientali, ossia dagli effetti locali della corrente, del vento e delle variazioni di temperatura.

Le velocità di corrente rilevate non creano problemi alla manovra delle paratoie, come dimostrato nell'ambito dello studio B.6.5 e B.5.13, e generano carichi sulle

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 149
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

paratoie stesse inferiori a quelli dovuti alle pressioni interne ed esterne in condizioni operative.


Le operazioni di chiusura ed apertura dello sbarramento, che avverranno per gruppi di paratoie operate contemporaneamente, provocano restringimenti del varco e conseguenti innalzamenti dei valori di velocità di corrente che sono stati valutati nell'ambito dello studio B.6.8

Così come per le correnti, i carichi generati dall'azione diretta del vento sulla parte emersa della paratoia sono di gran lunga inferiori a quelli generati dalle condizioni esaminate e descritte in par. 10.2.

Si sono anche presi in considerazione gli effetti del riscaldamento della parte emersa della paratoia, dovuto all'esposizione all'ambiente esterno in condizioni operative, giungendo alla conclusione che il gradiente termico rispetto alla parte immersa in acqua è graduale a causa dei fenomeni di conduzione e di raffreddamento dovuto alla variazione alla continua variazione di livello della superficie bagnata.

E' stato invece considerato l'effetto delle variazioni termiche stagionali dell'acqua di  $-15^{\circ}\text{C}$  e  $+15^{\circ}\text{C}$  (ref. documento MV079P-PE-MCR-1013-C0 della WBE MA.H1.43.PE.07), uniformi su tutta la paratoia, nella condizione di riposo sul fondo, come illustrato al par. 10.3.

In conclusione, ai fini della verifica strutturale delle paratoie, gli effetti locali dei carichi ambientali sopra citati sono trascurabili e non sono quindi introdotti come carichi di progetto, ad eccezione delle variazioni termiche per la paratoia nelle Condizioni a Riposo.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 150
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 10.3. Condizioni a riposo

Nelle condizioni di riposo sul fondo, le paratoie sono appoggiate alle cerniere sferiche e agli appoggi elastici (ammortizzatori).

I carichi agenti considerati sono:

- peso proprio del manufatto,
- peso del fouling sull'intera paratoia,
- pressioni dovute al passaggio dell'onda di breve periodo
- variazioni termiche stagionali di  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ .

Circa gli effetti di un'onda di breve periodo, si nota che nella condizione di riposo sul fondo la pressione del battente idrostatico d'acqua è controbilanciata dalla pressione dell'acqua all'interno della paratoia, mentre la pressione dovuta al passaggio di un'onda può essere controbilanciata con un ritardo rispetto al passaggio dell'onda stessa.

Nell'area della barriera l'onda di breve periodo con massima altezza significativa e periodo di ritorno 1000 anni (ref. documento MV079P-PE-MCR-1013-C0 della WBE MA.H1.43.PE.07) ha:

$H_s = 3.80$  m con  $T = 10,1$  secondi e  $T_r = 1000$  anni


Si considera una sovrappressione sul fasciame superiore dovuta a 2,66 m di battente d'acqua, pari all'ampiezza di un'onda con

$H_{1/20} = 1,4 H_s = 5,32$  m

La pressione è considerata, a favore di sicurezza, uniforme sulla superficie della paratoia.

La variazione termica uniforme di  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  corrisponde alla variazione stagionale della temperatura dell'acqua di mare (ref. documento MV079P-PE-MCR-1013-C0 della WBE MA.H1.43.PE.07).

Tali gradienti termici non comportano apprezzabili conseguenze sullo stato tensionale, ma hanno effetto sugli spostamenti e le rotazioni degli snodi, che sono stati valutati per verificarne la congruenza con la funzionalità dei connettori.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 151
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Come punti di appoggio della paratoia vengono considerati le cerniere e gli ammortizzatori disposti sulla parte frontale.

I risultati dell'analisi di questa condizione, forniscono quindi anche i dati per il controllo del comportamento degli ammortizzatori nel tempo, in termini di deformazioni a lungo termine, e concorrono alla determinazione dei parametri geometrici degli ammortizzatori atti a mantenere la paratoia entro le tolleranze di orizzontalità richieste per la manovra di ingaggio dei twist-lock del telaio pescatore (cfr. par. 6.5).

L'analisi è illustrata nel documento MV080P-PE-MAR-2006.


Le combinazioni di carico considerate sono riportate nella tabella seguente.

Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.5a	Riposo sul fondo	Peso Proprio Peso fouling Sovrappressione onda corta	Cerniere e appoggi elastici
E.5b	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti + 15°C	
E.5c	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti - 15°C	

TAB. 10.4 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO –PARATOIA A RIPOSO – COMBINAZIONI DI CARICO

#### 10.4. Combinazioni di Carico in Esercizio


Si riassumono nella tabella seguente le combinazioni di carico per l'analisi della paratoia in esercizio.

 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 152
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.1a	100% Disliv. Statico di Progetto +max Disliv. Quasi Statico (cresta).	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200+50 = 250 cm	Cerniere e vincolo fittizio
E.1b	100% Disliv. Statico di Progetto	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm	
E.1c	100% Disliv. Statico di Progetto +min Disliv. Quasi Statico (cavo)	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200-70 = 130 cm	
E.4	100% Disliv. Statico di Progetto +sovrappressione	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm Sovrappressione interna	
E.6b	100% Disliv. Statico di Progetto Onda corta	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm F trasversale 700 kN	
E.6c	100% Disliv. Statico di Progetto +min Disliv. Quasi Statico (cavo) Onda corta	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200-70 = 130 cm F trasversale 700 kN	
E.5a	Riposo sul fondo	Peso Proprio Peso fouling Sovrappressione onda corta	Cerniere e appoggi elastici
E.5b	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti + 15°C	
E.5c	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti - 15°C	

TAB. 10.5 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO – PARATOIA OPERATIVA  
MANOVRE NORMALI – CONDIZIONI DI DISLIVELLO



 <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 153
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 10.5. Risultati

### 10.5.1. Verifiche tensionali

Per l'insieme della struttura, le condizioni di esercizio operative risultano essere in generale quelle dimensionanti per i componenti strutturali delle paratoie. Le condizioni a riposo presentano ovviamente valori molto inferiori delle sollecitazioni, senza significative differenze tra la condizione base E.5a e quelle con le termiche.

I valori delle sollecitazioni sono sempre inferiori alla sollecitazione ammissibile, con l'eccezione di modeste sovra-tensioni (max +7% rispetto all'ammissibile, comunque ampiamente inferiore rispetto alla tensione di snervamento) localizzate in due aree molto piccole, evidenziate nelle relazioni di pertinenza e nei risultati qui riportati, che si ritengono accettabili.

Nella tabella seguente si riportano i risultati tensionali, espressi come rapporto tra la tensione massima e la tensione ammissibile per ogni tipo di componente della struttura.


Come rappresentativi delle sollecitazioni più severe nella struttura in condizioni operative, vengono riportate le immagini delle tensioni ottenute in condizioni di esercizio con il massimo dislivello, senza onda, con e senza forza trasversale (combinazioni E.1b ed E.6b, di cui al documento MV080P-PE-MAR-2002), in cui si riscontrano le sovra-tensioni citate.



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 154	
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE			

Funzione	posizione/elemento	Sp. lordo (mm)	materiale	E.1b h=1,55	E.6b h=1,25	E.1c h=1,25	E.6c h=1,25	E.1a h=1,25	E.4 h=1,33	E.5a h=1,55
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	S275J0	0,79	0,73	0,46	0,53	0,79	0,77	0,44
	inferiore	9-12-13	S275J0	0,68	0,61	0,44	0,44	0,73	0,73	0,44
	laterale	9-12-13	S275J0	0,52	0,42	0,38	0,38	0,46	0,64	0,40
	posteriore	9-13	S275J0	0,82	1,07	0,48	0,80	0,84	0,81	0,25
	anteriore	13	S275J0	0,71	0,57	0,51	0,51	0,65	0,85	0,22
Fasciami interni	ossatura 01	9	S275J0	0,71	0,66	0,36	0,44	0,73	0,52	0,40
	inferiore sotto pinna	20	S275J0	0,96	0,89	0,49	0,60	0,98	0,69	0,38
	tipici	10-12-15	S275J0	0,61	0,57	0,31	0,39	0,63	0,49	0,30
	irrigidimenti pinne	20	S275J0	0,98	0,91	0,50	0,61	1,00	0,72	0,29
	zone recessi twist lock	30	S275J2	0,44	0,40	0,22	0,26	0,45	0,29	0,13
Rinforzi ordinari	zone recessi twist lock	60	S355K2	1,03	0,95	0,52	0,64	1,06	0,74	0,23
	pinna	180	S355K2	0,51	0,49	0,26	0,34	0,52	0,39	0,12
	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	S275J0	0,48	0,44	0,29	0,30	0,49	0,48	0,14
Squadre	piatti fasciame posteriore	12-15	S275J0	0,74	1,00	0,35	0,77	0,75	0,43	0,24
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	S275J0	0,66	0,61	0,43	0,43	0,69	0,71	0,48
Telai rinforzati	spigoli	10	S275J0	0,90	0,73	0,65	0,65	0,69	0,92	0,30
	paratie longitudinali	11	S275J0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ossatura 02	10-12	S275J0	0,36	0,30	0,22	0,23	0,34	0,22	0,50
	ossatura 03	10-12	S275J0	0,40	0,35	0,19	0,19	0,42	0,16	0,44
	ossatura 04	10-12	S275J0	0,23	0,19	0,11	0,12	0,19	0,38	0,43
	ossatura 05	10-12	S275J0	0,11	0,10	0,20	0,20	0,08	0,63	0,44
	ossatura 06	10-12	S275J0	0,28	0,24	0,39	0,41	0,19	0,84	0,41
	ossatura 07	12-14	S275J0	0,33	0,28	0,41	0,42	0,23	0,72	0,28
	ossatura 08	12-14	S275J0	0,45	0,37	0,50	0,50	0,32	0,83	0,25
	ossatura 09	12-14	S275J0	0,58	0,47	0,53	0,53	0,42	0,85	0,20
	ossatura 10	12-14	S275J0	0,55	0,45	0,40	0,41	0,43	0,68	0,22
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	12-14	S275J0	0,34	0,27	0,25	0,25	0,29	0,41	0,21
	diaframma centrale	10-12-14	S275J0	0,45	0,36	0,44	0,44	0,39	0,64	0,47
	ossatura 11	10	S275J0	0,76	0,62	0,55	0,55	0,69	0,58	0,22
		10	S275J0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		20	S275J0	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07	0,11	0,14

TAB. 10.6 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO – RAPPORTI TRA TENSIONE VON MISES MASSIMA E TENSIONE AMMISSIBILE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 155
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

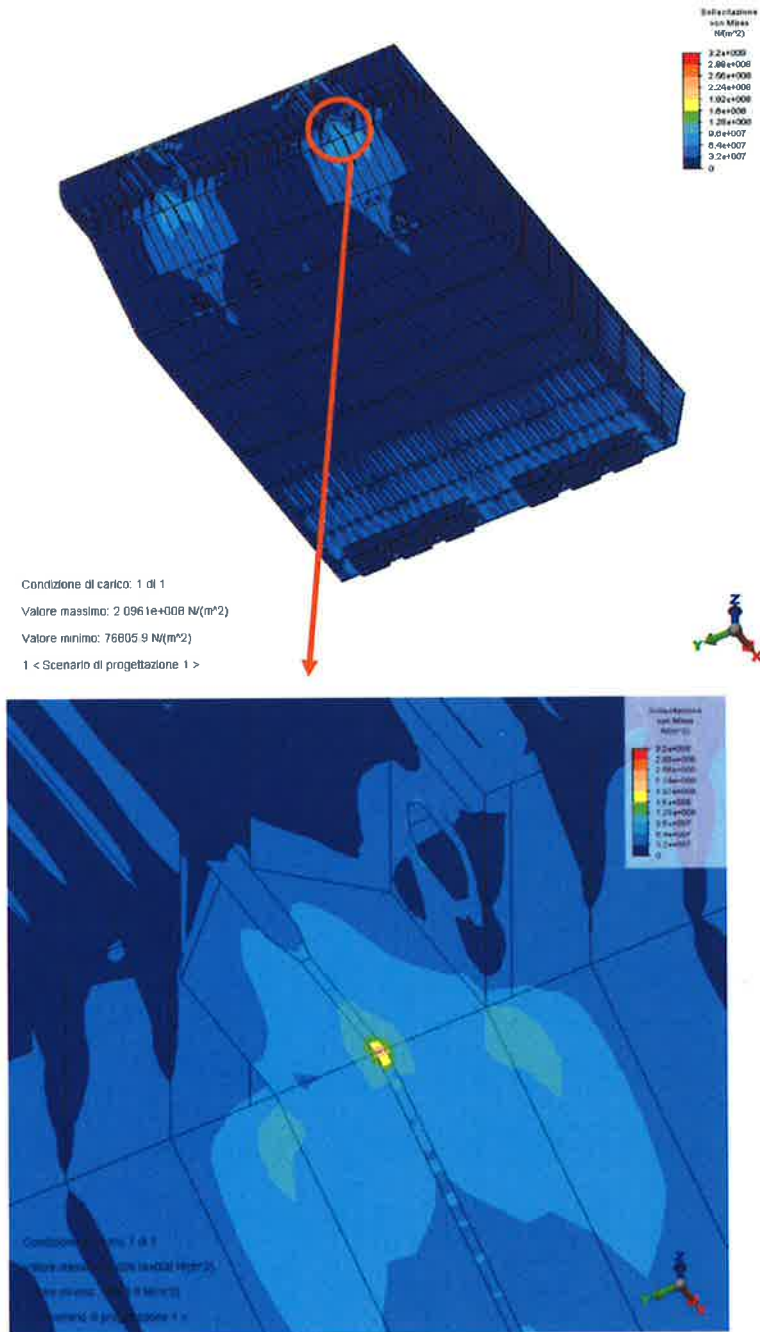


FIG. 10.3 - COMBINAZIONE E.1b - DETTAGLIO ZONE INTERSEZIONE OSSATURA 01 CON SCIVOLO INFERIORE - SOVRA-TENSIONE +4%

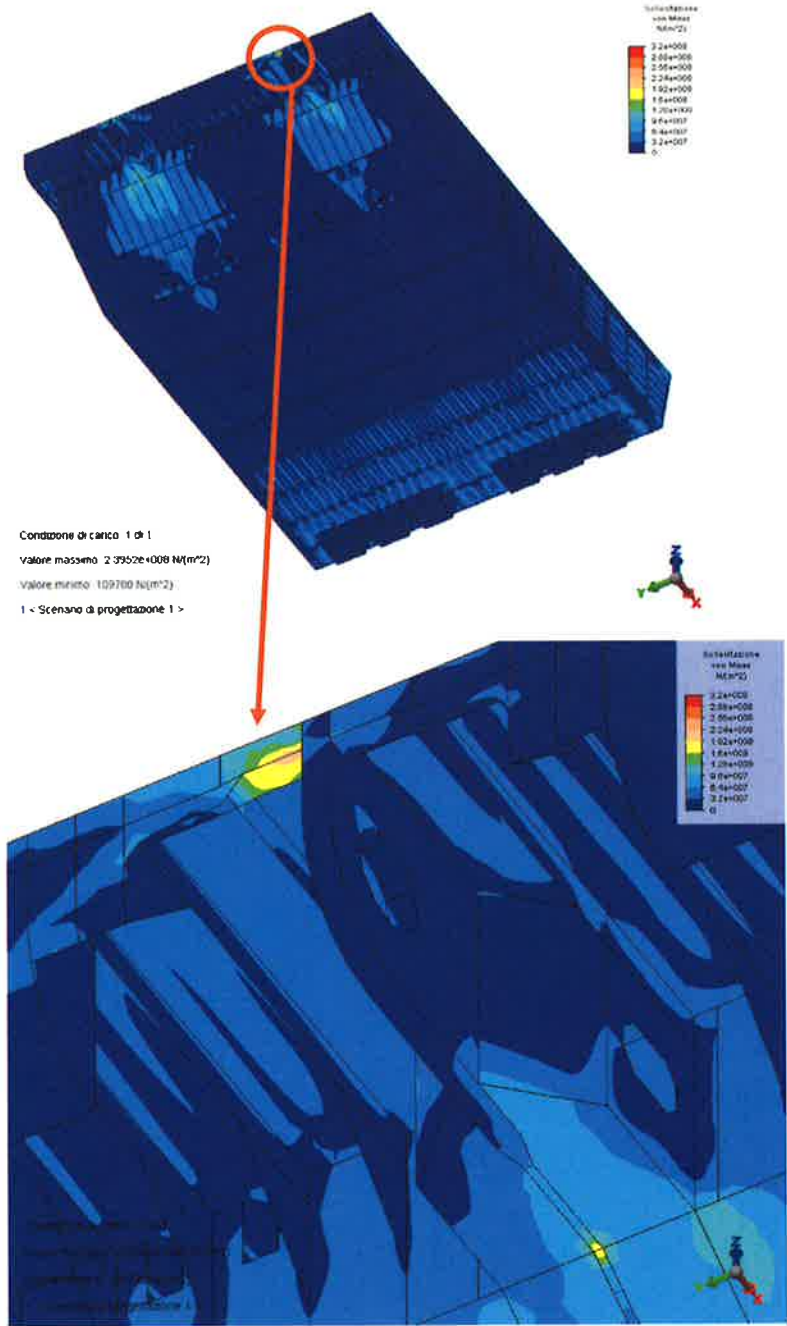


FIG. 10.4 - COMBINAZIONE E.6b - DETTAGLIO FASCIAME POSTERIORE E PIATTI DI RINFORZO – SOVRA-TENSIONE +7%

### 10.5.2. Reazioni vincolari

Si riportano le reazioni vincolari per tutte le condizioni esaminate.

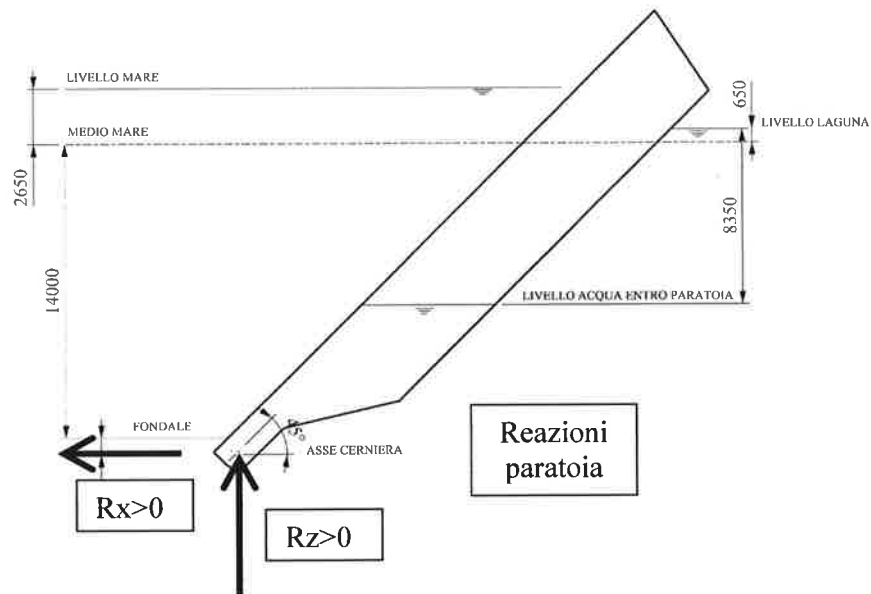
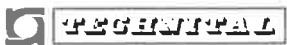


FIG. 10.5 - CONVENZIONI DI SEGNO PER LE REAZIONI DELLA PARATOIA

REAZIONI (kN)	Combinazione E.1b			Combinazione E.6b		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Cerniera sinistra	3.357	0	-503	4.215	0	-1.232
Cerniera destra	3.357	0	-503	2.499	700	226
Vincolo anteriore	15	0	15	15	0	15
REAZIONI (kN)	Combinazione E.1c			Combinazione E.6c		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Cerniera sinistra	2.146	0	-1.079	2.860	0	-1951
Cerniera destra	2.147	0	-1.080	1.433	700	-208
Vincolo anteriore	17	0	12	17	0	12
REAZIONI (kN)	Combinazione E.1a			Combinazione E.4		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Cerniera sinistra	4.263	0	-166	3.377	0	-2.596
Cerniera destra	4.263	0	-166	3.377	0	-2.596
Vincolo anteriore	-13	0	-16	13	0	10

TAB. 10.7 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO OPERATIVE - REAZIONI VINCOLARI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 158
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Si nota che la reazione vincolare all'estremità anteriore, inferiore all'1% della reazione totale, trascurabile agli effetti dei risultati, è relativa al vincolo fittizio per eliminare la labilità.

Combinazione E.5	Rz (kN)
Cerniera sinistra	737
Cerniera destra	737
Ammortizzatore sinistro laterale	373
Ammortizzatore sinistro intermedio	373
Ammortizzatore sinistro centrale	372
Ammortizzatore destro laterale	373
Ammortizzatore destro intermedio	373
Ammortizzatore destro centrale	372


TAB. 10.8 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO A RIPOSO - REAZIONI VINCOLARI

### 10.5.3. Deformazioni

Nel seguito si riportano le deformazioni massime in Y misurate ai vertici della paratoia e relative alle condizioni E.1b ed E.6b.

Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione E.1b			Combinazione E.6b		
	X	Y	Z	X	Y	Z
<b>Estradosso</b>						
- vertice lato laguna 1A	1,377	<b>0,163</b>	0,406	2,301	<b>-4,247</b>	0,18
- vertice lato laguna 2A	1,377	<b>-0,386</b>	0,406	0,438	<b>-4,781</b>	0,635
- vertice lato mare 3A	0,553	-0,405	-6,517	1,34	-1,678	-7,122
- vertice lato mare 4A	0,553	0,182	-6,517	-0,516	-0,66	-6,568
- inizio rastremazione 5A	0,772	<b>-0,233</b>	-3,825	1,649	<b>-2,684</b>	-4,083
- inizio rastremazione 6A	0,772	<b>0,01</b>	-3,825	-0,171	<b>-2,406</b>	-3,569
<b>Intradosso</b>						
- vertice lato laguna 1B	2,024	0,232	0,297	2,949	-4,198	0,07
- vertice lato laguna 2B	2,024	-0,454	0,296	1,082	-4,869	0,527
- vertice lato mare 3B	1,498	-0,511	-4,252	2,421	-2,833	-4,515
- vertice lato mare 4B	1,498	0,289	-4,252	0,534	-1,958	-3,984
- inizio rastremazione 5B	1,676	-0,333	-3,77	2,595	-2,929	-4,007
- inizio rastremazione 6B	1,676	0,111	-3,77	0,715	-2,428	-3,511

TAB. 10.9 - SPOSTAMENTI DEI VERTICI DELLA PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 159
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

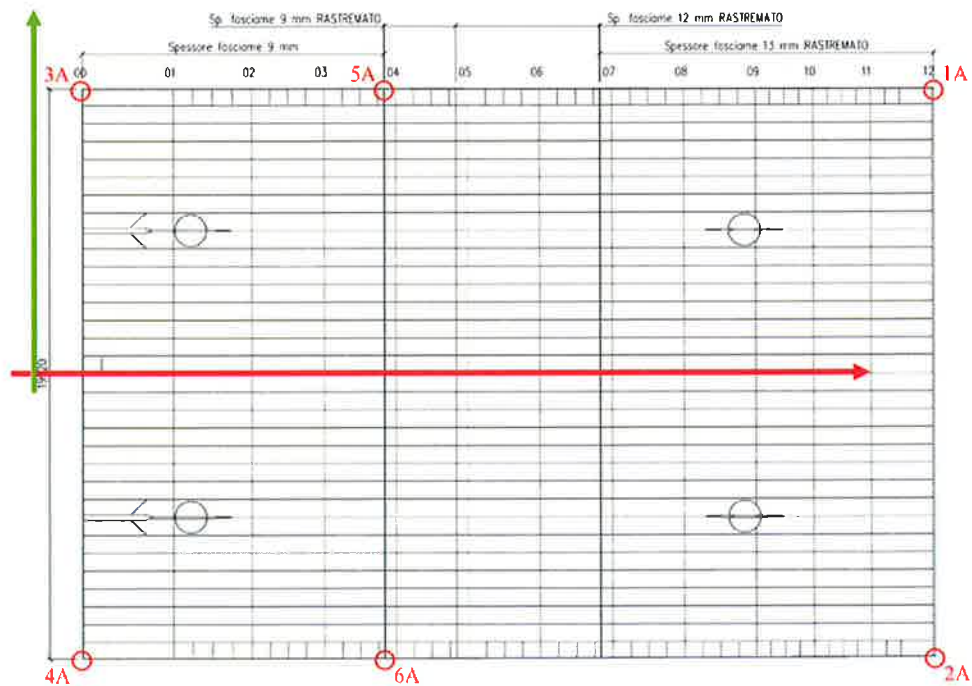


FIG. 10.6 - POSIZIONE PUNTI DI RILEVO FASCIAME SUPERIORE (OMOLOGHI PER IL FASCIAME INFERIORE)

#### 10.5.4. Spostamenti e rotazioni centri snodi

Si riportano spostamenti e rotazioni dei centri degli snodi per tutte le condizioni esaminate.



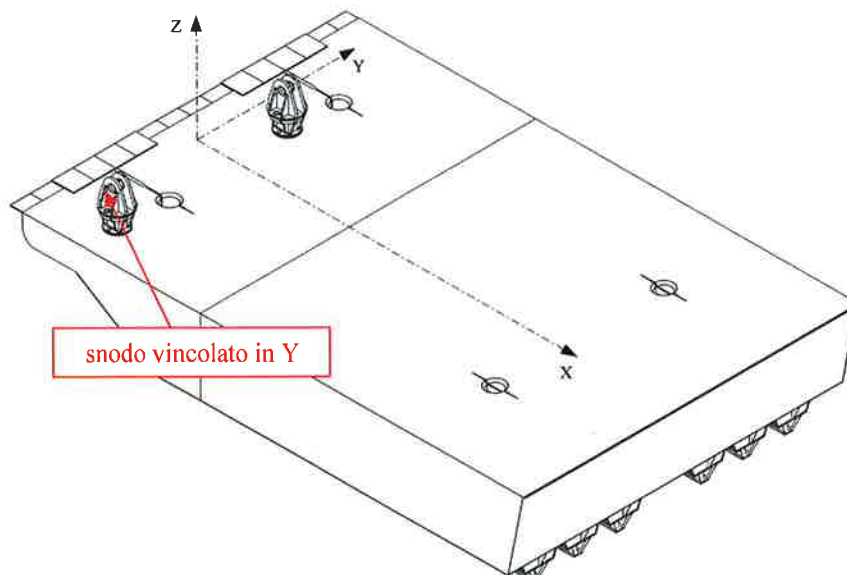



FIG. 10.7 – ASSI DI RIFERIMENTO

Combinazione	Spost (mm) snodo sin	Rotazioni (gradi) centro snodo destro (Y<0) attorno a			Rotazioni (gradi) centro snodo sinistro (Y>0) attorno a		
	Y	X	Y	Z	X	Y	Z
Combinazione E.1b	-0,223	-0,00286	0,09065	-0,00363	0,00285	0,0845	0,00363
Combinazione E.6b	-1,639	0,06266	0,08313	-0,0366	-0,00096	0,09866	-0,00146
Combinazione E.1c	-0,125	-0,00333	0,04745	-0,00175	0,00332	0,04745	0,00175
Combinazione E.6c	-1,541	0,06219	0,03993	-0,03472	-0,00049	0,05546	-0,00334
Combinazione E.1a	-0,266	-0,00272	0,11855	-0,00471	0,00272	0,11855	0,00471
Combinazione E.4	-0,068	-0,00537	0,04654	-0,00095	0,00537	0,04654	0,00095
Combinazione E.5a	-0,164	0,00556	0,25129	-0,00157	-0,00556	0,25129	0,00157
Combinazione E.5b	1,636	0,00556	0,24947	-0,00157	-0,00556	0,24947	0,00157
Combinazione E.5c	-1,964	0,00556	0,2531	-0,00157	-0,00556	0,2531	0,00157
A riposo senza onda	-0,077	0,0029	0,25278	-0,00206	-0,0029	0,25278	0,00206

TAB. 10.10 – SPOSTAMENTO E ROTAZIONI DEI CENTRI DEGLI SNODI



 <b>INFRASTRUTTURE E TRASPORTI</b>	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 161
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 11. CONDIZIONI TEMPORANEE

### 11.1. Considerazioni Generali

Per “Condizioni Temporanee” si intendono tutte le condizioni diverse dalle “Condizioni di Esercizio” come definite al Capitolo 10, ad esclusione delle condizioni accidentali (urto natanti).

Le condizioni temporanee per la singola paratoia rilevanti ai fini della progettazione sono essenzialmente legate alle operazioni di installazione e sostituzione per manutenzione e alla condizione di ritorno a riposo al termine della fase di chiusura degli sbarramenti.

La metodologia costruttiva richiede che le paratoie vengano inizialmente trasportate dal luogo di costruzione alle bocche di porto e qui installate nel loro alloggiamento.


Il programma di manutenzione, sia programmata sia straordinaria, richiede che le paratoie vengano periodicamente rimosse dalla barriera, portate a terra per il ricondizionamento e nuovamente installate nella barriera.

Le operazioni di trasporto da terra alla barriera (e viceversa) ed installazione/rimozione sulla barriera, sia in occasione della prima installazione, sia in occasione delle successive sostituzioni per manutenzione delle paratoie, sono eseguite da un mezzo navale appositamente costruito (Jack-up), descritto al par 6.4. Il mezzo è dotato di un telaio con 4 punti di aggancio, ai quali la paratoia è appesa.

Le operazioni di manutenzione a terra richiedono che la paratoia sia appoggiata su supporti fissi, in posizioni predeterminate.

Infine, durante l’esercizio, l’apertura della barriera richiede l’abbattimento delle paratoie. Tale condizione è essenzialmente governata dal comportamento idrodinamico della paratoia, che modifica il suo assetto a seguito del progressivo allagamento.

Nelle condizioni citate la struttura della paratoia si trova in condizioni essenzialmente diverse da quelle operative già discusse al Capitolo 10, per tipologia di carico e/o per diverse condizioni di vincolo.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 162
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Ai fini della progettazione strutturale si rende quindi necessaria l'analisi di queste condizioni a complemento di quanto compiuto per le condizioni operative.

In particolare si considerano:

- sollevamento e trasporto a mezzo jack-up;
- supportazione a terra in cantiere (appoggio su taccate);
- ritorno a riposo (abbattimento) delle paratoie (energia cinetica e reazioni degli ammortizzatori all'impatto).

## 11.2. Predisposizioni per l'installazione e la rimozione

### 11.2.1. Generalità

La presenza della camera anteriore stagna ha effetto anche nelle fasi di installazione e rimozione della paratoia in posizione orizzontale, a mezzo telaio pescatore: l'aria o l'acqua in essa contenute possono rimanere intrappolate se non trovano vie di sfogo.


Durante l'installazione, la quantità d'aria che rimane in tale camera dipende dalla turbolenza dell'acqua e dall'inclinazione degli specchi liquidi che permettono l'ingresso di una quantità d'aria incerta. Tale quantità di aria può provocare uno scarico dei twist-locks anteriori che non è compensato dal peso del telaio pescatore.

Durante la rimozione la quantità di acqua nella camera potrebbe essere espulsa, in tempi molto brevi, solo dopo che il livello dell'acqua residua nelle paratoia scendesse al di sotto del setto stagno, causando una repentina perdita di carico sui cavi dei twist lock anteriori.

Per garantire situazioni più certe e controllate in fase di installazione e rimozione, sono state individuate le seguenti predisposizioni e procedure.

Le predisposizioni per l'installazione e la rimozione della paratoia saranno confermate o modificate nell'ambito del progetto costruttivo, anche in funzione delle procedure e delle attrezzature che l'Impresa intenderà adottare.

Eventuali diverse predisposizioni e procedure dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori e soddisfare i requisiti indicati nel Capitolato Speciale.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 163
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

In ogni caso vanno mantenuti i fori di comunicazione tra i compartimenti della camera stagna.

### 11.2.2. Fase di installazione della paratoia

La presenza di una bolla d'aria può verificarsi a partire da quando la quota della paratoia agganciata al telaio pescatore nel suo moto di discesa è tale che il livello dell'acqua nella bocca e quello dell'acqua all'interno della paratoia raggiungono il bordo inferiore del setto parziale. In tale condizione le linee principali di adduzione dell'aria, aperte all'estremità nella camera, all'altra estremità risultano immerse, soggette ad un battente corrispondente all'altezza immersa del connettore; anche i tubi inclinati risultano progressivamente immersi. Le tubazioni permetterebbero lo sfogo dell'aria che si trova all'interno del volume compartimentato solo se la pressione dell'aria nella camera superasse quella dei battenti instaurati alle estremità delle linee dell'aria.

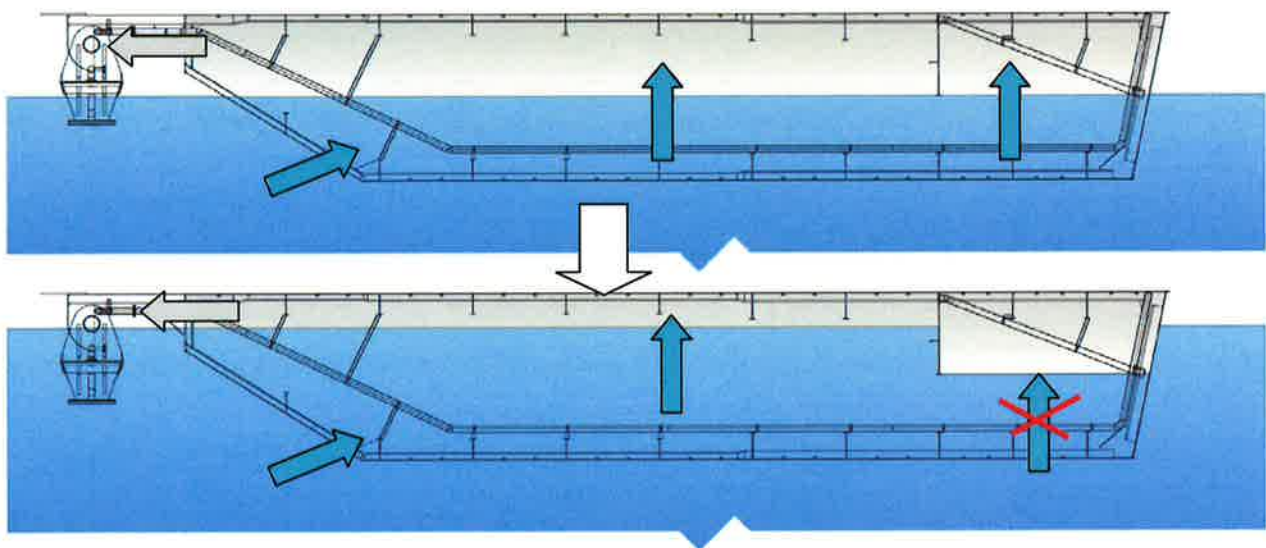


FIG. 11.1 – MALAMOCCO - FASI FINALI DELL'INSTALLAZIONE – POSSIBILE FORMAZIONE DI BOLLA D'ARIA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 164
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Infatti nella camera si ha inizialmente la pressione atmosferica e man mano che la paratoia affonda la pressione aumenta per effetto del dislivello tra l'acqua sotto la bolla e l'acqua nel corpo della paratoia.

I dati di progetto per l'installazione sono:

- velocità max di immersione della paratoia 0,15 m/min
- rata media di allagamento della paratoia 70-80 m<sup>3</sup>/min

Il volume del corpo della paratoia è circa 2180m<sup>3</sup>.

Considerando la rata di allagamento, la paratoia può riempirsi in circa

$$2180 / 75 = 29 \text{ minuti}$$

che corrisponde circa alla durata dell'abbassamento alla la velocità massima ammessa per il telaio

$$4,50 \text{ m} / 0,15 \text{ m/min} = 30 \text{ minuti}$$

Quindi per abbassare 2,2 m (altezza del setto di compartimentazione) occorrono:

$$2,2 \text{ m} / 0,15 \text{ m/min} \cong 15 \text{ minuti}$$

L'abbassamento avverrà presumibilmente ad una velocità inferiore per garantire il riempimento della paratoia, quindi con tempi maggiori.

Il volume geometrico netto della camera stagna è circa 256 m<sup>3</sup>.

Per non aumentare i tempi minimi di abbassamento, lo sfiato dell'aria dovrebbe avvenire ad una rata di circa

$$256 / 15 \cong 17 \text{ m}^3 / \text{min}$$

che è raggiungibile con 2 alleggi standard di tipo navale, con foro di diametro 2 1/2".

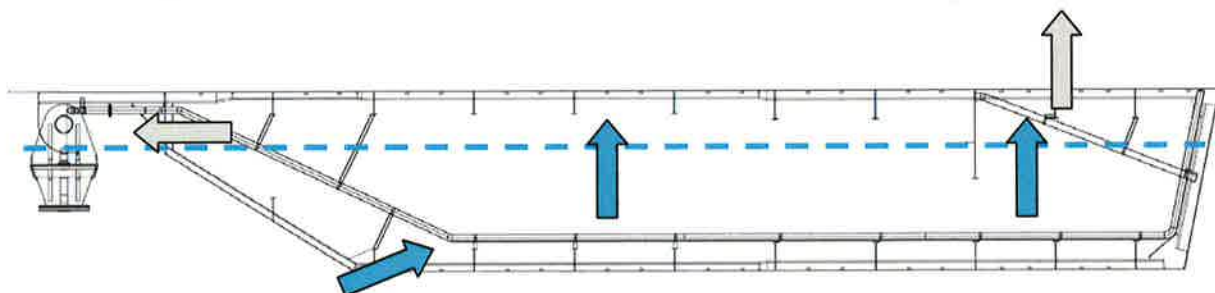



FIG. 11.2 – MALAMOCCO - INSTALLAZIONE DELLA PARATOIA – AZIONE DEGLI SFIATI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 165
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Gli alleggi sono disposti in corrispondenza del volume centrale del compartimento stagno, mentre le camere laterali sono poste in comunicazione con la centrale per mezzo di un foro di passaggio (tipico 100 mm x 50 mm, 20 mm) appena sotto il fasciame superiore, in ognuna delle due paratie longitudinali. Si noti che sulla paratia sono già presenti fori che garantiscono la comunicazione fino a circa 1 m dal fasciame superiore.

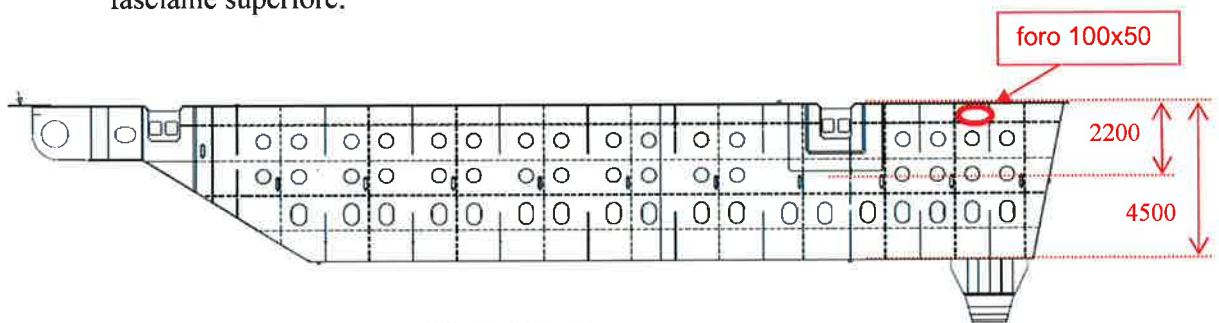



FIG. 11.3 – MALAMOCCO - PARATIA LONGITUDINALE

Gli alleggi sono posizionati in prossimità del telaio pescatore e quindi delle paratie longitudinali, per consentire la manovra degli alleggi dal telaio pescatore. La posizione è tale da non interferire con gli irrigidimenti della paratoia, i supporti del sistema di visione, gli anodi e i tubi.

Per la manovra degli alleggi si potranno predisporre due ripiani con scaletta di accesso, removibili, in modo da poter essere utilizzati sui due lati del telaio (a seconda dell'orientamento della paratoia da installare). Il ripiano sarà circa 20 cm sopra l'intradosso della paratoia, con un foro sul fondo per introdurre il tappo e la chiave per l'apertura e la chiusura degli alleggi, in modo da garantire la sicurezza e l'accessibilità di chi opera. Gli alleggi superiori saranno disposti sulle paratoie di tutte le barriere in modo da poter essere operati dalla stessa posizione sul telaio. Il personale sarà calato da una gru di bordo sulla passerella del telaio, a telaio bloccato.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 166
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

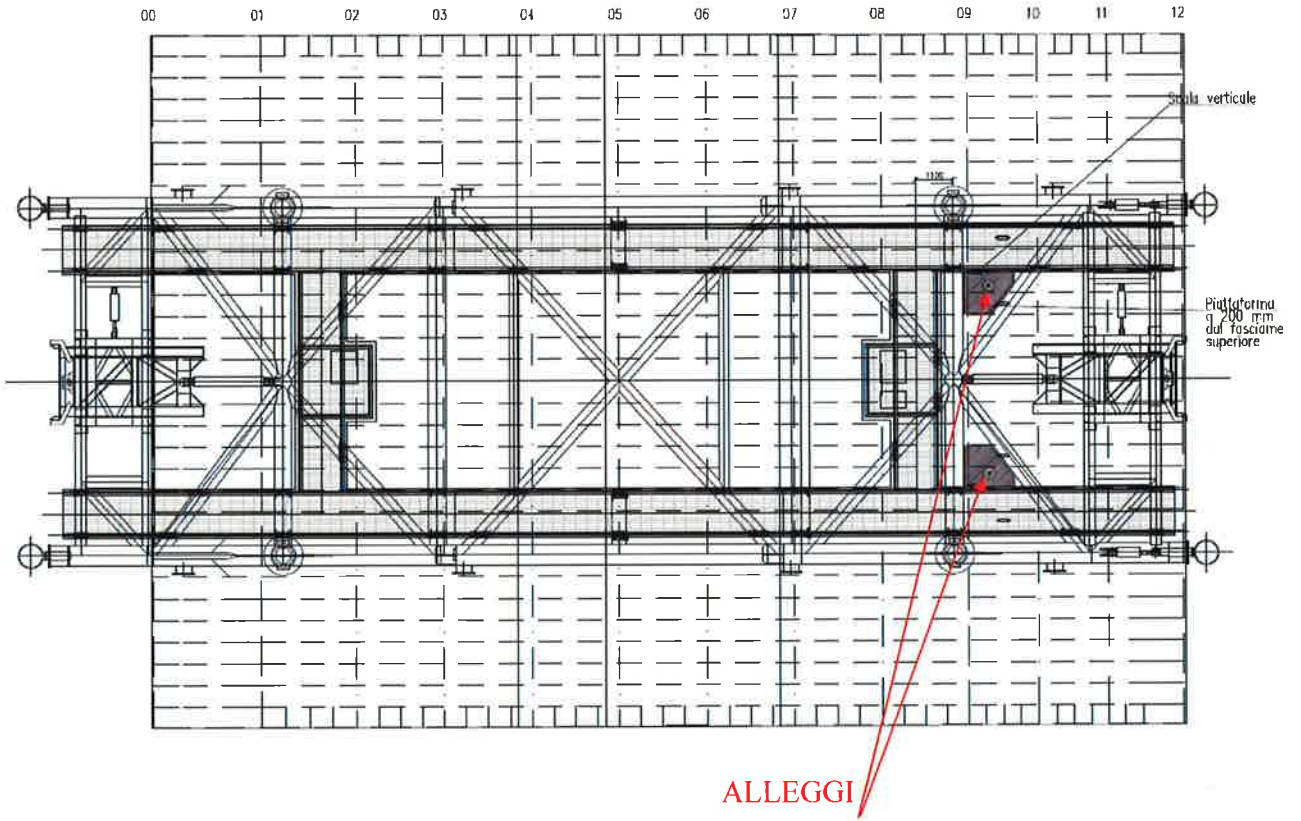


FIG. 11.4 – MALAMOCCO - TELAIO PESCATORE E PARATOIA – VISTA DALL'ALTO

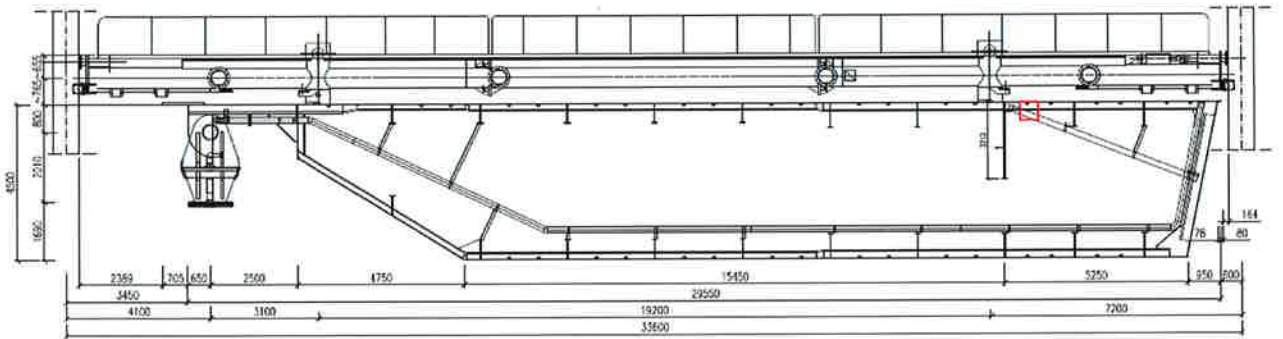



FIG. 11.5 – MALAMOCCO - TELAIO PESCATORE E PARATOIA – SEZIONE VERTICALE LONGITUDINALE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 167
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

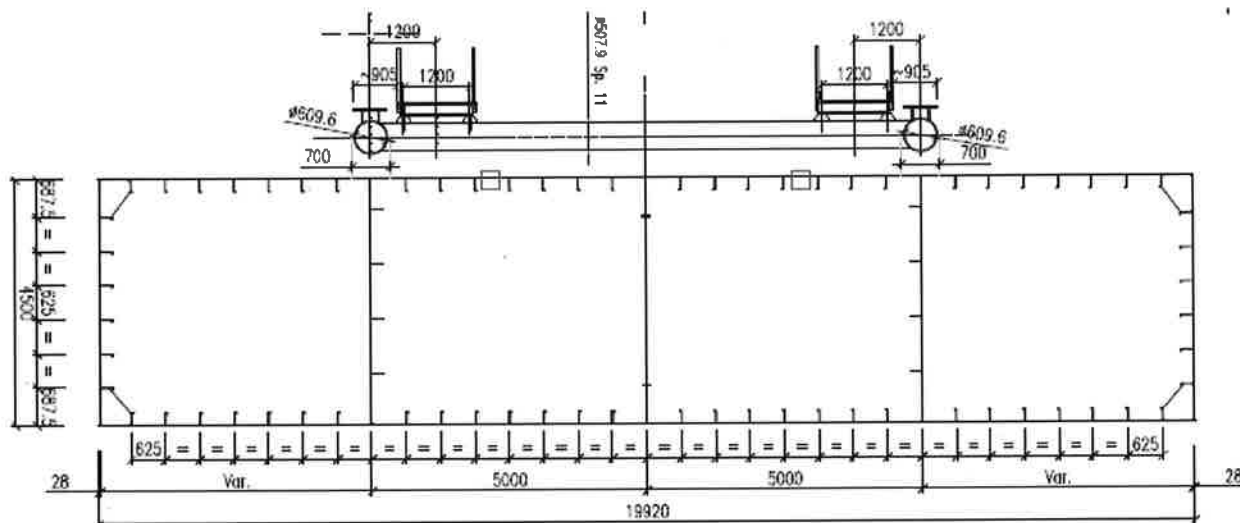


FIG. 11.6 – MALAMOCCO - TELAIO PESCATORE E PARATOIA – SEZIONE VERTICALE TRASVERSALE

Gli alleggi dovranno essere aperti prima di iniziare la discesa per l'installazione della paratoia e chiusi, avvitando i relativi tappi, quando il mantello superiore della paratoia è pochi centimetri sott'acqua e dalle aperture non fuoriesce più aria.

I tappi dovranno essere avvitati in modo da assicurare la tenuta e da evitare danneggiamenti del filetto; la chiusura dovrà poter essere verificata attraverso gli accorgimenti e le indicazioni stabilite nel disegno costruttivo.


### 11.2.3. Fase di rimozione della paratoia

La rimozione della paratoia avviene sconnettendo i connettori maschi dalle femmine e sollevando la paratoia con il telaio pescatore. L'intera paratoia e i tubi di alimentazione aria compressa sono pieni d'acqua e tali rimangono fino a quando il mantello superiore della paratoia non esce dall'acqua.

A questo punto l'aria entra nella camera principale dalle aperture presenti sul lato verticale posteriore del cassone in prossimità del mantello superiore e l'acqua defluisce dalla paratoia attraverso le aperture sul fondo dello scivolo.

Quando il livello dell'acqua raggiunge il brodo inferiore del setto stagno e l'estremità del tubo di sfiato inclinato viene sommersa, l'aria non ha però



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 168
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

possibilità di entrare nella camera anteriore che quindi si svuota a fatica dell'acqua presente perché si crea un effetto bicchiere rovesciato. Chiaramente la gravità fa sì che la camera si svuoti, al più tardi quando il livello nella bocca e all'interno del compartimento principale scende sotto il bordo inferiore del setto parziale, ma lo svuotamento può avvenire in modo non progressivo ma improvviso, creando effetti dinamici non previsti.

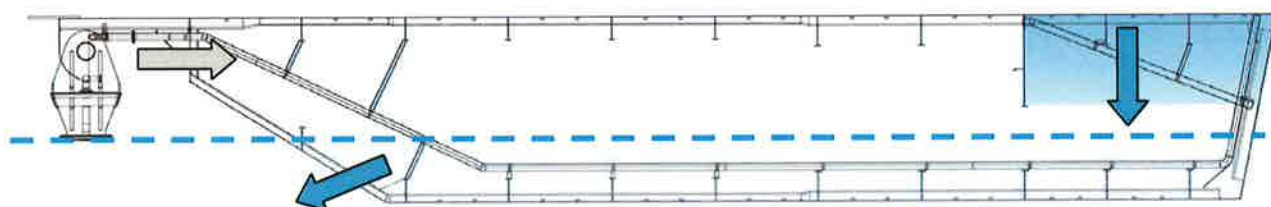


FIG. 11.7 – MALAMOCCO - RIMOZIONE DELLA PARATOIA – POSSIBILE TRATTENIMENTO ACQUA

I tubi di alimentazione dell'aria compressa sono in questo caso pieni d'acqua all'inizio della manovra.


I dati di progetto per la rimozione sono:

- velocità di emersione della paratoia 0,10 m/min
- rata media di svuotamento della paratoia 45-50 m<sup>3</sup>/min

Il tempo per alzare i primi 2,2 m, pari all'altezza del setto di compartimentazione, è di circa 22 minuti.

L'adozione dei due alleggi sul mantello superiore della paratoia (e dei fori nelle paratie longitudinali) garantisce lo svuotamento progressivo e quasi statico dell'intera paratoia, in quanto l'aria potrà liberamente entrare sia dalle aperture posteriori sia dai fori degli alleggi sul mantello superiore.



	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 169
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

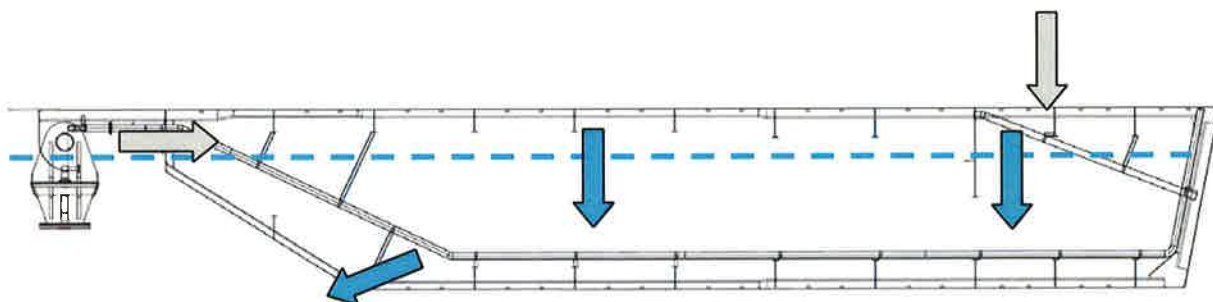


FIG. 11.8 – MALAMOCCO - RIMOZIONE DELLA PARATOIA – AZIONE DEGLI SFIATI

Gli alleggi andranno aperti con il mantello superiore della paratoia ancora immerso di alcuni centimetri per garantire che non si sia generata una depressione all'interno della camera anteriore che renderebbe problematici lo svitamento e la rimozione del tappo.

L'operazione sarà effettuata dal telaio pescatore, analogamente all'operazione di chiusura.

### 11.3. Sollevamento e trasporto a mezzo Jack-up

#### 11.3.1. Definizione delle condizioni di sollevamento e trasporto

Il sollevamento della paratoia è effettuato dal mezzo appositamente progettato (jack-up), utilizzando un telaio pescatore che garantisce il corretto posizionamento e funzionamento dei quattro dispositivi di aggancio (twist-locks), come descritto al capitolo 6.

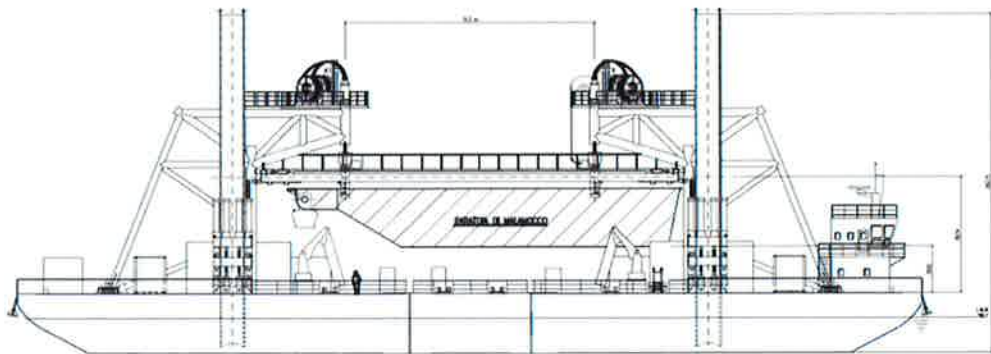


FIG. 11.9 – PARATOIA IN CONDIZIONI DI TRASPORTO A MEZZO JACK-UP

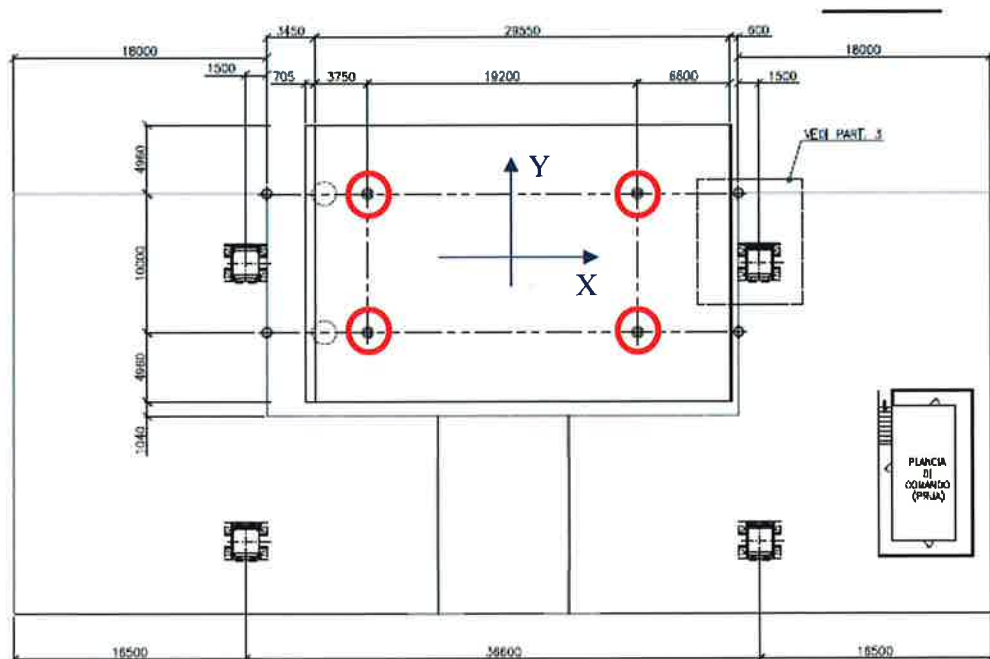



FIG. 11.10 – PUNTI DI SOSPENSIONE PARATOIA A MEZZO JACK-UP

 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 171
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Si prevede che anche in cantiere si adotti lo stesso sistema di sollevamento.

In relazione alle condizioni che si verificano durante le operazioni di rimozione della paratoia dalla barriera, oltre ai carichi gravitazionali dovuti al peso della paratoia, incluso il peso del componente maschio del gruppo cerniera connettore, si considerano agenti il peso del fouling sull'intera paratoia e il peso di 60 cm d'acqua residua sul fondo della paratoia, per tener conto del fatto che l'acqua potrebbe non essere ancora defluita totalmente mentre la paratoia è già emersa.

Durante il trasporto dalla barriera al cantiere di manutenzione la paratoia rimane sospesa ai quattro twist-locks ed è quindi nelle stesse condizioni di vincolo, ma è soggetta anche ai carichi inerziali derivanti dal moto del mezzo in navigazione.

I carichi inerziali sono valutati sulla base delle accelerazioni massime, riportate nella tabella seguente, calcolate in corrispondenza del centro della paratoia e determinate attraverso l'analisi del comportamento dinamico del mezzo in navigazione (ref. WBS CO.Q1.68, documento MV055P-PE-GNR-1012, par. 3.2).

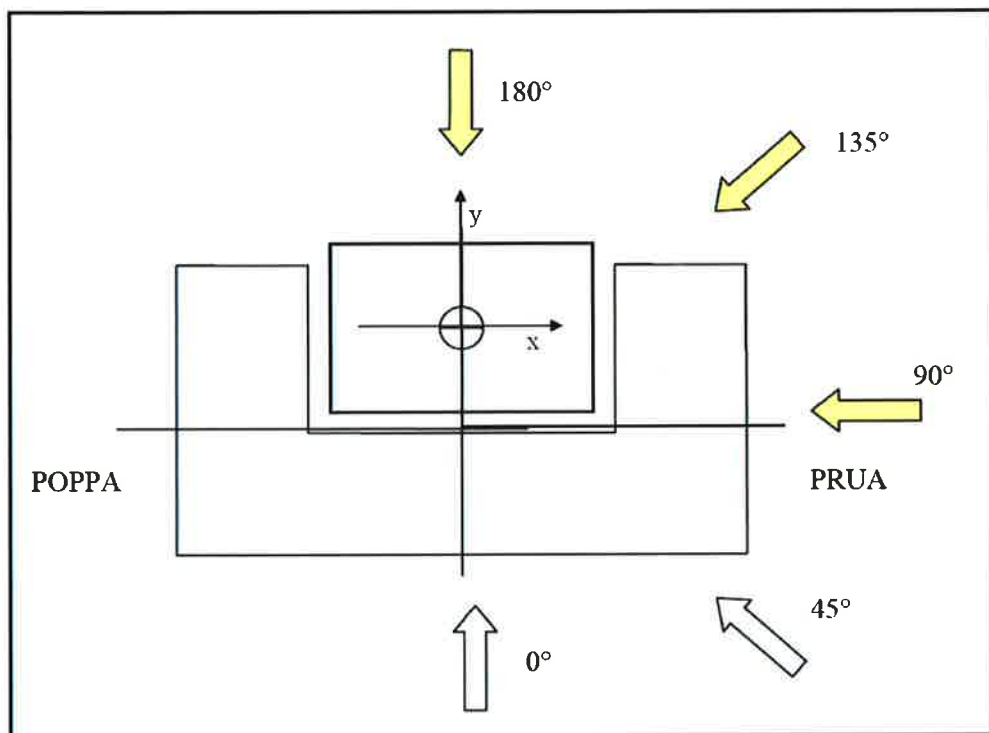
La verifica di predimensionamento considera agenti il peso strutturale della paratoia e dei suoi allestimenti, il peso del componente maschio del connettore, il peso del fouling, il peso dell'acqua residua all'interno e un'accelerazione verticale pari alla massima in trasporto ( $a_z \text{max} = 2,1 \text{ m/s}^2$ ) e corrispondente a un fattore di amplificazione dinamica per il sollevamento a terra.

Si applica sul fasciame inferiore piano, la pressione dovuta a 30 cm di acqua, in considerazione del fatto che prima della partenza si aspetti il deflusso, ma che parziali occlusioni possano impedire il completo svuotamento.

La verifica finale in fase di sollevamento è effettuata applicando le tre componenti delle accelerazioni e utilizzando il modello tridimensionale ad elementi finiti dell'intera paratoia, nel quale sono state descritte in dettaglio le feritoie in cui ingaggiano i twist-locks del telaio pescatore ed i ricettacoli che alloggiavano gli stessi.

La struttura è vincolata in corrispondenza dei punti di sospesa

Per indicazioni di dettaglio sulle condizioni di vincolo e per le analisi si veda il documento MV080P-PE-MAR-2007.




Direzione di incidenza dell'onda [°]	$a_x$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_y$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_z$ [m/s <sup>2</sup> ]
(Asse X) 90°	0.50	1.27	0.90
135°	0.42	0.97	0.64
(Asse Y) 180°	0.00	2.00	2.10

TAB. 11.1 – ACCELERAZIONI MASSIME IN CORRISPONDENZA DEL CENTRO DELLA PARATOIA DURANTE IL TRASPORTO A MEZZO JACK-UP

### 11.3.2. Carichi applicati

Vengono considerati agenti sulla parotia

- Peso proprio e allestimenti
- Peso connettori (esclusa condizione T.1b)
- Peso acqua residua (esclusa condizione T.1b)

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 173
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Peso fouling (esclusa condizione T.1b)
- Accelerazioni (durante il trasporto)
- Variazioni termiche (condizioni T.3)

Nel peso proprio della paratoia vengono considerati il peso della struttura (distribuito uniformemente) e il peso dell'allestimento suddiviso in due gruppi (pesi che possono essere considerati distribuiti uniformemente nelle varie aree della paratoia e pesi concentrati solo in alcune zone).


Il peso dei connettori viene considerato come forza concentrata in corrispondenza dell'asse del perno dei connettori e il peso del fouling è distribuito sui fasciami esterni.

Per tener conto di un'eventuale ritardo del defluire dell'acqua all'interno della paratoia, si considera la presenza di acqua residua sul fondo della paratoia: in fase di sollevamento per un'altezza pari a 60 cm, in fase di trasporto per un'altezza pari a 30 cm.

Le massime accelerazioni, in corrispondenza del baricentro della paratoia, derivano dall'analisi dinamica del mezzo per la sostituzione delle paratoie (Jack-up) e danno luogo a forze inerziali: si applicano a tutte le masse i carichi inerziali dovuti a tutte le componenti delle accelerazioni per ogni direzione dell'onda incidente.

Nella condizione di trasporto mediante jack-up in navigazione si considerano anche combinazioni con le seguenti variazioni termiche.


- Variazione termica uniforme su tutti i componenti, escluso fasciame superiore, di +20 °C e variazione termica fasciame superiore di +30 °C;
- Variazione termica uniforme su tutti i componenti di -20 °C.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 174
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 11.3.3. Combinazioni di carico

Descrizione	Cond.	Carichi Agenti	Vincoli
Sollevamento	T.1a	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 60 cm acqua residua	Sospensione ai 4 punti di aggancio (twist lock)
	T.1b	Peso proprio paratoia senza connettori senza supporti elastici senza fouling (pulita) senza acqua residua (asciutta)	
Sollevamento e trasporto con Jack-up	T.2	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 30 cm acqua residua Carichi inerziali di trasporto	
	T.2a	90° ax>0	
	T.2b	135° ax>0	
	T.2c	180° ax=0	
	T.2d	90° ax<0	
T.2e	135° ax<0		
Sollevamento e trasporto con Jack-up Con termiche	T.3	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 30 cm acqua residua Variazione termica uniforme su tutti i componenti escluso fasciame superiore +20°C Variazione termica fasciame superiore +30°C Carichi inerziali di trasporto	
	T.3a	90° ax>0	
	T.3b	135° ax>0	
	T.3c	180° ax=0	
	T.3d	90° ax<0	
T.3e	135° ax<0		

TAB. 11.2 – COMBINAZIONI DI CARICO IN SOLLEVAMENTO E TRASPORTO

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 175
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 11.3.4. Verifiche tensionali

Le condizioni di trasporto sono in generale più gravose di quelle in sollevamento.

Le combinazioni T.3 con variazioni termiche non evidenziano significative variazioni rispetto alle corrispondenti combinazioni T.2.

Le verifiche tensionali restituiscono in generale valori molto bassi delle sollecitazioni, come si può vedere dall'immagine delle tensioni sotto riportata.

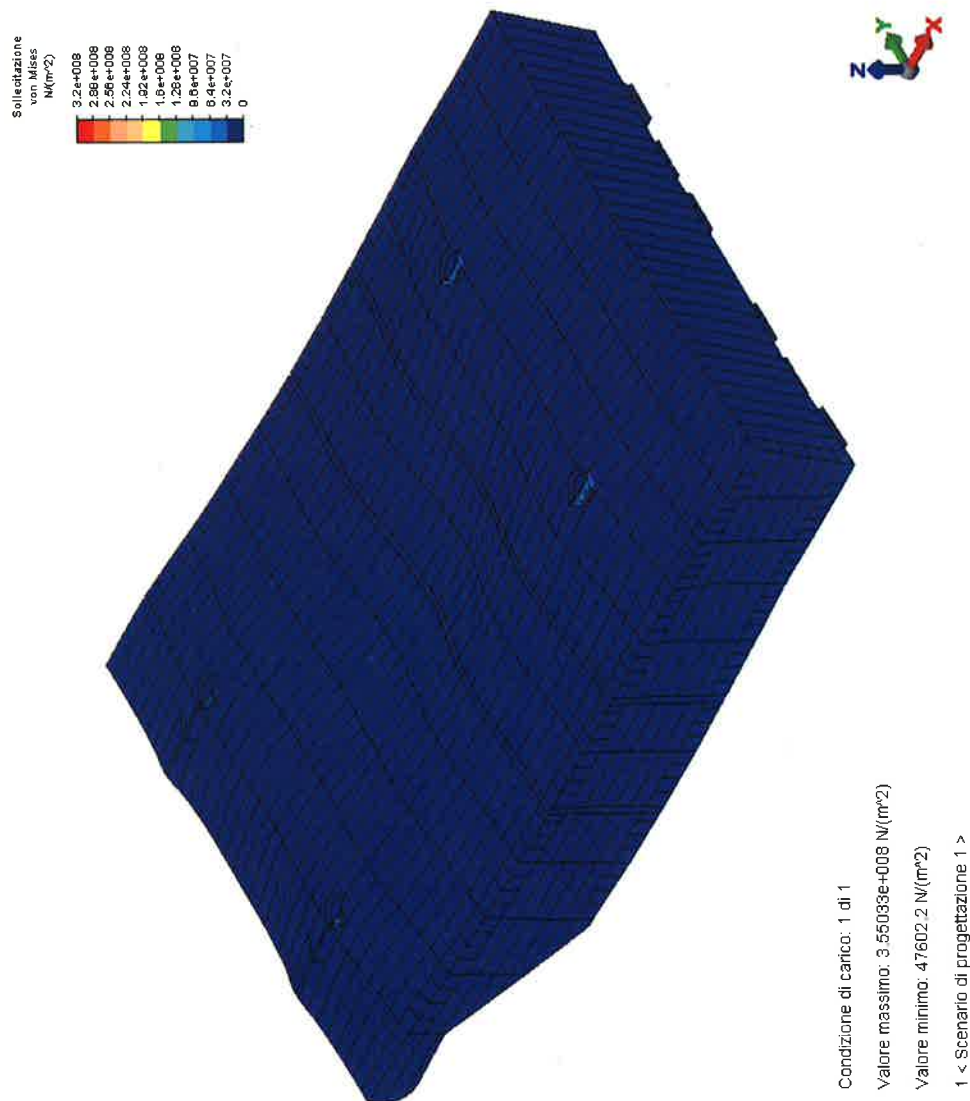



FIG. 11.11 – CONDIZIONE T2.c – TENSIONI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 176
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Picchi di sollecitazione si incontrano solo puntualmente in una delle due cave anteriori, in corrispondenza dei nodi di vincolo alla traslazione in X, con sovratensioni del 10%-14% nelle condizioni T.1a, T.2a, T.2d, T.3a e T.3d e circa del 40% nelle condizioni T.2c (illustrata in figura) e T.3c.

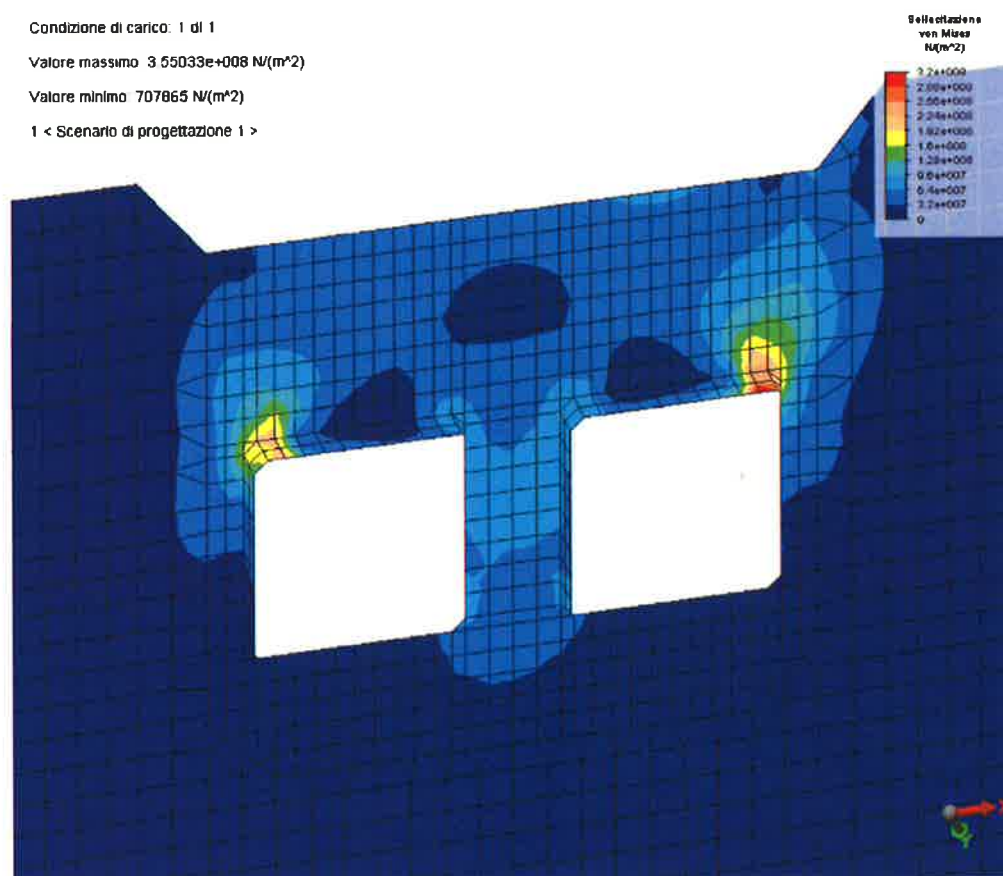



FIG. 11.12 – CONDIZIONE T2.c – SOVRATENSIONE NELLA CAVA ANTERIORE CON VINCOLO PERFETTAMENTE RIGIDO

I vincoli in X non tengono infatti conto dell'attrito della struttura su tutta la superficie di appoggio sui twist-lock e della deformabilità del telaio pescatore, che permette piccoli spostamenti lungo gli assi X e Y, direzioni nelle quali sono stati imposti invece vincoli perfettamente rigidi.



	Rev.:	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 177
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Un esame più approfondito, attraverso analisi aggiuntive, ha permesso di rilevare che, introducendo la possibilità di un minimo rilassamento del vincolo nella sola direzione X, giustificato dal fatto che il telaio di sospensione non ha rigidità infinita, le tensioni decadono sensibilmente: con spostamenti relativi tra le due cave inferiori al millimetro la tensione massima di 355 N/mm<sup>2</sup> si riduce a 297 N/mm<sup>2</sup> (si veda la figura seguente), superiore circa del 18% all'ammissibile ma lontana dal limite di snervamento. In considerazione delle ipotesi conservative sul vincolo (assenza di attriti) e della ridottissima estensione dell'area interessata, si considera accettabile il risultato.

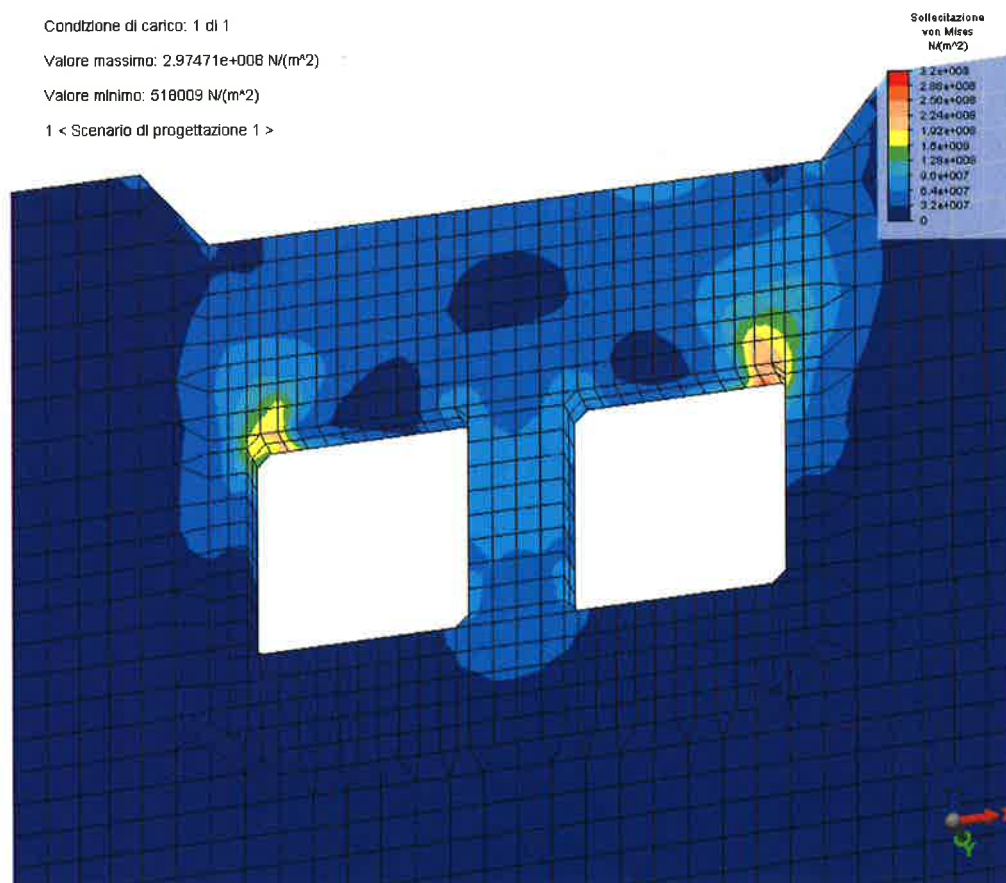



FIG. 11.13 – CONDIZIONE T2.c – SOVRATENSIONE NELLA CAVA ANTERIORE CON VINCOLO MODIFICATO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 178
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Nella tabella seguente si riportano i risultati tensionali, espressi come rapporto tra la tensione massima e la tensione ammissibile per ogni tipo di componente della struttura, così come calcolati con l'assunzione di vincoli perfettamente rigidi.



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 179
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE		

Funzione	posizione/elemento	Sp. lordo (mm)	materiale	T.1a h=1,55	T.1b h=1,25	T.2a h=1,25	T.2b h=1,25	T.2c h=1,25	T.2d h=1,33	T.2e h=1,55	NOTE
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	S275J0	0,38	0,24	0,43	0,39	0,52	0,43	0,40	(*) i valori sono inferiori a 1 considerando il vincolo non perfettamente rigido
	inferiore	9-12-13	S275J0	0,12	0,06	0,10	0,09	0,11	0,09	0,09	
	laterale	9-12-13	S275J0	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	
	posteriore	9-13	S275J0	0,14	0,14	0,16	0,15	0,17	0,15	0,15	
	anteriore	13	S275J0	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	
Fasciami interni	ossatura 01	9	S275J0	0,13	0,09	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	# il valore si riduce a circa 1,18 considerando il vincolo non perfettamente rigido
	inferiore sotto pinna	20	S275J0	0,11	0,06	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	
	tipici	10-12-15	S275J0	0,24	0,14	0,21	0,20	0,24	0,21	0,20	
	irrigidimenti pinne	20	S275J0	0,11	0,06	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	
	zone recessi twist lock	30	S275J2	0,16	0,09	0,13	0,13	0,15	0,14	0,13	
Rinforzi ordinari	zone recessi twist lock	60	S355K2	1,14 (*)	0,72	1,08 (*)	0,98	1,41 (#)	1,11 (*)	1,00	I risultati per le condizioni T.3 sono simili a quelli per le corrispondenti condizioni T.2
	pinna	180	S355K2	0,06	0,05	0,06	0,06	0,68	0,06	0,06	
	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	S275J0	0,11	0,06	0,13	0,11	0,18	0,13	0,11	
	piatti fasciame posteriore	12-15	S275J0	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	S275J0	0,13	0,07	0,10	0,10	0,12	0,11	0,11	
Squadre	spigoli	10	S275J0	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	I risultati per le condizioni T.3 sono simili a quelli per le corrispondenti condizioni T.2
Piatte rinforzo fori	paratie longitudinali	11	S275J0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	ossatura 02	10-12	S275J0	0,09	0,06	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08	
	ossatura 03	10-12	S275J0	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	
	ossatura 04	10-12	S275J0	0,16	0,06	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	
	ossatura 05	10-12	S275J0	0,19	0,07	0,15	0,14	0,16	0,15	0,14	
Telai rinforzati	ossatura 06	10-12	S275J0	0,18	0,07	0,14	0,13	0,15	0,14	0,13	I risultati per le condizioni T.3 sono simili a quelli per le corrispondenti condizioni T.2
	ossatura 07	12-14	S275J0	0,15	0,07	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	
	ossatura 08	12-14	S275J0	0,17	0,09	0,14	0,13	0,15	0,14	0,13	
	ossatura 09	12-14	S275J0	0,26	0,16	0,24	0,23	0,26	0,24	0,23	
	ossatura 10	12-14	S275J0	0,13	0,07	0,11	0,10	0,12	0,11	0,10	
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	12-14	S275J0	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	I risultati per le condizioni T.3 sono simili a quelli per le corrispondenti condizioni T.2
	diaframma centrale	10-12-14	S275J0	0,19	0,09	0,15	0,14	0,17	0,15	0,15	
	ossatura 11	10	S275J0	0,10	0,05	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	
		10	S275J0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		20	S275J0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	

TAB. 1.1.3 – CONDIZIONI DI SOLLEVAMENTO E TRASPORTO – RAPPORTI TRA TENSIONE VON MISES MASSIMA E TENSIONE AMMISSIBILE

### 11.3.5. Reazioni vincolari

Si riportano le reazioni vincolari per tutte le condizioni esaminate.

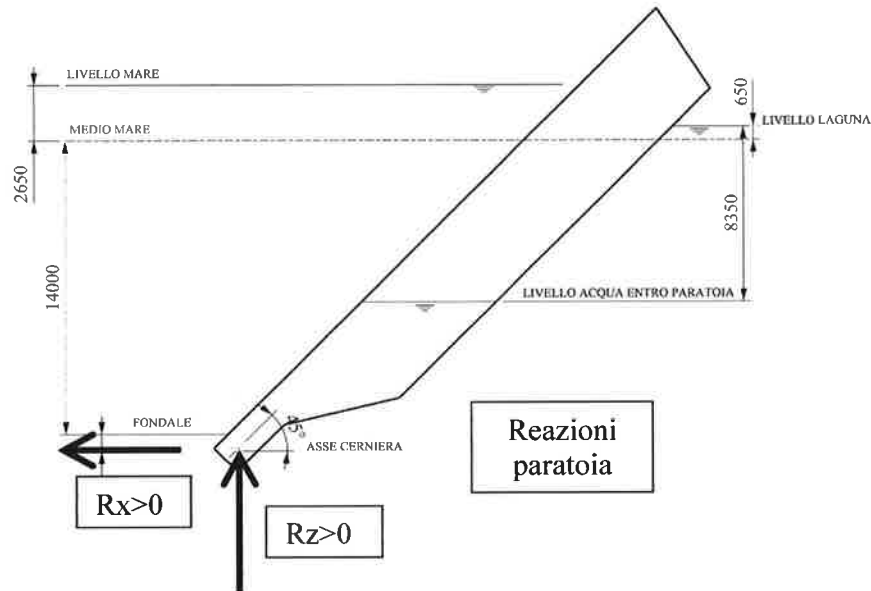



FIG. 11.14 - CONVENZIONI DI SEGNO PER LE REAZIONI DELLA PARATOIA

REAZIONI (kN)	Combinazione T.1a			Combinazione T.1b		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	290	10	1032	104	5	535
Twist-lock posteriore sinistro	290	-10	1032	104	-5	535
Twist-lock anteriore destro	-290	6	2201	-104	7	1057
Twist-lock anteriore sinistro	-290	-6	2201	-104	-7	1057

TAB. 11.4 – CONDIZIONI DI SOLLEVAMENTO - REAZIONI VINCOLARI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 181
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

REAZIONI (kN)	Combinazione T.2a			Combinazione T.2b		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	238	112	921	228	88	908
Twist-lock posteriore sinistro	271	92	985	253	68	957
Twist-lock anteriore destro	-173	165	1821	-171	129	1789
Twist-lock anteriore sinistro	-136	137	1916	-143	102	1863
REAZIONI (kN)	Combinazione T.2c					
	Rx	Ry	Rz			
Twist-lock posteriore destro	208	172	983			
Twist-lock posteriore sinistro	271	149	1083			
Twist-lock anteriore destro	-275	250	2007			
Twist-lock anteriore sinistro	-204	218	2153			
REAZIONI (kN)	Combinazione T.2d			Combinazione T.2e		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	141	112	905	147	87	895
Twist-lock posteriore sinistro	174	93	969	171	69	944
Twist-lock anteriore destro	-276	165	1837	-257	130	1803
Twist-lock anteriore sinistro	-239	137	1932	-229	102	1876

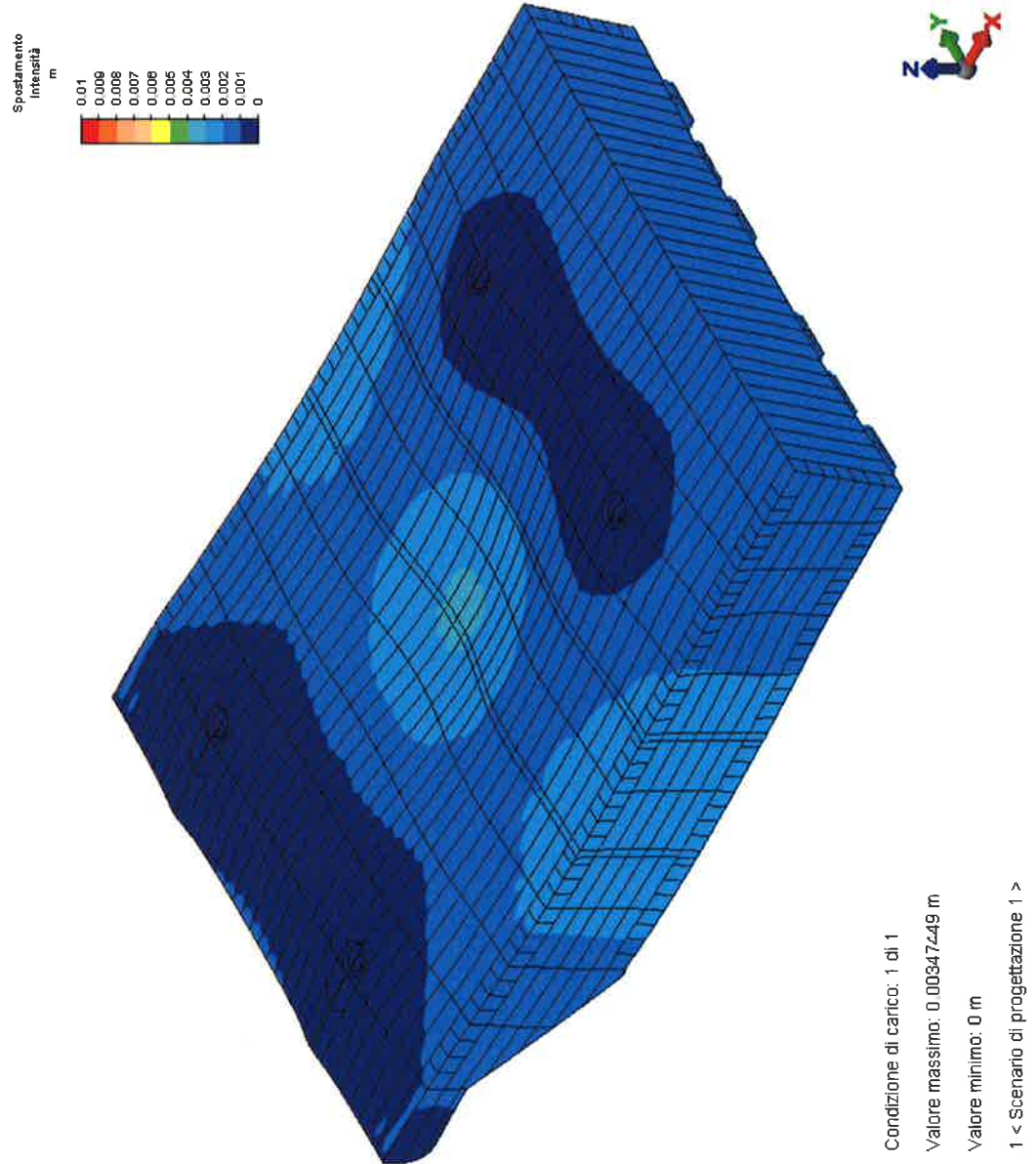
TAB. 11.5 – CONDIZIONI DI TRASPORTO - REAZIONI VINCOLARI

### 11.3.6. Deformazioni

Si riportano nelle figure successive le deformazioni della paratoia nelle tre condizioni rappresentative:

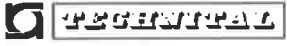
- T.1a (sollevamento con massimo carico,
- T.2c (trasporto con onda 180°)
- T.3c (trasporto con onda 180° + variazioni termiche +20°C / +30°C)

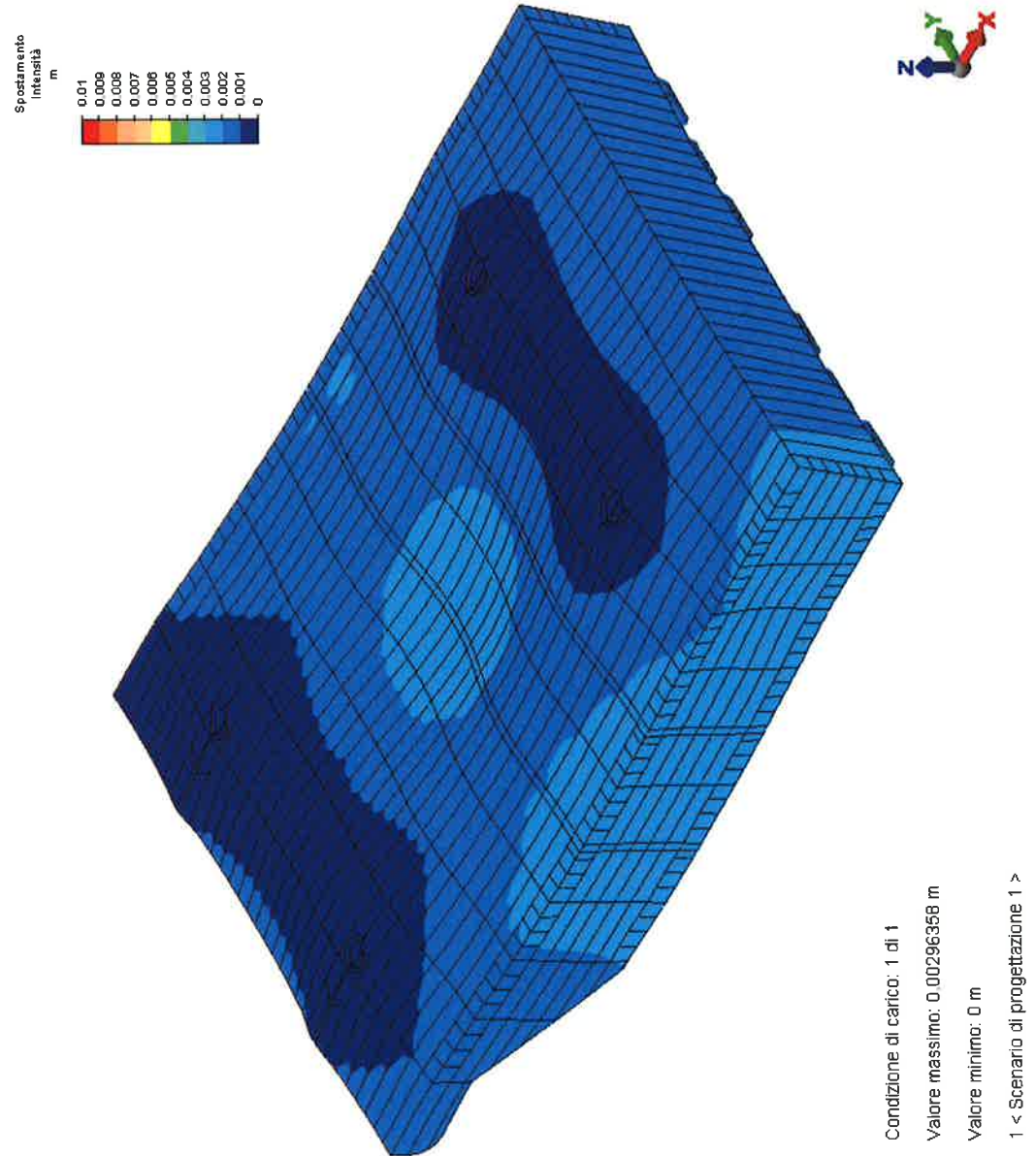
Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 182
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	



TAB. 11.6 – CONDIZIONI DI SOLLEVAMENTO T.1A (MASSIMO CARICO)  
 DEFORMAZIONI

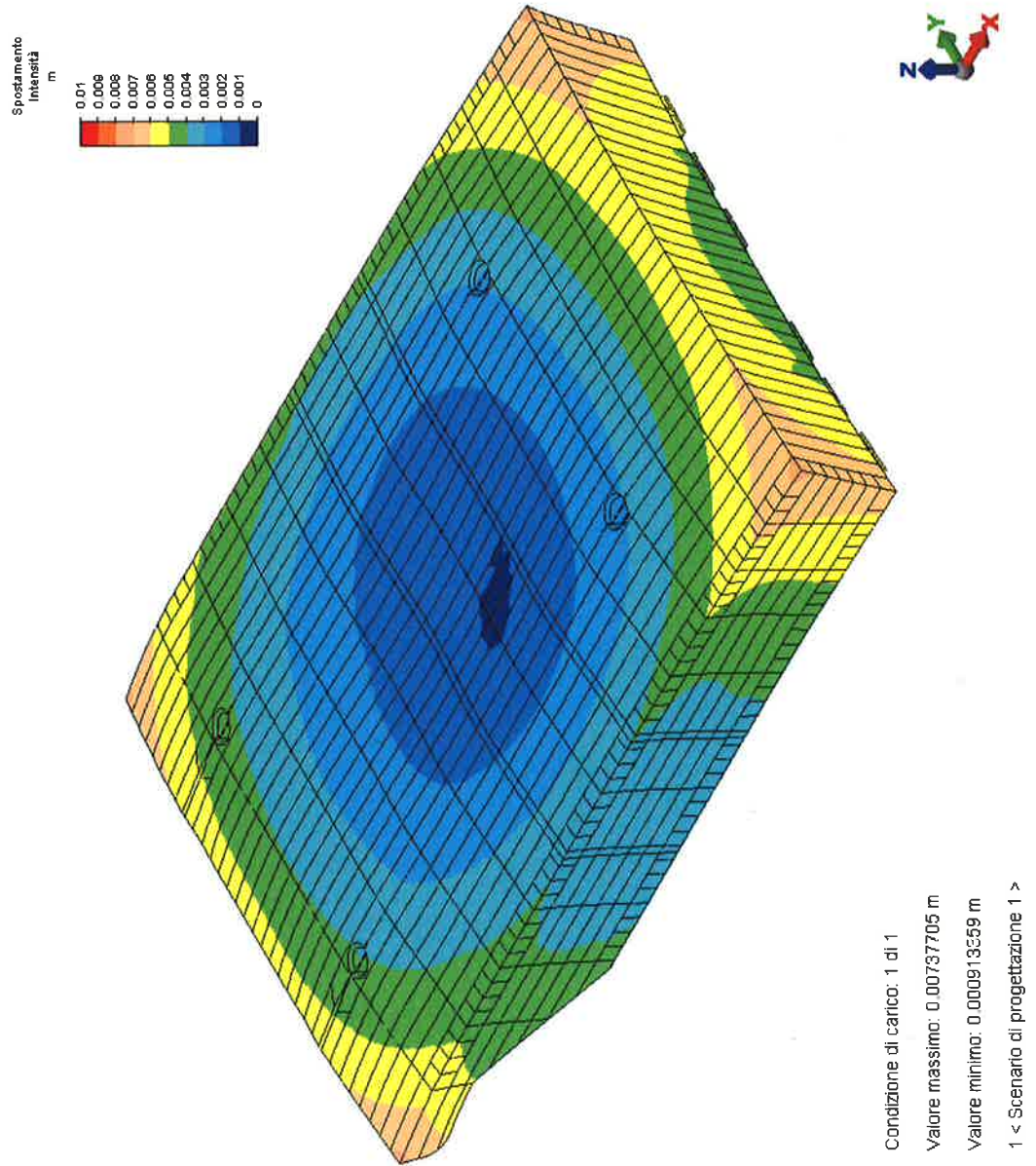


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 183
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	



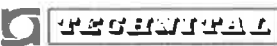
TAB. 11.7 – CONDIZIONI DI TRASPORTO T.2c (ONDA 180°)- DEFORMAZIONI

Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 184
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	



TAB. 11.8 – CONDIZIONI DI TRASPORTO T.3c (ONDA 180° + TERMICHE)- DEFORMAZIONI



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 185
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 11.4. Supportazione a terra in cantiere

### 11.4.1. Definizione delle condizioni di appoggio

Durante le varie fasi di manutenzione in cantiere la paratoia sarà supportata su appositi appoggi concentrati, disposti sul piano cantiere o sui mezzi di movimentazione. Non essendo completamente definiti né i mezzi né il cantiere e la relativa attrezzatura, la struttura della paratoia è stata verificata assumendo una disposizione convenzionale, con quattro supporti disposti in corrispondenza degli incroci fra due strutture trasversali rinforzate e le due paratie di sbattimento longitudinali in corrispondenza dei connettori. Sono previsti anche schemi aggiuntivi, dove i due appoggi anteriori sono in corrispondenza delle strutture di supporto degli ammortizzatori.

Gli schemi considerati sono illustrati nelle figure sottostanti.

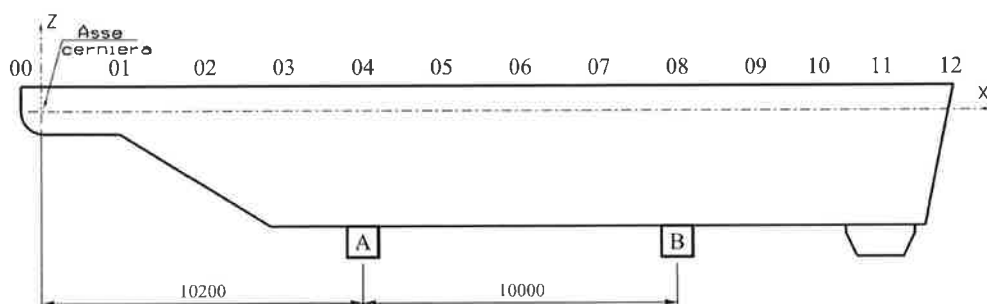


FIG. 11.15 – APPOGGI PRINCIPALI

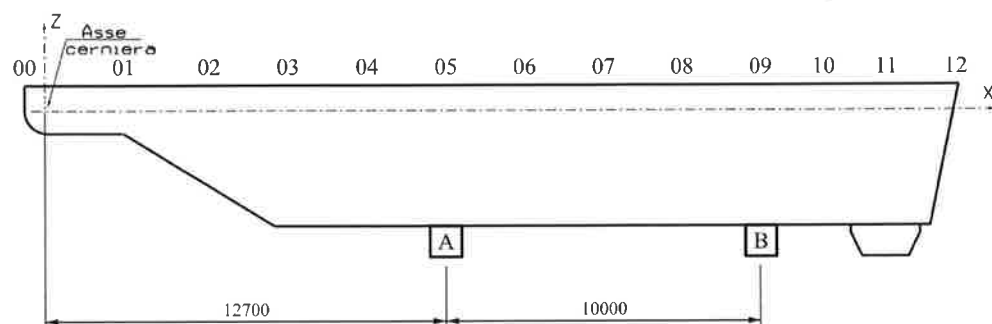



FIG. 11.16 – APPOGGI SECONDARI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 186
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Le taccate sono state considerate trasversalmente come indicato nella successiva figura.

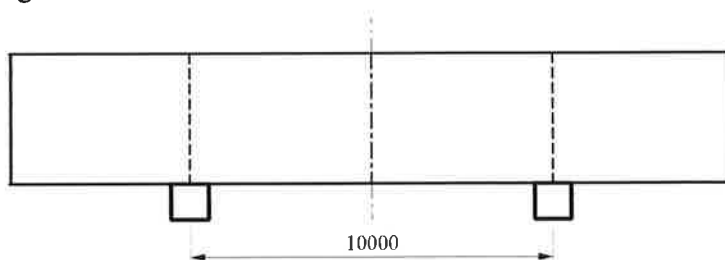


FIG. 11.17 – POSIZIONE TRASVERSALE TACCATE

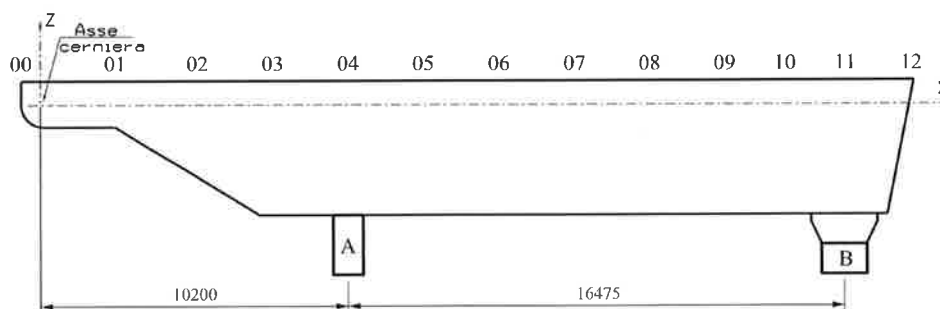


FIG. 11.18 – SCHEMA AGGIUNTIVO PRINCIPALE  
APPOGGIO SU TACCATE E SUPPORTI PARABORDI

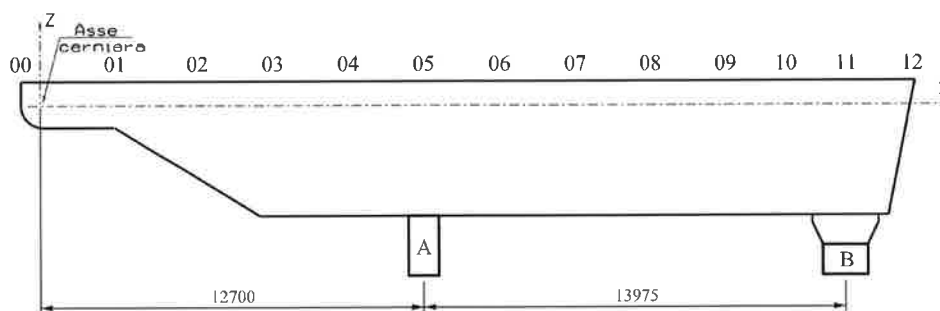



FIG. 11.19 – SCHEMA AGGIUNTIVO SECONDARIO  
APPOGGIO SU TACCATE E SUPPORTI PARABORDI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 187
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

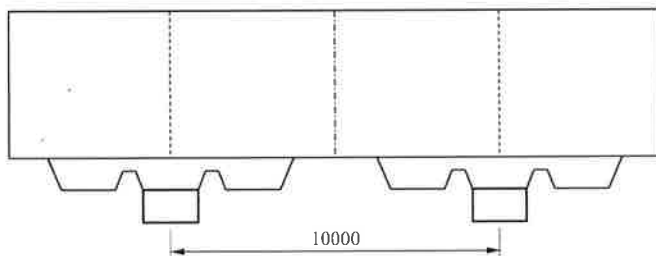


FIG. 11.20 - SCHEMA AGGIUNTIVO  
 POSIZIONE TRASVERSALE TACCATE ANTERIORI SU SUPPORTI PARABORDI

Successivamente al predimensionamento riportato in MV080P-PE-MAR-2001, la paratoia è stata analizzata utilizzando il modello completo 3D, adottando vincoli di appoggio superficiale alle taccate di supporto.

Le analisi sono riportate nel documento MV080P-PE-MAR 2020.

#### 11.4.2. Carichi applicati


Vengono considerati agenti sulla paratoia

- Peso proprio paratoia allestita
- Peso componente maschio dei connettori e appoggi elastici
- Peso fouling
- Variazioni termiche

Nel peso proprio della paratoia vengono considerati il peso della struttura (distribuito uniformemente) e il peso dell'allestimento suddiviso in due gruppi (pesi che possono essere considerati distribuiti uniformemente nelle varie aree della paratoia e pesi concentrati solo in alcune zone).

Il peso dei connettori viene considerato come forza concentrata in corrispondenza dell'asse del perno dei connettori, il peso degli appoggi elastici è stato inserito come forze concentrate nei nodi in corrispondenza della piattabanda del telaio di supporto e il peso del fouling è distribuito sui fasciami esterni.

Le variazioni termiche considerate sono:

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 188
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Variazione termica uniforme su tutti i componenti, escluso fasciame superiore, di +20 °C e variazione termica fasciame superiore di +30 °C;
- Variazione termica uniforme su tutti i componenti di -20 °C.

#### 11.4.3. Combinazioni di carico

Si considerano le condizioni di appoggio S.1 ed S.2, rispettivamente sullo schema principale e sullo schema secondario, con il massimo carico (paratoia completamente allestita e incrostata), senza variazioni termiche e con variazioni termiche.

Le due condizioni base sono esaminate anche considerando il cedimento di uno dei quattro appoggi. Il cedimento dell'appoggio è stato schematizzato eliminando completamente uno dei due appoggi meno sollecitati.


Infatti, poiché il baricentro della paratoia si trova più vicino agli appoggi più sollecitati, il cedimento di uno di questi due appoggi comporta la rotazione della paratoia, così che la paratoia torna ad appoggiarsi sull'appoggio che ha ceduto, scaricando uno dei due appoggi meno sollecitati.

La condizione di perdita di uno degli appoggi meno sollecitati descrive pertanto la situazione relativa al cedimento di uno qualsiasi degli appoggi.

Le condizioni S.3 sono relative alla paratoia sullo schema principale nella fase finale dell'allestimento: la paratoia è pulita, senza connettori e senza supporti elastici. Esse descrivono le condizioni della paratoia pronta per il montaggio dei maschi. Questi vengono aggiunti in successione nelle condizioni S.4.


Le condizioni S.5 ed S.6 intendono verificare, anche per la paratoia con il massimo peso (completamente allestita e incrostata) la possibilità di adottare anche altri schemi di appoggio (analoghi a quelli considerati per le paratoie di Treporti), in cui si adottino due taccate posteriori e si utilizzino come appoggi anteriori i telai di supporto degli appoggi elastici.

Le condizioni esaminate sono riportate nella tabelle seguenti.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 189
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Paratoia allestita incrostata	Schema principale 4 appoggi su taccate	S.1a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
		S.1b	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
			Variazione termica uniforme su tutti i componenti +20°C escluso fasciame superiore
			Variazione termica su fasciame superiore +30°C
	S.1c	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici	
		Peso fouling	
	Schema principale 4 appoggi su taccate perdita di un appoggio	S.1d	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
S.2a		Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici	
		Peso fouling	
Paratoia allestita incrostata	Schema secondario 4 appoggi su taccate	S.2b	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
			Variazione termica uniforme su tutti i componenti +20°C escluso fasciame superiore
			Variazione termica su fasciame superiore +30°C
		S.2c	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
	Schema secondario 4 appoggi su taccate perdita di un appoggio	S.2d	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling

TAB. 11.9 – COMBINAZIONI DI CARICO IN APPOGGIO S.1 E S.2  
PARATOIA ALLESTITA INCROSTATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 190
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Paratoia allestita pulita senza connettori e senza supporti elastici	Schema principale 4 appoggi su taccate	S.3a	Peso paratoia allestita pulita, senza connettori senza supporti elastici
		S.3b	Peso paratoia allestita pulita, senza connettori senza supporti elastici Variazione termica uniforme su tutti i componenti +20°C escluso fasciame superiore Variazione termica su fasciame superiore +30°C
		S.3c	Peso paratoia allestita pulita, senza connettori senza supporti elastici Variazione termica uniforme su tutti i componenti -20°C
Paratoia allestita pulita senza supporti elastici. Montaggio connettori	Schema principale 4 appoggi su taccate	S.4a	Peso paratoia allestita pulita senza supporti elastici con 1 connettore
		S.4b	Peso paratoia allestita pulita senza supporti elastici con 2 connettori
Paratoia allestita incrostata	Schema aggiuntivo principale 2 taccate + 2 supporti	S.5a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici Peso fouling
Paratoia allestita incrostata	Schema aggiuntivo secondario 2 taccate + 2 supporti	S.6a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici Peso fouling

TAB. 11.10 – COMBINAZIONI DI CARICO IN APPOGGIO S.3, S.4, S.5 E S.6

#### 11.4.4. Verifiche tensionali

La struttura risulta in generale poco sollecitata, con tensioni apprezzabili solo per i fasciami interni, in corrispondenza dei quali si trovano i punti di appoggio.

Le tensioni sono sempre più contenute per gli schemi principali, rispetto agli schemi secondari di supportazione. La perdita di un appoggio non comporta situazioni particolarmente critiche.


Le tensioni sono riportate nella tabella seguente, espressi come rapporto tra la tensione massima e la tensione ammissibile per ogni tipo di componente della struttura, dove si evidenzia come i componenti più sollecitati siano.



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 191
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE		

Funzione	posizione/elemento	Sp. lordo (mm)	materiale	S.1a h=1,55	S.1b h=1,55	S.1c h=1,55	S.1d h=1,25	S.2a h=1,55	S.2b h=1,55	S.2c h=1,55	S.2d h=1,25	S.5a h=1,55	S.6a h=1,55
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	S275J0	0,15	0,26	0,15	0,16	0,15	0,25	0,15	0,13	0,15	0,15
	inferiore	9-12-13	S275J0	0,49	0,54	0,52	0,79	0,66	0,70	0,66	0,72	0,67	0,72
	laterale	9-12-13	S275J0	0,10	0,28	0,10	0,08	0,09	0,28	0,10	0,08	0,10	0,10
	posteriore	9-13	S275J0	0,16	0,30	0,16	0,14	0,16	0,30	0,16	0,13	0,16	0,16
	anteriore	13	S275J0	0,05	0,12	0,04	0,07	0,04	0,12	0,03	0,06	0,05	0,05
Fasciami interni	ossatura 01	9	S275J0	0,05	0,22	0,05	0,15	0,05	0,22	0,05	0,07	0,06	0,05
	inferiore sotto pinna	20	S275J0	0,10	0,15	0,11	0,11	0,10	0,15	0,09	0,08	0,10	0,10
	tipici	10-12-15	S275J0	0,55	0,60	0,64	0,88	0,81	0,81	0,82	0,88	0,75	0,89
	irrigidimenti pinne	20	S275J0	0,08	0,15	0,08	0,08	0,08	0,15	0,08	0,07	0,08	0,08
	zone recessi twist lock	30	S275J2	0,08	0,13	0,08	0,11	0,07	0,11	0,07	0,06	0,07	0,07
Rinforzi ordinar	zone recessi twist lock	60	S355K2	0,12	0,18	0,11	0,15	0,09	0,17	0,09	0,08	0,09	0,09
	pinna	180	S355K2	0,07	0,10	0,07	0,06	0,07	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07
	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	S275J0	0,14	0,17	0,17	0,19	0,13	0,16	0,15	0,14	0,16	0,14
	piatti fasciame posteriore	12-15	S275J0	0,07	0,26	0,07	0,08	0,07	0,26	0,07	0,06	0,07	0,07
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	S275J0	0,28	0,31	0,33	0,38	0,28	0,30	0,27	0,28	0,30	0,30
Squadre	spigoli	10	S275J0	0,17	0,19	0,21	0,24	0,15	0,18	0,16	0,16	0,19	0,15
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	S275J0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Telai rinforzati	ossatura 02	10-12	S275J0	0,12	0,19	0,12	0,20	0,13	0,19	0,12	0,14	0,14	0,13
	ossatura 03	10-12	S275J0	0,24	0,29	0,25	0,32	0,26	0,30	0,26	0,26	0,26	0,26
	ossatura 04	10-12	S275J0	0,66	0,70	0,64	1,00	0,20	0,21	0,21	0,19	0,91	0,21
	ossatura 05	10-12	S275J0	0,17	0,23	0,14	0,21	0,98	1,02	0,97	1,09	0,19	1,07
	ossatura 06	10-12	S275J0	0,15	0,22	0,13	0,15	0,20	0,26	0,18	0,19	0,14	0,21
	ossatura 07	12-14	S275J0	0,14	0,21	0,12	0,13	0,15	0,21	0,13	0,13	0,09	0,14
	ossatura 08	12-14	S275J0	0,53	0,56	0,52	0,88	0,10	0,16	0,08	0,08	0,07	0,09
	ossatura 09	12-14	S275J0	0,12	0,21	0,13	0,17	0,26	0,29	0,26	0,40	0,06	0,07
	ossatura 10	12-14	S275J0	0,06	0,12	0,07	0,08	0,06	0,12	0,06	0,06	0,06	0,05
	ossatura 11	12-14	S275J0	0,04	0,12	0,04	0,06	0,04	0,12	0,04	0,05	0,07	0,05
	diaframma centrale	10-12-14	S275J0	0,12	0,21	0,09	0,11	0,17	0,22	0,16	0,14	0,11	0,17
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	S275J0	0,05	0,11	0,05	0,08	0,05	0,11	0,04	0,06	0,24	0,18
		10	S275J0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		20	S275J0	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,10	0,08

TAB. 1.1.11 – CONDIZIONI DI APOGGIO – RAPPORTI TRA TENSIONE VON MISES MASSIMA E TENSIONE AMMISSIBILE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 192
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Si riscontrano tre casi di sovra-tensione, limitati a piccole zone:


- condizione S.2b in corrispondenza dell'incrocio fra il diaframma longitudinale e il telaio rinforzato trasversale, dove la tensione massima è di  $177 \text{ N/mm}^2$ , con una modestissima sovra-tensione del 2%, del tutto trascurabile;
- condizione S.2d (con perdita di un appoggio) in corrispondenza dell'incrocio fra il diaframma longitudinale e il telaio rinforzato trasversale, dove la tensione massima è superiore alla tensione ammissibile del 9%;
- condizione S.6a (per uno schema aggiuntivo non preferibile) in corrispondenza dell'incrocio fra il diaframma longitudinale e il telaio rinforzato trasversale, dove la tensione massima è superiore alla tensione ammissibile del 7%

Tenendo conto che le sovra-tensioni sono concentrate in un'area molto piccola, si mantengono significativamente entro il limite di comportamento elastico, che sono dovute al massimo carico verticale (paratoia completamente incrostata e con i connettori montati, condizione nella quale la paratoia resta per un breve periodo) e che sono relative a condizioni particolari (perdita di un appoggio e schema aggiuntivo non raccomandato), i risultati ottenuti si considerano accettabili.

Lo schema principale è quello raccomandato, in particolare per le operazioni di maggior durata e per la paratoia completamente allestita e incrostata.

Per la condizione S.2b si riportano le immagini significative delle tensioni.



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 193
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

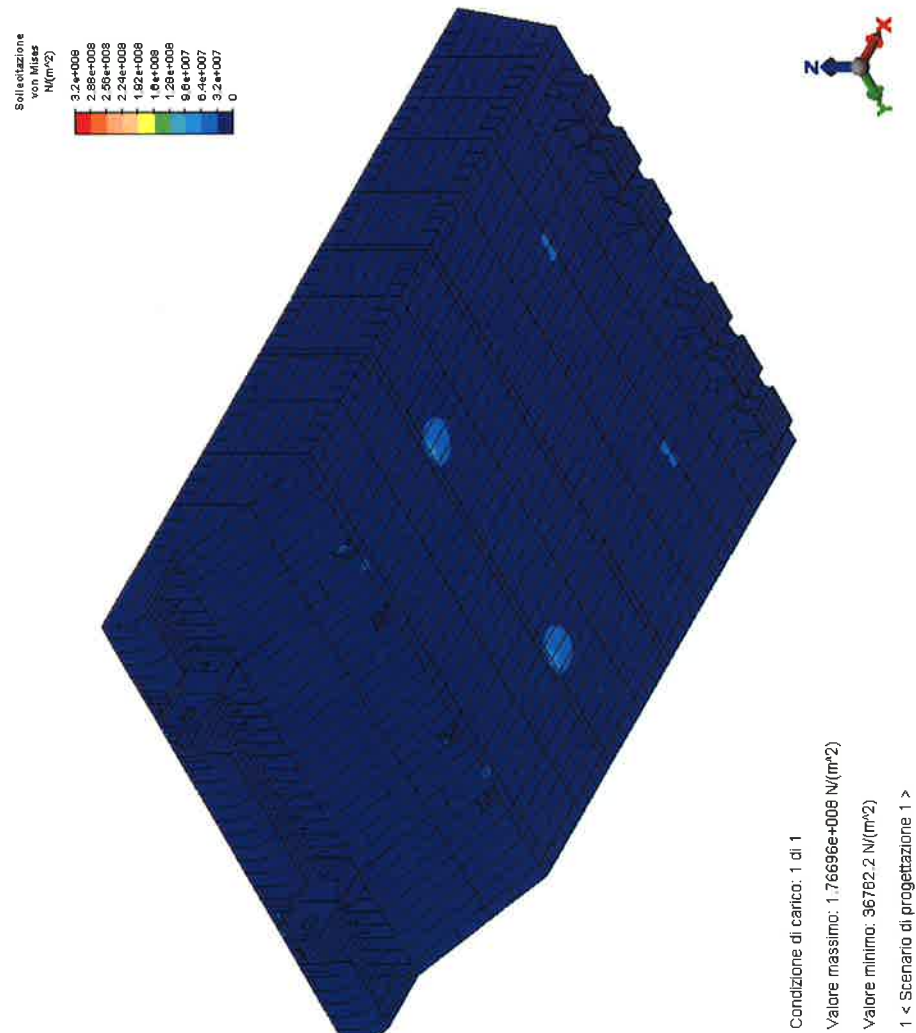


FIG. 11.21 – CONDIZIONE DI APPOGGIO T.2B- TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES - FASCIAME INFERIORE

Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 194
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

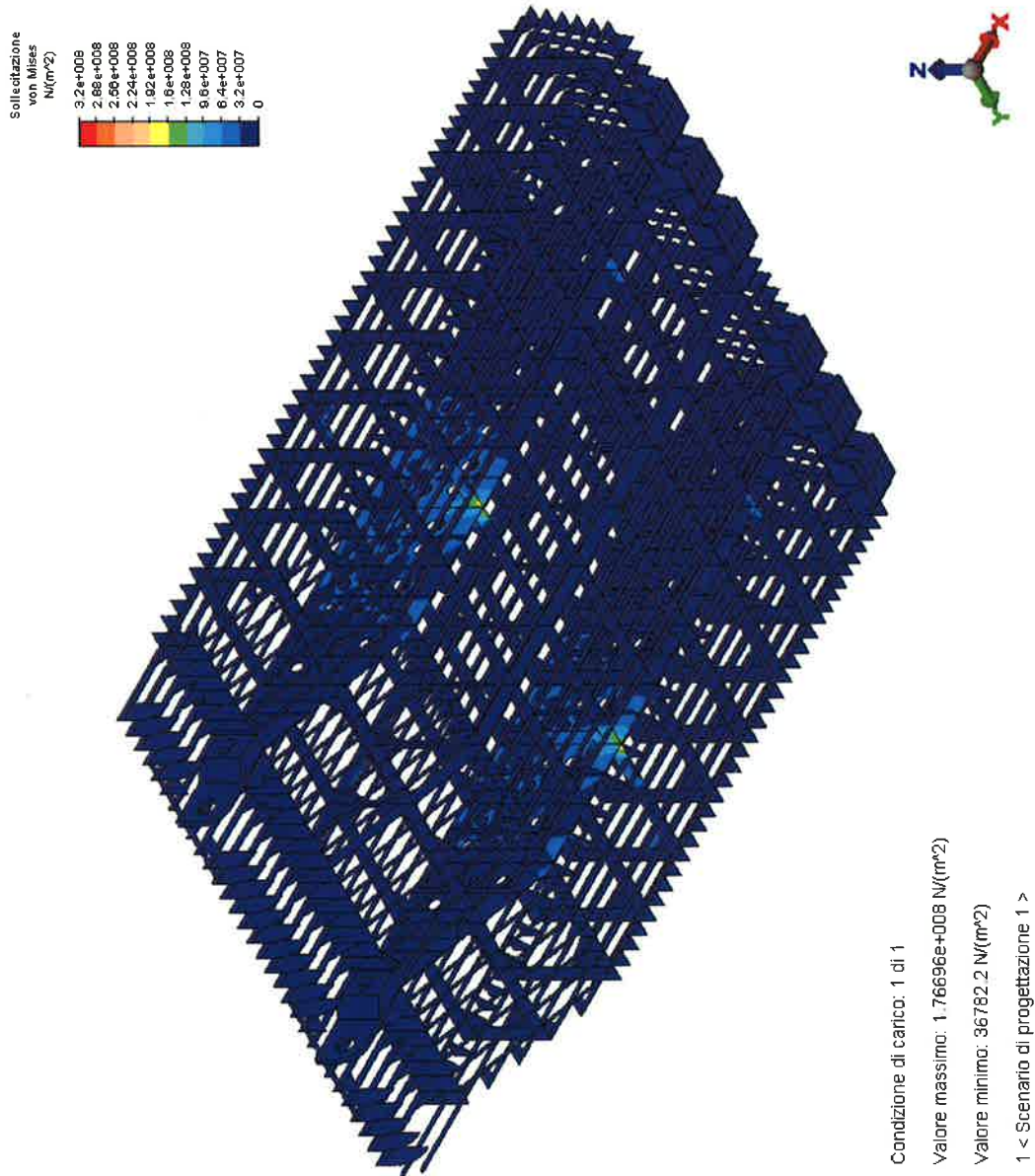



FIG. 11.22 – CONDIZIONE DI APPOGGIO T.2B- TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES - IRRIGIDIMENTI

#### 11.4.5. Reazioni vincolari

Si riportano le sole reazioni verticali  $R_z$  sulla paratoia, derivate dalle reazioni vincolari alla base delle taccate, che sono bloccate alle tre traslazioni  $x$ ,  $y$  e  $z$ . La paratoia è stata infatti considerata appoggiata sulle taccate (nessun vincolo per i nodi

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 195
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

di contatto paratoia/taccata tramite l'opzione di contatto superficiale fra i due elementi che permette eventuali distacchi), soggetta a trascurabili forze di attrito (utilizzo di appoggi teflonati).

REAZIONI Rz (kN)	Schema principale		Schema secondario		Schemi aggiunti	
	S.1a, b, c	S.1d	S.2a, b, c	S.2d	S.5a	S.6a
Appoggio posteriore sinistro	979	-	1473	1967	1365	1607
Appoggio posteriore destro	979	1957	1473	979	1365	1607
Appoggio anteriore sinistro	996	1961	502	0	612	371
Appoggio anteriore destro	996	32	502	1004	612	371

TAB. 11.12 – CONDIZIONI DI APPOGGIO – REAZIONI PARATOIA ALLESTITA INCROSTATATA


REAZIONI Rz (kN)	Senza connettori e senza supporti elastici	Senza supporti elastici con 1 connettore	Senza supporti elastici con 2 connettori
	S.3a, b, c	S.4a	S.4b
Appoggio posteriore sinistro	689	833	912
Appoggio posteriore destro	689	768	912
Appoggio anteriore sinistro	903	869	791
Appoggio anteriore destro	903	825	791

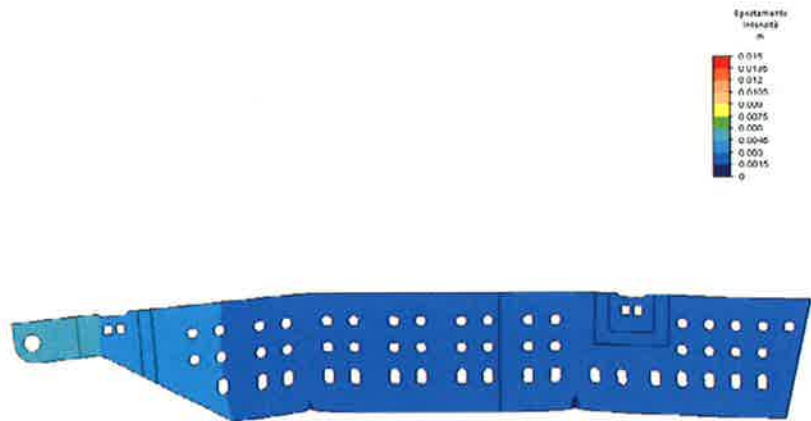
TAB. 11.13 – CONDIZIONI DI APPOGGIO – REAZIONI PARATOIA ALLESTITA PULITA SENZA CONNETTORI E/O SENZA SUPPORTI ELASTICI – SCHEMA PRINCIPALE

#### 11.4.6. Deformazioni

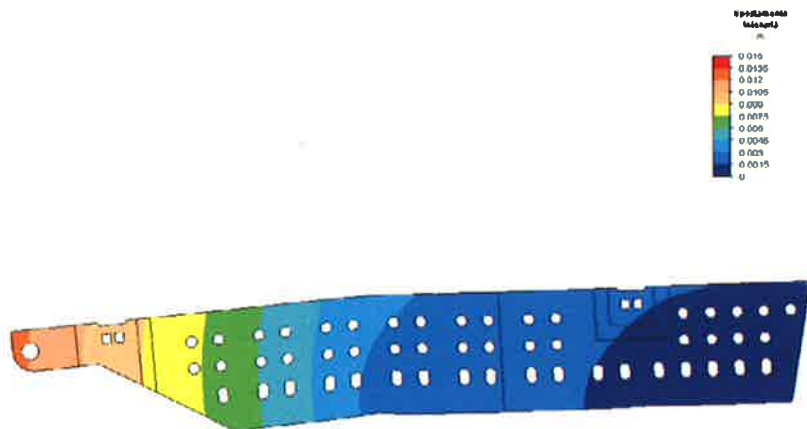
Gli spostamenti e le deformazioni sono riportati per esteso nella relazione MV080P-PE-MAR-2020.

Si riproducono qui le deformate delle paratie longitudinali nei due schemi principale e secondario, a massimo carico.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 196
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	




Condizione di carico: 1 di 1  
 Valore massimo: 0.00575082 m  
 Valore minimo: 0.00140365 m  
 1 < Scenario di progettazione 1 >



Condizione di carico: 1 di 1  
 Valore massimo: 0.0125281 m  
 Valore minimo: 0.000131403 m  
 1 < Scenario di progettazione 1 >



FIG. 11.23 – CONDIZIONI DI APPOGGIO S.1a e S.2a  
 DEFORMATA PARATIE LONGITUDINALI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 197
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 11.4.7. Spostamenti e rotazioni centri snodi

Nelle tabelle successive vengono riportati gli spostamenti e le rotazioni in corrispondenza dei centri degli snodi dei connettori per le condizioni esaminate.

Tali informazioni sono utili anche ai fini di valutare le condizioni al montaggio dei connettori.

Il sistema di riferimento per gli assi è una terna destrorsa, come rappresentata nella figura seguente.

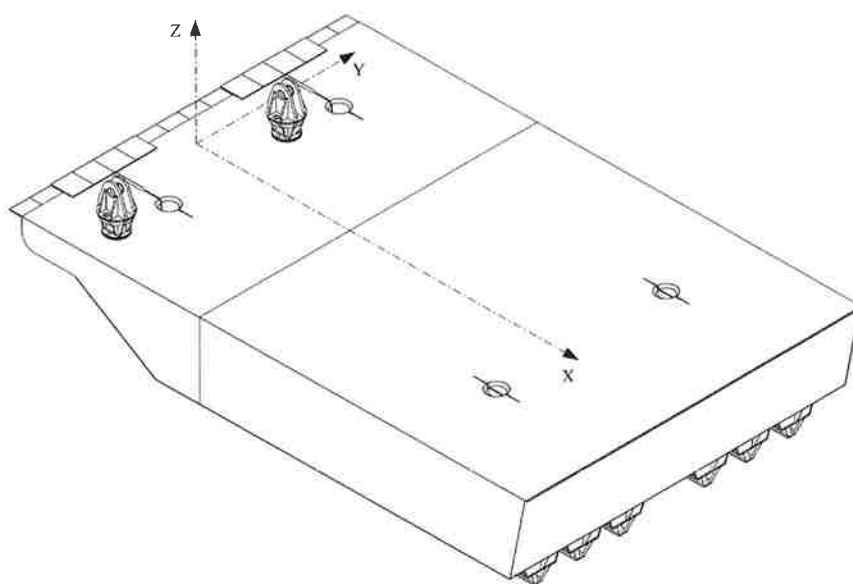



FIG. 11.24 – ASSI DI RIFERIMENTO


	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 198
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Combinazione	Spostamenti (mm) centro snodo destro (Y<0)			Spostamenti (mm) centro snodo sinistro (Y>0)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Combinazione S.1a	-0,412	-0,015	-5,450	-0,412	0,015	-5,450
Combinazione S.1b	-4,917	-1,580	-7,436	-4,917	1,580	-7,436
Combinazione S.1c	3,269	1,173	-6,149	3,269	-1,173	-6,149
Combinazione S.1d	-2,630	2,110	-14,581	-2,748	2,138	-22,097
Combinazione S.2a	-1,597	-0,015	-11,850	-1,597	0,015	-11,850
Combinazione S.2b	-6,849	-1,582	-14,721	-6,849	1,582	-14,721
Combinazione S.2c	2,650	1,176	-12,568	2,650	-1,176	-12,568
Combinazione S.2d	-0,482	1,351	-6,307	-0,480	1,380	-9,292
Combinazione S.3a	-0,074	-0,006	-3,084	-0,074	0,006	-3,084
Combinazione S.3b	-4,580	-1,570	-5,070	-4,580	1,570	-5,070
Combinazione S.3c	3,607	1,182	-3,783	3,607	-1,182	-3,783
Combinazione S.4a	-0,267	0,042	-3,861	-0,324	0,063	-4,645
Combinazione S.4b	-0,517	-0,015	-5,421	-0,517	0,015	-5,421
Combinazione S.5a	-1,228	-0,024	-8,111	-1,228	0,024	-8,111
Combinazione S.6a	-1,776	-0,017	-12,310	-1,776	0,017	-12,310

TAB. 11.14 – SPOSTAMENTO DEI CENTRI DEGLI SNODI DEI CONNETTORI

Combinazione	Rotazioni (gradi) centro snodo destro (Y<0) attorno a			Rotazioni (gradi) centro snodo sinistro (Y>0) attorno a		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Combinazione S.1a	-0,00138	-0,02204	0,00063	0,00138	-0,02204	-0,00063
Combinazione S.1b	0,00604	-0,05333	0,00074	-0,00604	-0,05333	-0,00074
Combinazione S.1c	-0,00152	-0,01898	0,00065	0,00152	-0,01898	-0,00065
Combinazione S.1d	-0,03801	-0,06022	0,00146	-0,03526	-0,05707	0,00021
Combinazione S.2a	-0,00163	-0,04232	0,00062	0,00163	-0,04232	-0,00062
Combinazione S.2b	0,00571	-0,07610	0,00073	-0,00571	-0,07610	-0,00073
Combinazione S.2c	-0,00167	-0,03994	0,00064	0,00167	-0,03994	-0,00064
Combinazione S.2d	-0,02103	-0,02289	0,00065	-0,01777	-0,02518	-0,00059
Combinazione S.3a	-0,00091	-0,00928	0,00027	0,00091	-0,00928	-0,00027
Combinazione S.3b	0,00652	-0,04057	0,00038	-0,00652	-0,04057	-0,00038
Combinazione S.3c	-0,00104	-0,00622	0,00029	0,00104	-0,00622	-0,00029
Combinazione S.4a	-0,00297	-0,01261	0,00088	-0,00082	-0,01955	-0,00001
Combinazione S.4b	-0,00123	-0,02288	0,00062	0,00123	-0,02288	-0,00062
Combinazione S.5a	-0,00044	-0,03264	0,00065	0,00044	-0,03264	-0,00065
Combinazione S.6a	-0,00140	-0,04314	0,00062	0,00140	-0,04314	-0,00062

TAB. 11.15 – ROTAZIONE DEI CENTRI DEGLI SNODI DEI CONNETTORI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 199
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 11.5. Ritorno a riposo delle paratoie

### 11.5.1. Generalità

L'apertura della barriera si ottiene riportando nella condizione di riposo le paratoie: durante l'operazione di affondamento, la paratoia rientra nel recesso situato nei cassoni di fondazione arrestando la sua corsa contro un opportuno sistema di appoggi elastici.

Le forze di contatto sono determinate dall'energia cinetica con la quale la paratoia raggiunge il recesso e dalle proprietà elastiche degli appoggi elastici stessi.

La struttura di supporto degli appoggi elastici viene poi verificata in corrispondenza di tali forze ed è tale da trasferire la reazione dell'ammortizzatore alle strutture della paratoia in modo che le sollecitazioni risultano trascurabili.

### 11.5.2. Analisi del moto della paratoia

La cinematica dell'abbattimento è oggetto di uno studio dettagliato, riportato nel documento MV080P-PE-MAR-2011, nel quale sono state prese in considerazione le proprietà geometriche e di massa della paratoia, assieme con il suo comportamento fluidodinamico nel moto in acqua.


L'analisi del moto di affondamento è stata effettuata attraverso un programma in Visual Basic appositamente sviluppato da progettista. La procedura di calcolo, le equazioni applicate, i dati di ingresso e i risultati parziali e finali sono riportati con riferimento a tutte le fasi del moto, sia in tabelle sia in grafici.

A ulteriore chiarimento si emette il documento:

- MV080P-PE-MAR-2017                      Analisi del moto di affondamento della paratoia: metodo ed equazioni

che contiene la definizione del metodo e delle equazioni implementati dal programma implementato per l'analisi del moto di affondamento.

Una validazione attraverso calcoli semplificati è in questo caso poco percorribile e la complessità delle equazioni in gioco comporterebbe comunque l'utilizzo di strumenti di calcolo. Per la validazione del programma sono stati effettuati un esame critico dei risultati parziali e generali e un confronto con i risultati del mo-

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 200
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

dello Mo:S.E. e dei modelli fisici sperimentali eseguiti da Delft Hydraulics, riportato nel capitolo 9 della relazione MV080P-PE-MAR-2011.

L'analisi svolta è di tipo lineare e il comportamento dei parabordi (simulati da vincoli elastici bilateri) è assunto lineare.

L'analisi determina i parametri del moto della paratoia nelle diverse fasi di affondamento, tra i quali si selezionano quelli che definiscono le condizioni significative per l'analisi strutturale. I parametri di interesse sono sostanzialmente le velocità, che determinano forze centrifughe, e le accelerazioni, che determinano forze inerziali rotazionali.

Con il programma di analisi strutturale si applica poi alle masse coinvolte nel moto la velocità o l'accelerazione individuate e si calcola lo stato di sforzo e deformazione nella paratoia dovuto a tali azioni. E' così possibile la verifica della paratoia per tali condizioni, come riportato nel documento MV080P-PE-MAR-2012.

Il moto viene studiato in due fasi contigue ma distinte: la fase di affondamento libero (indicata nel seguito semplicemente come "affondamento") e la fase in cui la paratoia risente della compressione degli ammortizzatori, indicata nel seguito come "moto ammortizzato".


In generale, l'analisi della velocità della paratoia durante la sua discesa è finalizzata alla individuazione dei parametri per la progettazione del sistema di ammortizzazione e per la verifica dei componenti strutturali della paratoia interessati.

Essenzialmente il moto di affondamento manifesta una fase di iniziale di accelerazione fino ad un valore massimo di velocità, ed una fase di decelerazione fino al raggiungimento del recesso con una velocità marcatamente inferiore.

I risultati pertanto si possono sintetizzare con due valori di energia cinetica, nei quali sono già stati considerati gli opportuni margini di sicurezza:

- energia cinetica all'impatto sugli ammortizzatori;
- energia cinetica massima durante il moto.



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 201
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Condizione	Energia Cinetica [kJ]	Osservazioni
Energia all'Impatto sugli ammortizzatori	86,4	Corrisponde alla velocità angolare con la quale la paratoia raggiunge il recesso, allorché si ha l'effettivo contatto tra ammortizzatori e struttura di fondazione
Energia Massima durante il moto	1602.1	Corrisponde alla velocità angolare massima raggiunta dalla paratoia, in una posizione precedente all'impatto (circa 70% della corsa)

TAB. 11.16 – AFFONDAMENTO DELLA PARATOIA – ENERGIA CINETICA

### 11.5.3. Carichi applicati

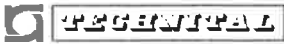
Nelle condizioni considerate, i carichi agenti sulla paratoia sono di natura inerziale ossia sono determinati dal moto della struttura e derivano in particolare dalla sua accelerazione.

Essendo il moto della paratoia rotatorio, l'accelerazione in senso cinematico produce due effetti distinti:

- forze inerziali centrifughe (presenti anche a velocità angolare costante); tali forze sono massime quando la velocità di rotazione è massima;
- forze inerziali determinate dall'accelerazione angolare (presenti anche a velocità angolare nulla); tali forze sono massime quando l'accelerazione angolare è massima.

Poiché i carichi sono di natura inerziale, il loro valore in termini di forza è ottenuto considerando la massa in movimento e i carichi agenti sono quindi determinati in base ai valori massimi raggiunti, separatamente, da velocità ed accelerazione angolare durante l'intero moto di affondamento (Documento MV080P-PE-MAR-2011); tali valori danno luogo alle seguenti Condizioni di Carico:

- C. CARICO 1  
 $V_{MAX} = 3.30 \text{ deg/s}$  Velocità Massima durante l'affondamento
- C. CARICO 2  
 $A_{IMP} = 3.69 \text{ deg/s}^2$  Accelerazione Massima durante il moto ammortizzato

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 202
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

A favore di sicurezza, i parabordi della paratoia sono dimensionati sulla base della considerazione della massima energia cinetica che la paratoia assume durante tutto il moto:

$$E_{MAX} = 1602,1 \text{ kJ}$$

Tale energia corrisponde alla velocità  $V_{MAX}$  già utilizzata nella Condizione di Carico 1, e viene raggiunta in realtà nella fase del moto antecedente all'impatto vero e proprio.

Infatti, per le caratteristiche già menzionate del moto di affondamento, tale valore massimo di energia cinetica viene raggiunto, in termini di posizione angolare, sensibilmente prima che gli appoggi elastici entrino in contatto con la struttura di fondazione.

Per verificare il proporzionamento globale della struttura della paratoia, si ipotizza come carico agente in termini di accelerazione quello corrispondente alla energia massima  $E_{MAX}$  utilizzata per il dimensionamento dei parabordi, considerando cioè una nuova condizione di impatto (distinta da quella di impatto effettivo) nella quale:

$$E^*_{IMP} = E_{MAX} = 1602,1 \text{ kJ}$$


Ciò corrisponde a verificare la struttura ed i suoi supporti, nel caso, non realistico ma sicuramente conservativo, in cui la paratoia impattasse la struttura di fondazione non con la velocità di impatto effettiva calcolata ( $V_{IMP} = 0.77 \text{ deg/s}$ ), ma con la velocità massima che essa assume nel moto verso il fondo ( $V_{MAX} = 3.30 \text{ deg/s}$ ).

Le proprietà dei parabordi sono tali che, per ciascuno dei 6 elementi presenti valgono i seguenti valori di Energia massima assorbibile  $E(\text{rated})$  e Massima Reazione  $R_{MAX}$ :

$$E(\text{rated}) = 1602,1 / 6 = 267 \text{ kNm}$$

$$R_{MAX} = 1000 \text{ kN}$$

Come già ricordato, i risultati del calcolo del moto della paratoia frenata dagli appoggi elastici dipendono linearmente dalla velocità angolare iniziale,

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 203
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

nell'ipotesi che il parabordo risponda linearmente cioè che si comporti come una molla elastica durante tutto il moto ammortizzato.

Ciò è verificato con ottima approssimazione nel caso di impatto effettivo (Condizione di Carico 2), ma non nel caso di impatto con Energia massima.

Infatti gli appoggi elastici, per valori significativamente prossimi all'energia massima sopportabile (come nella nuova ipotetica condizione di impatto in considerazione), si discostano dalla linearità iniziale, riducendo marcatamente l'incremento di reazione per un incremento di schiacciamento, fino ad un massimo valore di reazione pari a  $R_{MAX}$ .

Pertanto è appropriato considerare come condizione di carico nel caso di impatto con  $E^*_{IMP} = E_{MAX}$  quella che determina come reazioni vincolari ai parabordi il valore di reazione massima  $R_{MAX}$ .

A favore di sicurezza, il valore di reazione massima viene incrementato del 40%, in accordo con la pratica correntemente adottata nella rappresentazione dei diagrammi di portata/reazione dei parabordi, ossia ammettendo che la reazione massima possa superare in detta misura quella nominale massima.

Conseguentemente la condizione di impatto ipotetico sopra delineata si può riassumere in una nuova Condizione di Carico (Condizione di Carico 3), nella quale l'accelerazione, e quindi le forze d'inerzia risultano fattorizzate per il rapporto tra la reazione massima di un parabordo  $R_{MAX}$  e la reazione (tipica)  $R(2)$  di ciascun parabordo nella Condizione di Carico 2, ossia per il fattore  $\eta$  dato da:


$$\eta = \frac{1.40 \cdot R_{MAX}}{R(2)}$$

dove:

$$R(2) = 430 \text{ kN}$$

Si ha pertanto:

$$\eta = 1,4 \times 1000 / 430 = 3,25$$

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 204
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Ciò corrisponde ad analizzare la struttura con un'accelerazione equivalente, e quindi le forze d'inerzia risultano quelle della Condizione di Carico 2, fattorizzate per il coefficiente  $\eta$  sopra determinato, ossia assumendo

- C. CARICO 3

$$A^*_{MAX} = 3,69 \times 3,25 = 12 \text{ deg/s}^2 \text{ Accelerazione equiv. per impatto con } E_{MAX}$$

La risposta strutturale è a sua volta lineare rispetto al carico applicato, quindi, in particolare per questo caso di forze inerziali, con l'accelerazione.

I risultati relativi alla Condizione di Carico 3 si possono pertanto ottenere da quelli della Condizione di Carico 2 semplicemente fattorizzandoli per  $\eta = 3,25$ .


Le verifiche della paratoia per le condizioni di carico determinate sono riportate nel documento MV080P-PE-MAR-2012.

#### 11.5.4. Condizioni di Carico

Sulla base delle considerazioni al paragrafo precedente, si considerano le seguenti condizioni di carico:

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Rotazione con $V_{MAX} = 3,30 \text{ deg/s}$	Cerniere	1	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali centrifughe
Accelerazione con $A_{IMP} = 3,69 \text{ deg/s}^2$	Cerniere + Appoggi elastici	2	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali
Accelerazione con $A^*_{IMP} = 3,25 A_{IMP} = 12 \text{ deg/s}^2$	Cerniere + Appoggi elastici	3	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali

TAB. 11.17 - COMBINAZIONI DI CARICO ABBATTIMENTO PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 205
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 11.5.5. Risultati

I risultati in termini di tensione forniscono valori irrilevanti per la Condizione di Carico 1 (max 1% della tensione ammissibile) e per la 2 (max circa 20% della tensione ammissibile solo per alcuni bulbi e per il telaio di supporto degli appoggi elastici). Nella Condizione di Carico 3, gli elementi più sollecitati hanno tensioni inferiori al 70% dell'ammissibile.


Le reazioni alle cerniere sono ampiamente nei limiti della loro portata: anche considerando la Condizione di Carico 3, la massima reazione si ha per il carico verticale, pari al 54% dell'azione di progetto dei connettori. Le caratteristiche degli appoggi elastici risultano adeguate e congruenti con i risultati.

REAZIONI (kN)	Condizione di Carico 2		
	Rx (kN)	Ry (kN)	Rz (kN)
Cerniera sinistra	-120	0	349
Cerniera destra	-120	0	349
Ammortizzatore sinistro laterale	0	0	430
Ammortizzatore sinistro intermedio	0	0	430
Ammortizzatore sinistro centrale	0	0	429
Ammortizzatore destro laterale	0	0	430
Ammortizzatore destro intermedio	0	0	430
Ammortizzatore destro centrale	0	0	429

TAB. 11.18 – AFFONDAMENTO DELLA PARATOIA – CONDIZIONE DI CARICO 2  
REAZIONI

I risultati indicano che le sollecitazioni derivanti dalle forze inerziali non costituiscono elemento critico: i risultati per la condizione 1 e 2 sono irrilevanti.

Si sottolinea che i risultati per la condizione 3 non corrispondono ad una condizione reale (per la quale valgono quelli della condizione 2) e sono volti a verificare gli ammortizzatori e i loro supporti per l'energia considerata per la scelta degli ammortizzatori, valutando contestualmente il comportamento globale della paratoia. In ogni caso, anche per questa condizione non si riscontrano sollecitazioni eccessive.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 206
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 12. CONDIZIONI ACCIDENTALI

### 12.1. Considerazioni Generali

Nell'analisi degli eventi che possono interessare le paratoie degli sbarramenti è stato considerato anche il caso dell'urto accidentale di un natante che transiti all'interno delle bocche per accedere ai porti rifugio.

La frequenza probabile legata al verificarsi di un urto tra un natante e lo sbarramento è estremamente bassa (periodo di ritorno dell'ordine di diverse decine di migliaia di anni) e i natanti da prendere in esame per lo sviluppo delle necessarie considerazioni di ordine progettuale presentano dei dislocamenti assai modesti.

In relazione al numero dei transiti stimati, alle dotazioni tecniche delle classi di imbarcazioni ed ai criteri che presiedono alla attivazione degli sbarramenti ed alla regolazione del traffico, i natanti da considerare per l'eventualità di un urto contro le paratoie di Malamocco hanno stazza lorda minore o uguale a 100 t.

Per ulteriori dettagli, si veda il documento MV080P-PE-MAR-2001.

### 12.2. Analisi di impatto con natanti


#### 12.2.1. Definizione delle condizioni

Ai fini dell'impatto contro le paratoie di Malamocco si considerano imbarcazioni di stazza lorda minore o uguale a 100 t.

L'angolo di assetto delle paratoie nel momento in cui si verifica l'urto sarà quello previsto in condizioni operative, cioè 45°.

Si considera che la quota a cui può avvenire il contatto tra natante e paratoia sia quella in prossima alla linea di galleggiamento, e ciò sia nel caso di urto da mare sia nell'eventualità di urto dal lato laguna.

Si formulano inoltre due ipotesi in relazione alla possibile condizione dello sbarramento nel momento in cui si verifichi l'urto:

 <b>MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 207
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- **operazione di chiusura in corso:**

si considera la quota di chiusura pari a +0,65 m l.m.m. e si ammette che in questa condizione la velocità del natante al momento dell'impatto sia pari a quella della corrente generata dal gradiente di marea, per la quale si assume, con ipotesi cautelativa, un valore di 1.25 m/s;

- **sbarramento chiuso:**

si considera in tale situazione un dislivello di 2 m tra mare (+2,65 m l.m.m.) e laguna (+0,65 m l.m.m.) ed una velocità del natante, al momento del contatto, di 0.75 m/s.

Le condizioni accidentali considerate sono utilizzate come dati di base per calcolo e verifica del comportamento strutturale, per mezzo degli strumenti di calcolo referenziati al Capitolo 13.

Si assume che il contatto tra natante e paratoia sia a quota prossima alla linea di galleggiamento, sia nel caso di urto da mare sia nell'eventualità di urto dal lato laguna.


A favore della sicurezza l'impatto è considerato in corrispondenza della metà della campata dei rinforzi ordinari prossimi alla linea di galleggiamento.

Sulla base di quanto stabilito al par. 12.2, i parametri e i valori di energia di impatto che si calcolano sono:

Tonnellate di stazza lorda [t]	Massa Totale [t]	Massa Idrodinamica [t]	Velocità [m/s]	Energia [kJ m]
100	240	312	0.75	88
100	240	312	1.25	244

#### 12.2.2. Criteri di analisi

La valutazione dell'effetto che l'urto di un natante può avere sulle paratoie in termini di reazione di contatto è stata svolta eguagliando l'energia cinetica del natante all'incremento di energia potenziale della paratoia a seguito dello spostamento dalla posizione di equilibrio prodotto dall'urto.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 208
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

In base a tale bilancio energetico, si determina l'assetto angolare assunto dalla paratoia in seguito all'urto il relativo momento esterno applicato.

Una volta fissata la quota d'impatto rispetto alla cerniera, si ottiene la reazione orizzontale di contatto fra il natante e paratoia.

Le curve del momento e del lavoro in funzione dell'angolo di assetto sono state ricavate sia per la condizione di equilivello (+0.65 m l.m.m.), sia in condizioni di dislivello (mare a +2.65 m e laguna a +0.65 m l.m.m.) e per urto sia da mare sia da laguna.

Il carico dovuto all'urto è stato applicato al modello come forza concentrata in corrispondenza di tre rinforzi ordinari.

Si sono considerati due casi di carico:

- urto centrato trasversalmente sulla paratoia e quindi sull'asse di puntellatura centrale;
- urto fra il diaframma longitudinale laterale e l'asse della paratoia.


Partendo dalle condizioni di equilibrio della paratoia nelle condizioni di equilivello e di dislivello di 2 m, mantenendo costante in  $Nm^3$  il volume dell'aria all'interno della paratoia, sono stati imposti gli angoli raggiunti dalla paratoia per assorbire l'energia dell'urto determinando così l'andamento delle pressioni dovute all'aria e all'acqua.

Tale distribuzione di pressione si sovrappone alle forze di impatto.

Si osservi che il calcolo viene eseguito trascurando la deformazione dello scafo del natante e il fatto che lo scafo tende a scivolare sulla paratoia con i relativi effetti di frizione.

L'analisi è riportata nel documento MV080P-PE-MAR-2009.




 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 209
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 12.3. Combinazioni di Carico Condizioni Accidentali (urto natante)

Le combinazioni considerate e analizzate nel documento MV080P-PE-MAR-2009 sono riportate nella tabella seguente.

Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
A.1a	Urto natante centrale da mare, chiusura in corso ed equilivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Natante 100 t.s.l Velocità marea 1.25 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.1b	Urto natante laterale da mare, chiusura in corso ed equilivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Natante 100 t.s.l Velocità marea 1.25 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.1c	Urto natante centrale da laguna, chiusura in corso ed equilivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Natante 100 t.s.l Velocità marea 1.25 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.1d	Urto natante laterale da laguna, chiusura in corso ed equilivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Natante 100 t.s.l Velocità marea 1.25 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.2a	Urto natante centrale da mare, barriera chiusa e dislivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Dislivello statico 200 cm Natante 100 t.s.l Velocità marea 0.75 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.2b	Urto natante laterale da mare, barriera chiusa e dislivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Dislivello statico 200 cm Natante 100 t.s.l Velocità marea 0.75 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.2c	Urto natante centrale da laguna, barriera chiusa e dislivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Dislivello statico 200 cm Natante 100 t.s.l Velocità marea 0.75 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio
A.2d	Urto natante laterale da laguna, barriera chiusa e dislivello	Peso proprio paratoia Peso fouling Dislivello statico 200 cm Natante 100 t.s.l Velocità marea 0.75 m/s	Cerniere + Vincolo fittizio

TAB. 12.1 – PARATOIA – CONDIZIONI ACCIDENTALI (URTO NATANTE)  
COMBINAZIONI DI CARICO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 210
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## 12.4. Risultati

### 12.4.1. Verifiche tensionali

Data l'uniformità in senso longitudinale della struttura della paratoia nelle zone interessate dall'urto, sia dal lato laguna sia dal lato mare, e l'effetto locale dell'urto, si riportano solo i risultati ottenuti applicando al modello i carichi dovuti ai casi in cui si ha la massima forza normale sul fasciame ( $R_N = 458 \text{ kN}$ ), ovvero urto dal mare, sia centrale sia laterale, in condizione di equilivello, a chiusura in corso (Combinazioni di carico A.1a e A.1b).


Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati per tali combinazioni di carico.

Le tensioni sono in generale assai modeste, salvo che nella zona d'urto, dove localmente, solo in piccole zone dei bulbi dove agisce il carico imposto, si hanno tensioni pari a circa il 90% della tensione di snervamento. Si vedano le immagini seguenti, relative alla condizione più critica A.1b.

Considerando che:


- si è trascurata l'energia assorbita dal natante durante la diminuzione di velocità fino a fermarsi,
- si è trascurata l'energia assorbita per deformazione dello scafo,
- si è trascurato il fatto che lo scafo tende a scivolare sulla paratoia,
- la massima sollecitazione si estende su una zona limitata,
- la condizione di carico è eccezionale,

si ritiene che i risultati, con sollecitazioni comunque inferiori alla tensione di snervamento e solo nei tre bulbi interessati dall'urto (mentre il fasciame si mantiene nei limiti ammissibili), tali da escludere possibili rotture, possano essere considerati accettabili; in ogni caso, qualora si verificasse l'urto, la paratoia sarebbe sottoposta a manutenzione e la zona interessata dal danneggiamento sarebbe integralmente sostituita.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 211
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Funzione	posizione/elemento	Sp. lordo (mm)	materiale	A.1a h=1,25	A.1b h=1,25	
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	S275J0	0,43	0,39	
	inferiore	9-12-13	S275J0	0,12	0,14	
	laterale	9-12-13	S275J0	0,11	0,11	
	posteriore	9-13	S275J0	0,12	0,15	
	anteriore	13	S275J0	0,14	0,15	
	ossatura 01	9	S275J0	0,08	0,12	
	inferiore sotto pinna	20	S275J0	0,14	0,21	
Fasciami interni	tipici	10-12-15	S275J0	0,07	0,10	
	irrigidimenti pinne	20	S275J0	0,15	0,21	
	zone recessi twist lock	30	S275J2	0,05	0,07	
	zone recessi twist lock	60	S355K2	0,12	0,17	
	pinna	180	S355K2	0,06	0,08	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	S275J0	0,10	0,59	
	piatti fasciame posteriore	12-15	S275J0	0,10	0,13	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	S275J0	1,11	1,15	
Squadre	spigoli	10	S275J0	0,18	0,19	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	S275J0	0,00	0,00	
Telaio rinforzati	ossatura 02	10-12	S275J0	0,06	0,06	
	ossatura 03	10-12	S275J0	0,06	0,07	
	ossatura 04	10-12	S275J0	0,09	0,09	
	ossatura 05	10-12	S275J0	0,09	0,09	
	ossatura 06	10-12	S275J0	0,08	0,08	
	ossatura 07	12-14	S275J0	0,07	0,07	
	ossatura 08	12-14	S275J0	0,14	0,17	
	ossatura 09	12-14	S275J0	0,14	0,14	
	ossatura 10	12-14	S275J0	0,11	0,14	
	ossatura 11	12-14	S275J0	0,07	0,07	
Telaio ammortizzatori	diaframma centrale	10-12-14	S275J0	0,50	0,11	
		ossatura 11	10	S275J0	0,10	0,10
		10	S275J0	0,00	0,00	
		20	S275J0	0,01	0,01	

TAB. 12.2 – URTO NATANTE SULLA PARATOIA – COMBINAZIONI DI CARICO A.1A E A.1B – RAPPORTI TRA TENSIONE VON MISES MASSIMA E TENSIONE AMMISSIBILE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 212
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

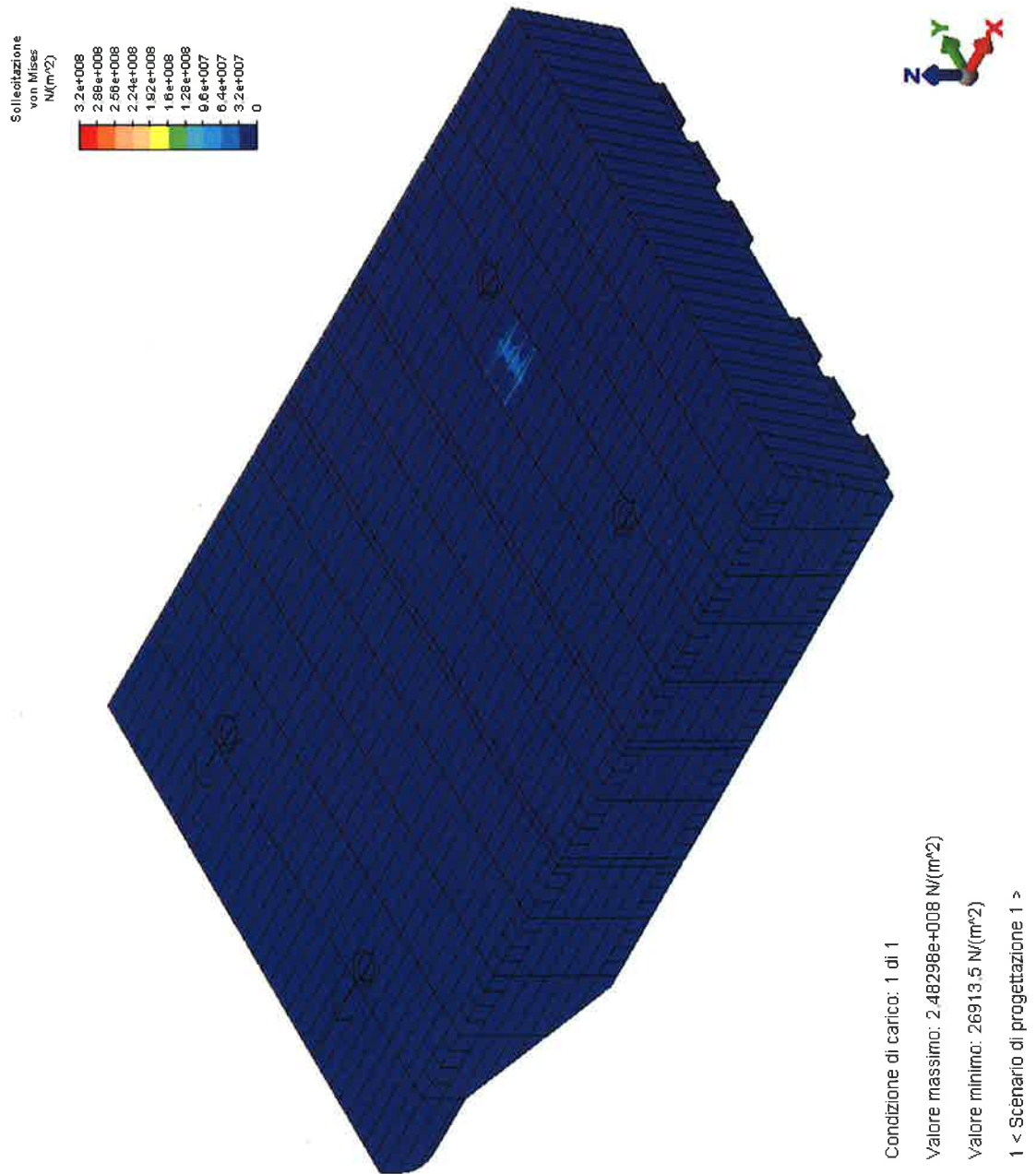


FIG. 12.1 – COMBINAZIONE A.1b - TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES FASCIAMI ESTERNI

Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 213
Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

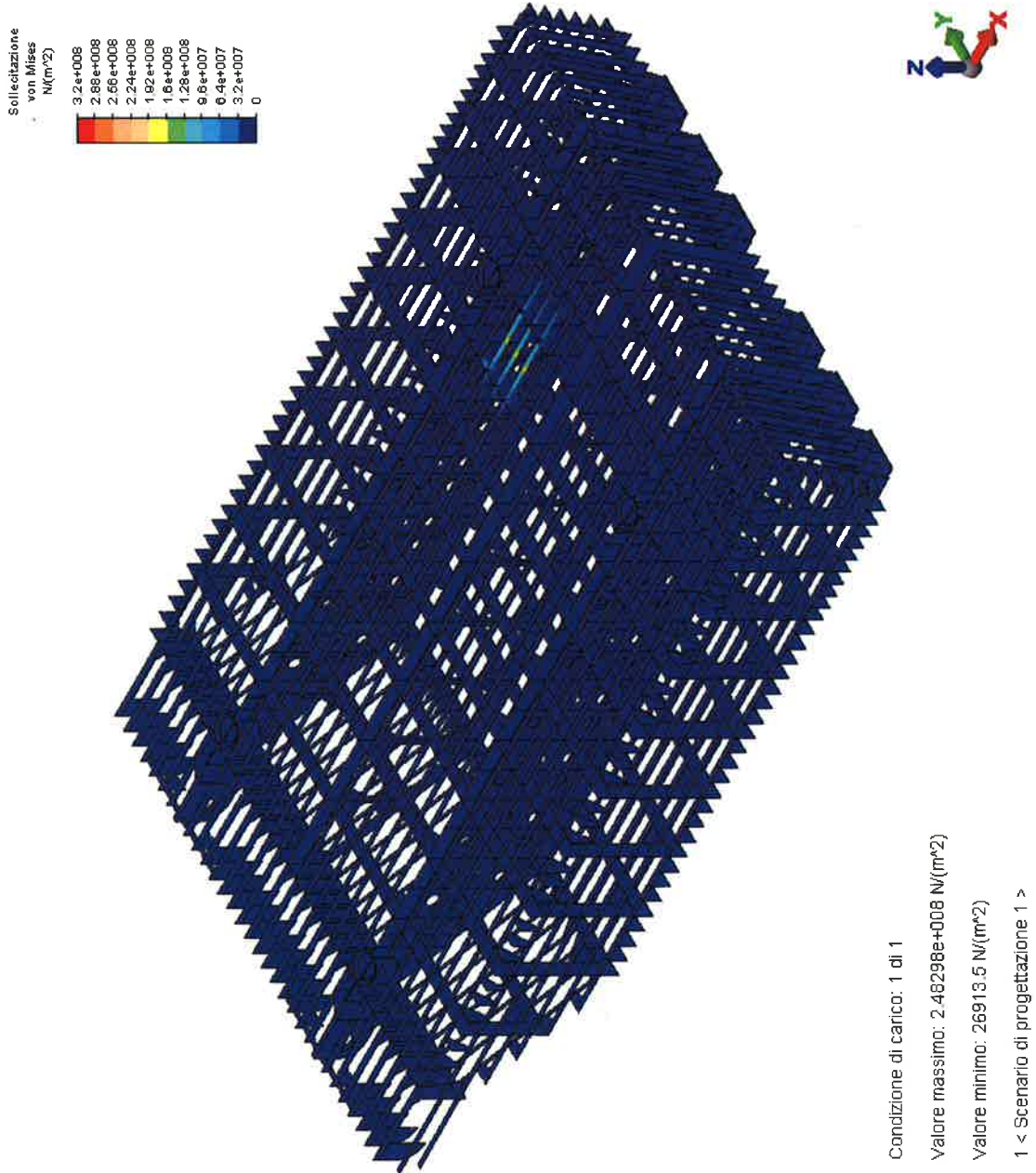



FIG. 12.2 – COMBINAZIONE A.1b - TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES ELEMENTI INTERNI



	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 214
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

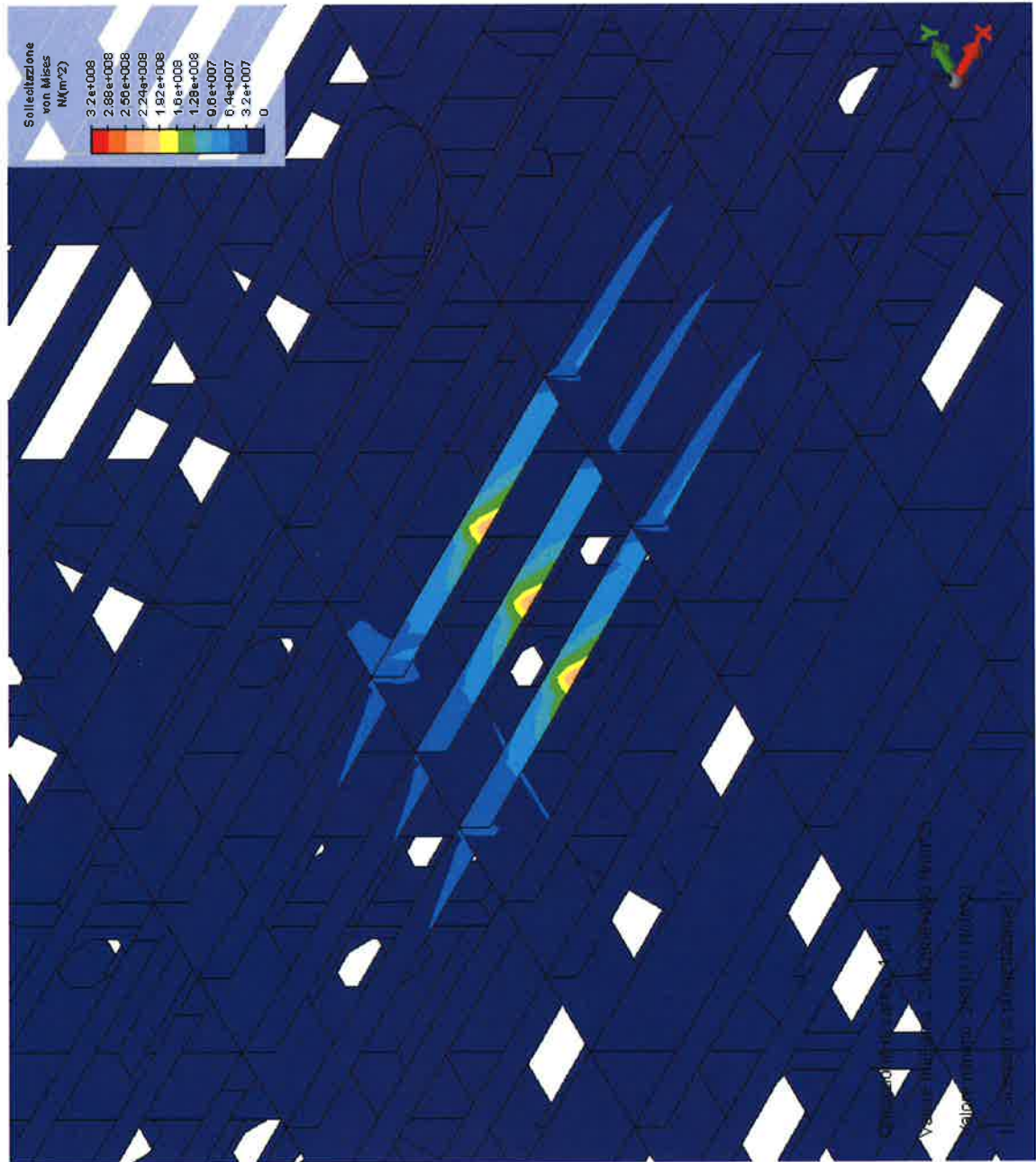




FIG. 12.3 – COMBINAZIONE A.1b - DETTAGLIO TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES ELEMENTI INTERNI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 215
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 12.4.2. Reazioni vincolari

Le reazioni per tutte le condizioni sono riportate nelle tabelle seguenti.

REAZIONI (kN)	Combinazione A.1a			Combinazione A.1b			Combinazione A.1c			Combinazione A.1d		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Cerniera sinistra	337	0	198	508	0	198	-252	0	613	-376	0	613
Cerniera destra	337	0	198	166	0	198	-252	0	613	-127	0	613
Vincolo anteriore	8	0	9	8	0	9	8	0	7	8	0	7
REAZIONI (kN)	Combinazione A.2a			Combinazione A.2b			Combinazione A.2c			Combinazione A.2d		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Cerniera sinistra	3.451	0	-446	3.542	0	-446	3.104	0	-370	3.016	0	-370
Cerniera destra	3.451	0	-446	3.360	0	-446	3.104	0	-370	3.192	0	-370
Vincolo anteriore	15	0	16	15	0	16	14	0	14	14	0	14

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 216
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### 12.4.3. Deformazioni

Le deformazioni sono apprezzabili solo in corrispondenza dell'urto, in una zona che andrà sostituita, come si può vedere dalla seguente immagine.

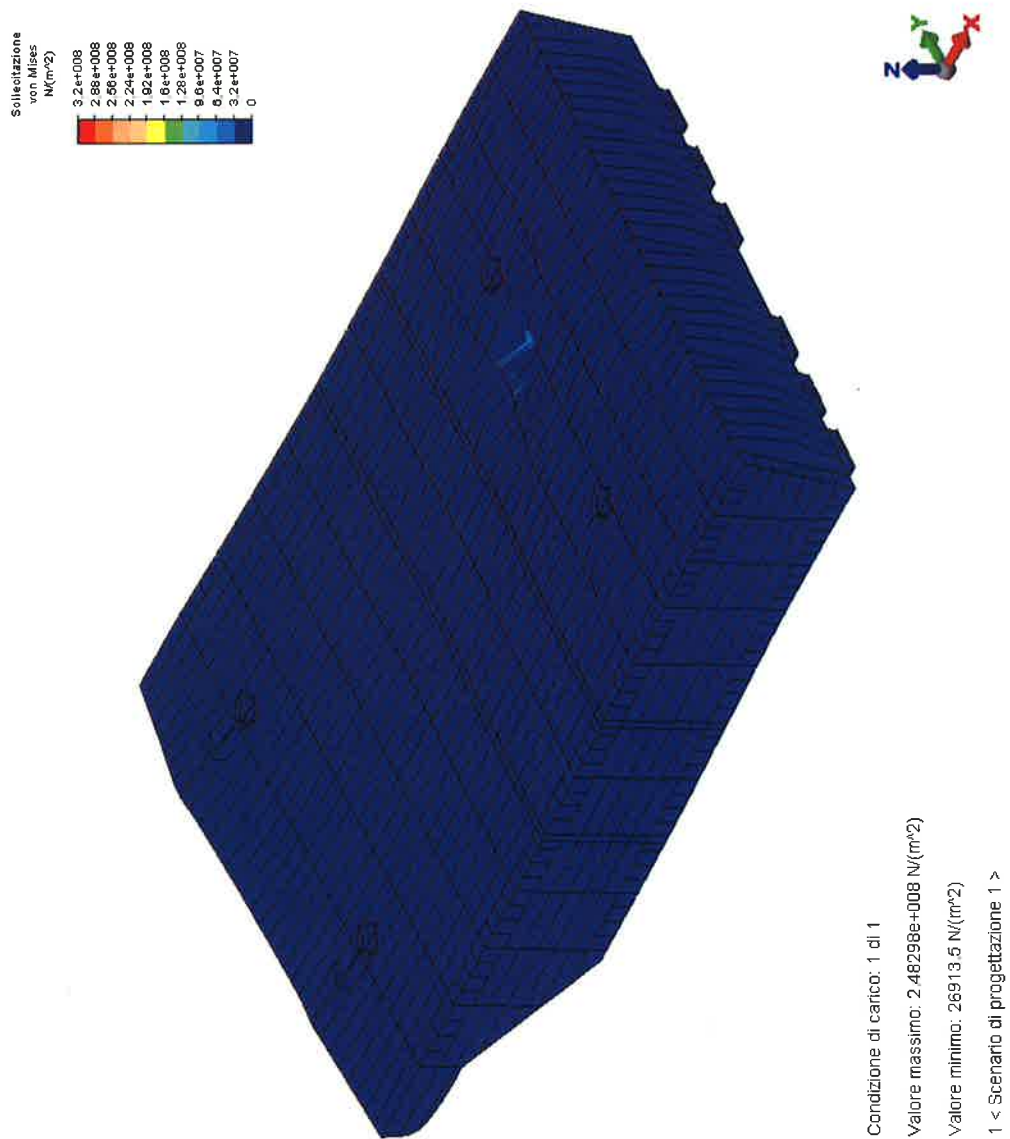



FIG. 12.4 - COMBINAZIONE A.1B - DEFORMATA E TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES



	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 241
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

#### 14. DEFINIZIONI E GLOSSARIO

Il presente paragrafo riporta la definizione delle terminologie ricorrenti nel testo della relazione, completate ove necessario o utile da dati, statistiche, ecc. di carattere sintetico.

All'interno del testo il simbolo (→) apposto ad un termine rimanda ad una voce esplicativa del Glossario ad esso dedicata.

##### Acqua Alta

L'espressione di origine popolare "acqua alta" indica il fenomeno dei picchi di marea (→) che si manifestano con particolare intensità nella laguna di Venezia, tali cioè da provocare allagamenti nelle aree urbane di Venezia e Chioggia.

Tale fenomeno, di natura irregolarmente periodica, è determinato da due contributi:

La marea astronomica (→), dipendente dalla posizione di Luna e Sole e dalla configurazione del bacino.

Il valore indicativo della massima marea astronomica è di 55 cm rispetto al livello medio del mare.

Il contributo meteorologico (→), che dipende dalla concomitanza di numerosi fattori variabili e combinantisi in modo casuale.

Il fenomeno dell' acqua alta è frequente soprattutto nel periodo autunnale-primaverile, quando si combina con i venti di scirocco, che, spirando dal canale d'Otranto lungo tutta la lunghezza del bacino marino, impediscono il regolare deflusso delle acque, o di bora, che ostacolano invece localmente il deflusso delle lagune e dei fiumi del litorale veneto.


I dati rilevati dal Centro Maree del Comune di Venezia rappresentano in ordine decrescente di livello i seguenti livelli delle acque alte eccezionali riferiti allo zero della Punta della Salute, nel periodo 1923-2008:

+194 cm 4 novembre 1966

+166 cm 22 dicembre 1979

+158 cm 1 febbraio 1986

+156 cm 1 dicembre 2008

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 242
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

+151 cm 12 novembre 1951

+147 cm 16 aprile 1936

+147 cm 16 novembre 2002

+145 cm 15 ottobre 1960

+144 cm 3 novembre 1968

+144 cm 6 novembre 2000

+142 cm 8 dicembre 1992

+140 cm 17 febbraio 1979

### **Bocche di Porto**

Le tre Bocche di Porto rappresentano gli odierni accessi dal mare alla Laguna di Venezia; da Nord a Sud:


Lido

Malamocco

Chioggia

A parte questi varchi la Laguna di Venezia è separata dal mare dai cordoni litoranei ("lidi" di Lido e Pellestrina) originariamente sabbiosi e poi rinforzati e stabilizzati con le poderose opere dei Murazzi (lunghe dighe settecentesche in pietra d'Istria poste a difesa del perimetro esterno lagunare).

Tali cordoni litoranei sono stati soggetti a opere di rinforzo eseguite dal CVN per conto del Magistrato alle Acque di Venezia.


	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 243
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	



### Contributo Meteorologico alla Marea

Il contributo meteorologico alla Marea dipende dalla concomitanza di numerosi fattori variabili, quali direzione e intensità dei venti, campi barici, precipitazioni, sessa (→), ecc. di natura in buona parte casuale sia per l'intensità individuale che per la relativa sovrapposizione.

Pertanto le previsioni (ottenute tramite modelli statistici) possono essere elaborate solamente a pochi giorni di distanza e con un'incertezza crescente con l'anticipo della previsione.

 <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b>	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 244
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

## Difese

Insieme di opere atte a fronteggiare le maree che determinano gli allagamenti più frequenti in Laguna.

La protezione contro gli allagamenti viene realizzata per mezzo del sistema combinato di Difese Locali e Difese Mobili.

### Difese Locali

Interventi di difesa dagli allagamenti che si attuano "rialzando" le zone urbane più basse sull'acqua mediante complesse opere che comprendono: il rialzo e il consolidamento strutturale di rive e pavimentazioni pubbliche; interventi per evitare la filtrazione dell'acqua dal sottosuolo e il rigurgito dai tombini; la messa al riparo dagli allagamenti delle unità immobiliari al piano terra e degli spazi privati e pubblici retrostanti l'edificio, come corti e giardini; la riorganizzazione della rete dei sottoservizi.

Questo tipo di opere ha però oggi limiti precisi oltre i quali è impossibile procedere, dettati dai contesti urbanistici, architettonici e monumentali delle singole aree di intervento. Il rialzo, dunque, può solo ridurre la frequenza degli allagamenti, ma non risolvere il problema nella sua totalità.


Le Difese Locali sono anche dette "Insulae".

### Difese Mobili

Dispositivi mobili collocati alle tre le Bocche di Porto (→) della Laguna.

Il loro elemento caratterizzante è rappresentato dalle barriere mobili, ciascuna costituita da una serie modulare di paratoie, accostate l'una all'altra, incernierate sul fondo e tra loro indipendenti.

La chiusura temporanea delle barriere consente di isolare temporaneamente la laguna dal mare: permette quindi di regolare i flussi di marea e difendere i centri abitati dagli allagamenti durante gli episodi di acqua alta, anche quelli eccezionali.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 245
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### **Eustatismo**

L'eustatismo è l'innalzamento del livello del mare legato alle variazioni climatiche del globo: dagli inizi del secolo scorso agli anni '70, la risalita eustatica a Venezia è stata di 9 cm.

Dal 1970 ad oggi l'aumento, osservato anche a Trieste e quindi indipendente da subsidenza locale, è stato di circa 5 cm.

### **Insulae**

Sinonimo di Difese Locali (→).

### **Livello/Quota di Salvaguardia**

Il Livello di Salvaguardia è l'altezza massima che può raggiungere l'acqua a Venezia senza superare la quota delle difese locali (→) e quindi senza provocare allagamenti.

Il livello di marea al quale corrisponde l'entrata in funzione dei dispositivi mobili di sbarramento è calcolato in modo che, tenendo conto di tutti gli apporti di acqua durante la chiusura, il Livello di Salvaguardia sia garantito.

Per il presente progetto è stata fissata in laguna di 110 cm rispetto allo zero idrografico di Punta della Salute (87 cm rispetto il livello medio del mare).


### **Livello Medio Del Mare**

Il Livello del Mare è la posizione della superficie del mare a meno delle variazioni dovute alle maree astronomiche (→) e alle perturbazioni causate dal moto ondoso e dai fattori atmosferici.

Il Livello Medio del Mare, spesso abbreviato in l.m.m. si ottiene calcolando la media delle misurazioni del livello del mare per un periodo di tempo sufficientemente lungo.

La media permette di ottenere un valore depurato delle variazioni del livello del mare che hanno luogo nel breve-medio periodo per i fattori sopra menzionati, che risulta sufficientemente stabile nel tempo.

Dette misurazioni vengono effettuate localmente utilizzando come riferimento il sistema geodetico mondiale costituito dall'ellissoide convenzionale WGS84.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 246
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Il livello medio del mare varia con la posizione sul globo, anche a distanze ravvicinate: il livello medio del mare nell'Adriatico settentrionale è più alto che nell'Adriatico meridionale.

Nel medio-lungo periodo, anche il livello medio del mare rispetto al territorio cambia in modo sensibile per fenomeni quali l'eustatismo (→) e la subsidenza (→).

Nel lunghissimo periodo il livello medio del mare (anche globalmente inteso come media dei livelli medi in punti significativi del pianeta) varia per l'alternarsi delle ere glaciali e interglaciali.

### **Marea**

Variazione complessiva percepita e misurata del Livello Medio del Mare (→).

Tale fenomeno, di natura irregolarmente periodica, è determinato da due contributi:

La marea astronomica (→)


Il contributo meteorologico (→)

I valori medi delle maree complessive possono però subire sbalzi, anche molto rilevanti, a causa della componente meteorologica, dovuta all'azione dei venti e alle differenze di pressione atmosferica sull'Adriatico.

Per la città di Venezia le misurazioni sono basate sui livelli di marea osservati alla stazione idrografica di Punta della Salute (→).

La scala in uso a Venezia per qualificare le maree è la seguente:

Alta marea eccezionale	Livello $\geq +140$
Marea molto sostenuta	Livello tra $+110 \div +139$
Marea sostenuta	Livello tra $+80 \div +109$
Marea normale	Livello tra $-50 \div +79$
Marea sotto i valori normali	Livello tra $-90 \div -51$
Bassa marea eccezionale	Livello $< -90$

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 247
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

### **Marea Astronomica**

Livello dell'acqua in mare o in laguna e le sue variazioni dovuta alla sola attrazione gravitazionale esercitata dalla luna e dal sole combinata con la rotazione del sistema terra-luna attorno al suo centro di massa.

La configurazione del bacino in cui ha luogo ha un'influenza sostanziale sul livello raggiunto dalla Marea Astronomica.

Essa ha un ritmo complesso ma regolare, con circa sei ore di crescita seguite da altrettante di abbassamento. In condizioni di luna piena o luna nuova (marea di sizigie) si ha una escursione notevole tra l'alta e la bassa marea e l'acqua della laguna viene cambiata efficacemente. Il contrario avviene in condizioni di quarti di luna (marea di quadratura), con l'acqua quasi ristagnante.

Dipendendo da parametri fisici determinati ed essenzialmente costanti, questa componente, pur variabile nel tempo, può essere calcolata con precisione anche con notevole anticipo.

Nel Bacino di S. Marco l'escursione tra alta e bassa marea astronomica, ovvero la differenza tra i livelli dell'alta e bassa marea, raggiunge i 110 cm.

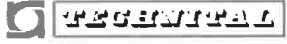
Con una certa approssimazione si può dire che l'oscillazione nei massimi di marea è la stessa sopra e sotto il Livello Medio Mare (→), ma non rispetto al mareografo di Punta della Salute (→).

### **Punta della Salute (stazione idrografica, mareografo e misurazioni)**

Per la città di Venezia le misurazioni sono riferite, per consuetudine, allo "zero" del mareografo di Punta della Salute.

Il mareografo è lo strumento che misura le oscillazioni del livello del mare determinate dalle maree.

Lo "zero mareografico di Punta della Salute" è definito come il livello medio del mare misurato nel 1897, pertanto lo "zero mareografico di Punta della Salute" è diverso rispetto allo "zero IGM" (livello medio del mare attuale) in quanto conteggia anche la perdita relativa di quota (- 23 cm) del suolo in laguna rispetto al livello medio del mare intercorsa a causa di eustatismo (→) e subsidenza (→).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PV-MAR-2000-C0	Pag. n. 248
	Rev. C0	Data: 06/12/2013	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Come esempio della differenza delle misurazioni riferite a Punta della Salute e IGM si consideri che:

+ 110 cm sul mareografo di Punta della Salute = + 87 cm sullo zero IGM.

### **Sessa**

Oscillazione di un bacino che, innescata da condizioni meteorologiche particolari (differenze di pressione atmosferica o intensità dei venti), può provocare un significativo innalzamento del livello del mare.

Per Venezia è importante la sessa dell'intero mare Adriatico, intorno a un asse che si trova circa all'altezza di Otranto. Tale fenomeno può provocare inondazioni anche nei giorni che seguono il maltempo.

La sessa predominante è quella longitudinale, caratterizzata da un periodo medio di oscillazione di circa 21h 30', con un'ampiezza estrema d'oscillazione di circa 50 cm, ed un secondo modo naturale longitudinale con periodo medio di 12 ore e 11 minuti; entrambi i periodi sono confrontabili con quello della marea astronomica, rendendo in tal modo possibile la sovrapposizione delle due escursioni.

A questo può andare ad aggiungersi l'azione locale di forti venti di scirocco che, spirando nell'Adriatico meridionale, rallentano il riflusso delle acque dell'intero bacino.

### **Subsidenza**

La subsidenza è lo sprofondamento del suolo per cause naturali e antropiche.

E' dovuta principalmente all'emungimento delle falde acquifere che in passato è stato cospicuo, specie nella zona industriale di Marghera. Dal 1950 al 1970 l'abbassamento medio del suolo nell'area veneziana è stato di circa 12 cm.