

C0	31/08/10	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 ~~8100~~ del ~~19-12-2005~~ (PROGETTAZIONE)  
~~8265~~ ~~3-12-2007~~

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

CUP: D51B02000050001

**PROGETTO ESECUTIVO**

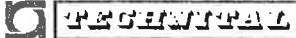
**WBS: LN.I1.48**  
**WBE: LN.I1.48.PE.03**

**BOCCA DI LIDO SAN NICOLÒ – PARATOIE E CONNETTORI  
PARATOIE  
VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D  
CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO  
RELAZIONE DI CALCOLO**

ELABORATO <b>D. Varisco</b>	CONTROLLATO <b>D. Lesina</b>	APPROVATO <b>L. Mazza</b>
N. ELABORATO <b>MV082P-PE-NAR-2006-C0</b>	CODICE FILE <b>MV082P-PE-NAR-2006-C0.doc</b>	DATA <b>31 Agosto 2010</b>


**CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”**

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE  VERIFICATO:  S. FANTORE  CONTROLLATO:  M. BROTTTO  CONSORZIO VENEZIA NUOVA  M. BROTTTO	PROGETTAZIONE   IL RESPONSABILE  ALBERTO SCOTTI ING. A. SCOTTI N° A 9782 PROGETTAZIONE SPECIALISTICA 
--	---

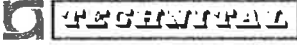
	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

## INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	4
2.	RIFERIMENTI	7
2.1.	Elaborati del progetto esecutivo	7
2.2.	Normative	9
2.3.	Programma di calcolo	9
3.	MATERIALI	10
3.1.	Caratteristiche	10
3.2.	Tensioni ammissibili	11
3.3.	Sovra-spessore di corrosione	12
4.	SCHEMATIZZAZIONE DELLA PARATOIA	13
4.1.	Premessa	13
4.2.	Fasciami	14
4.2.1.	Fasciami esterni	14
4.2.2.	Fasciami interni (diaframmi longitudinali)	21
4.3.	Rinforzi ordinari	25
4.3.1.	Piatti	25
4.3.2.	Ferri a bulbo	27
4.4.	Telai rinforzati	30
4.5.	Squadre	35
4.6.	Piatti di rinforzo fori	37
4.7.	Supporti appoggi elastici	39
4.8.	Piattabande squadre	41
4.9.	Vincoli	41
5.	CARICHI APPLICATI	45
5.1.	Generalità	45
5.2.	Peso proprio	45
5.2.1.	Peso della paratoia e degli allestimenti	45
5.2.2.	Peso distribuito uniformemente	46
5.2.3.	Peso concentrato solo in alcune zone	48
5.3.	Peso fouling	49
5.4.	Peso totale considerato nei calcoli	51
5.5.	Onda	52
5.6.	Variazioni termiche	55
5.7.	Combinazioni di carico	55

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

6.	CONCLUSIONI	56
6.1.	Verifiche tensionali	56
6.2.	Deformazioni	57
6.3.	Reazioni vincolari	59
7.	RISULTATI	60

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

## 1. OGGETTO E SCOPO

La presente relazione illustra il calcolo degli elementi strutturali della paratoia di Lido San Nicolò nella condizione di appoggio sul fondo con una pressione, sui fasciami che racchiudono la paratoia, dovuta all'onda attraverso una schematizzazione tridimensionale ad elementi finiti.

Le caratteristiche geometriche principali della paratoia sono:

- lunghezza totale 26.70 [m]
- lunghezza da asse cerniere 26.05 [m]
- larghezza massima 19.92 [m]
- larghezza in punta 19.86 [m]
- lunghezza rastremazione (dalla punta) 13.95 [m]
- altezza 4.00 [m]
- distanza asse cerniere da superficie superiore 0.80 [m]

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.

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

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; l'entità della riduzione è irrilevante ai fini delle verifiche.

Le strutture di supporto degli appoggi elastici sono modellate solo per le condizioni più gravose ad esse relative, corrispondenti alle condizioni temporanee di ritorno a riposo (abbattimento) delle paratoie; in tutti gli altri casi esse sono considerate solo come carichi applicati.

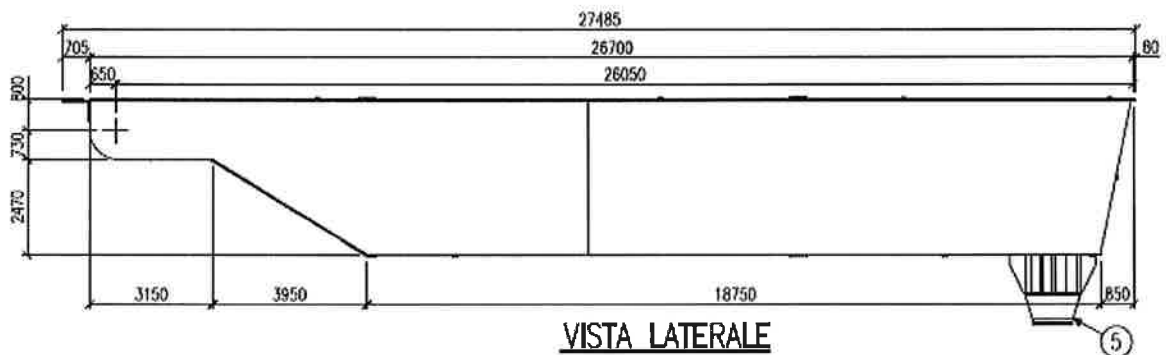
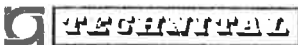


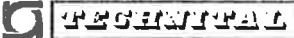
FIG. 1.1 – PARATOIA – VISTA LATERALE

In Tab. 1.1 vengono riportate in dettaglio le combinazioni di carico analizzate.

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

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

TAB. 1.1 – COMBINAZIONI DI CARICO

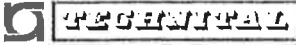
	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

## 2. RIFERIMENTI

### 2.1. Elaborati del progetto esecutivo

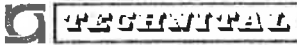
La presente relazione fa riferimento ai seguenti elaborati:

DISEGNI		
/1/	MV082P-PE-NAD-2007	ASSIEME STRUTTURALE
/2/	MV082P-PE-NAD-2010	STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME SUPERIORE
/3/	MV082P-PE-NAD-2011	STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME INFERIORE
/4/	MV082P-PE-NAD-2012	STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME LATERALE
/5/	MV082P-PE-NAD-2013	STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME FRONTALE E POSTERIORE
/6/	MV082P-PE-NAD-2020	STRUTTURA PRINCIPALE – PARATIA LONGITUDINALE IN ASSE CERNIERA
/7/	MV082P-PE-NAD-2030	STRUTTURA PRINCIPALE – LINEA DI PUNTELLATURA TAV. 1
/8/	MV082P-PE-NAD-2031	STRUTTURA PRINCIPALE – LINEA DI PUNTELLATURA TAV. 2
/9/	MV082P-PE-NAD-2032	STRUTTURA PRINCIPALE – DETTAGLI PUNTELLATURE TAV. 1
/10/	MV082P-PE-NAD-2033	STRUTTURA PRINCIPALE – DETTAGLI PUNTELLATURE TAV. 2
/11/	MV082P-PE-NAD-2040	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONI TRASVERSALI ORDINARIE
/12/	MV082P-PE-NAD-2041	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE LONGITUDINALE ORDINARIA
/13/	MV082P-PE-NAD-2042	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE ORIZZONTALE ORDINARIA
/14/	MV082P-PE-NAD-2050	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 2
/15/	MV082P-PE-NAD-2051	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 3

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

/16/	MV082P-PE-NAD-2052	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 4
/17/	MV082P-PE-NAD-2053	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 5
/18/	MV082P-PE-NAD-2054	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 6
/19/	MV082P-PE-NAD-2055	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 7
/20/	MV082P-PE-NAD-2056	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 8
/21/	MV082P-PE-NAD-2057	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 9
/22/	MV082P-PE-NAD-2058	STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 10
/23/	MV082P-PE-NAD-2070	STRUTTURA PRINCIPALE - DETTAGLI INTERFACCIA CERNIERE TAV. 1
/24/	MV082P-PE-NAD-2071	STRUTTURA PRINCIPALE - DETTAGLI INTERFACCIA CERNIERE TAV. 2
/25/	MV082P-PE-NAD-2090	DETTAGLI PUNTI DI SOSPENSIONE POSTERIORI
/26/	MV082P-PE-NAD-2091	DETTAGLI PUNTI DI SOSPENSIONE ANTERIORI
/27/	MV082P-PE-NAD-2200	PIANO GENERALE TAV.1
/28/	MV082P-PE-NAD-2201	PIANO GENERALE TAV.2
<b>RELAZIONI</b>		
/29/	MV082P-PE-NAR-2000	RELAZIONE TECNICA GENERALE



	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

## 2.2. Normative

Le normative di riferimento per la progettazione sono:


- R.I.Na. 2010 “Regolamento per la classificazione delle navi”.

Per l’esecuzione dei calcoli diretti si è fatto anche riferimento alla pubblicazione R.I.Na. del 1992 “Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi” che riporta i parametri di verifica per una schematizzazione a elementi finiti..

## 2.3. Programma di calcolo

La paratoia è stata analizzata utilizzando il programma di calcolo ALGOR FEA:

- Autore: ALGOR Inc.
- Release: V23.1

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

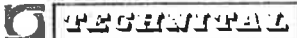
### 3. MATERIALI

#### 3.1. Caratteristiche

La paratoia è realizzata con struttura totalmente saldata utilizzando i seguenti materiali:

- lamiera, piatti e profili spessore fino a 16 mm - acciaio S275 - UNI EN 10025 con i requisiti aggiuntivi riportati nella specifica MV082P-PE-NAS-2001
  - $f_u \geq 410\div560$  [MPa]
  - $f_y \geq 275$  [MPa]
  - $f_d = 275$  [MPa]
- lamiera spessore da 16 mm fino a 40 mm - acciaio S275 - UNI EN 10025 con i requisiti aggiuntivi riportati nella specifica MV082P-PE-NAS-2001
  - $f_u \geq 410\div560$  [MPa]
  - $f_y \geq 265$  [MPa]
  - $f_d = 265$  [MPa]
- lamiera spessore da 40 mm fino a 63 mm - acciaio S355 - UNI EN 10025 con i requisiti aggiuntivi riportati nella specifica MV082P-PE-NAS-2001 incluse le proprietà garantite in direzione perpendicolare alla superficie
  - $f_u \geq 470\div630$  [MPa]
  - $f_y \geq 335$  [MPa]
  - $f_d = 335$  [MPa]
- lamiera spessore da 63 mm fino a 200 mm - acciaio S355 - UNI EN 10025 con i requisiti aggiuntivi riportati nella specifica MV082P-PE-NAS-2001 incluse le proprietà garantite in direzione perpendicolare alla superficie

> 63 mm ≤ 80 mm	> 80 mm ≤ 100 mm	> 100 mm ≤ 150 mm	>150 mm a 200 mm
$f_u \geq 470\div630$ [MPa]		$f_u \geq 450\div600$ [MPa]	
$f_y \geq 325$ [MPa]	$f_y \geq 315$ [MPa]	$f_y \geq 295$ [MPa]	$f_y \geq 285$ [MPa]
$f_d = 325$ [MPa]	$f_d = 315$ [MPa]	$f_d = 295$ [MPa]	$f_d = 285$ [MPa]

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

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

### 3.2. Tensioni ammissibili

Le verifiche strutturali vengono condotte con riferimento, in generale, ai criteri del Registro Italiano Navale (R.I.Na.), per quanto applicabili, relativi alle strutture di navi; in particolare si fa riferimento a:

- R.I.Na. 2010 “Regolamento per la classificazione delle navi”;
- R.I.Na. 1992 “Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi”.

La tensione ammissibile considerata è data da:

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

dove:

$$K = \text{coefficiente materiale} \quad \begin{cases} = 0.89 & \text{S275} \\ = 0.72 & \text{S355} \end{cases}$$

$$h = \text{coefficiente di sicurezza} = 1.55 \text{ (condizioni di carico base)}$$

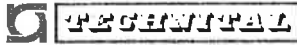
Per cui:

$$\sigma_{\text{amm}} = 174 \quad [\text{N/mm}^2] \qquad \tau_{\text{amm}} = 100 \quad [\text{N/mm}^2] \qquad \text{S275}$$

$$\sigma_{\text{amm}} = 215 \quad [\text{N/mm}^2] \qquad \tau_{\text{amm}} = 124 \quad [\text{N/mm}^2] \qquad \text{S355}$$

La tensione ideale deriva da:

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

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

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 come indicato in Tab. 3.1.

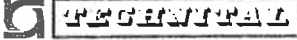
Spessore massimo [mm]	16	40	63	80	100	150	200
$\sigma_{amm}$ S275	174	168	161	155	149	142	136
$\sigma_{amm}$ S355	215	209	203	197	191	179	173

TAB. 3.1 – TENSIONE AMMISSIBILE IN FUNZIONE DELLO SPESSORE DELL'ELEMENTO

### 3.3. 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
- esposizione lato interno paratoia = 1.0 mm

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

## 4. SCHEMATIZZAZIONE DELLA PARATOIA

### 4.1. Premessa

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

- piastra
- trave
- elemento 3D

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

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

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

- elementi triangolari

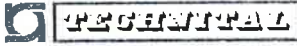
$$30^\circ \leq \text{angolo} \leq 120^\circ$$

Il modello è composto da:

- 111.996 nodi
- 15.608 elementi trave
- 99.396 elementi piastra
- 11.420 elementi tridimensionali

L'elemento piastra base ha, in genere, forma quadrata con lato da 156,25 mm. 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 trapezio.

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

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

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

## 4.2. Fasciami

### 4.2.1. Fasciami esterni

I fasciami esterni sono stati schematizzati con elementi piastra aventi uno spessore pari a quello indicato sui disegni deducendo 1.5 mm quale sovra-spessore di corrosione.

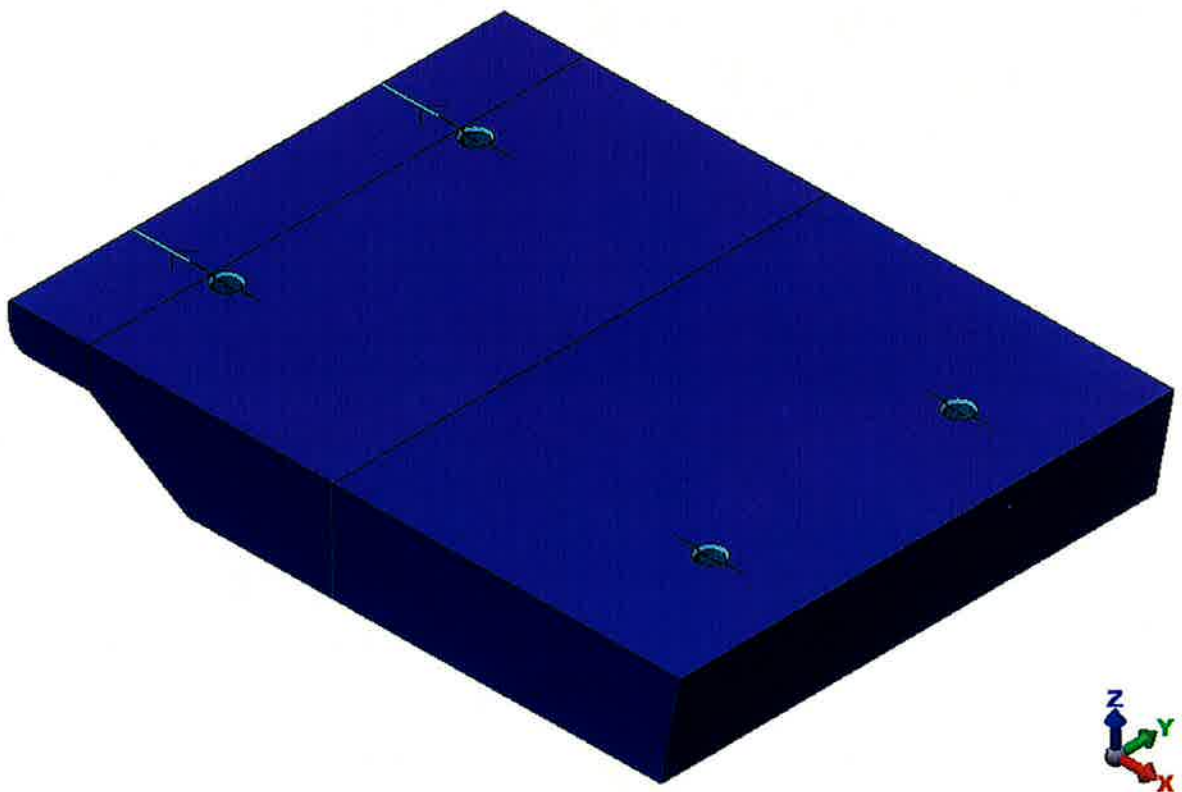



FIG. 4.1 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA SUPERIORE

 <b>PROGENTPA</b>	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

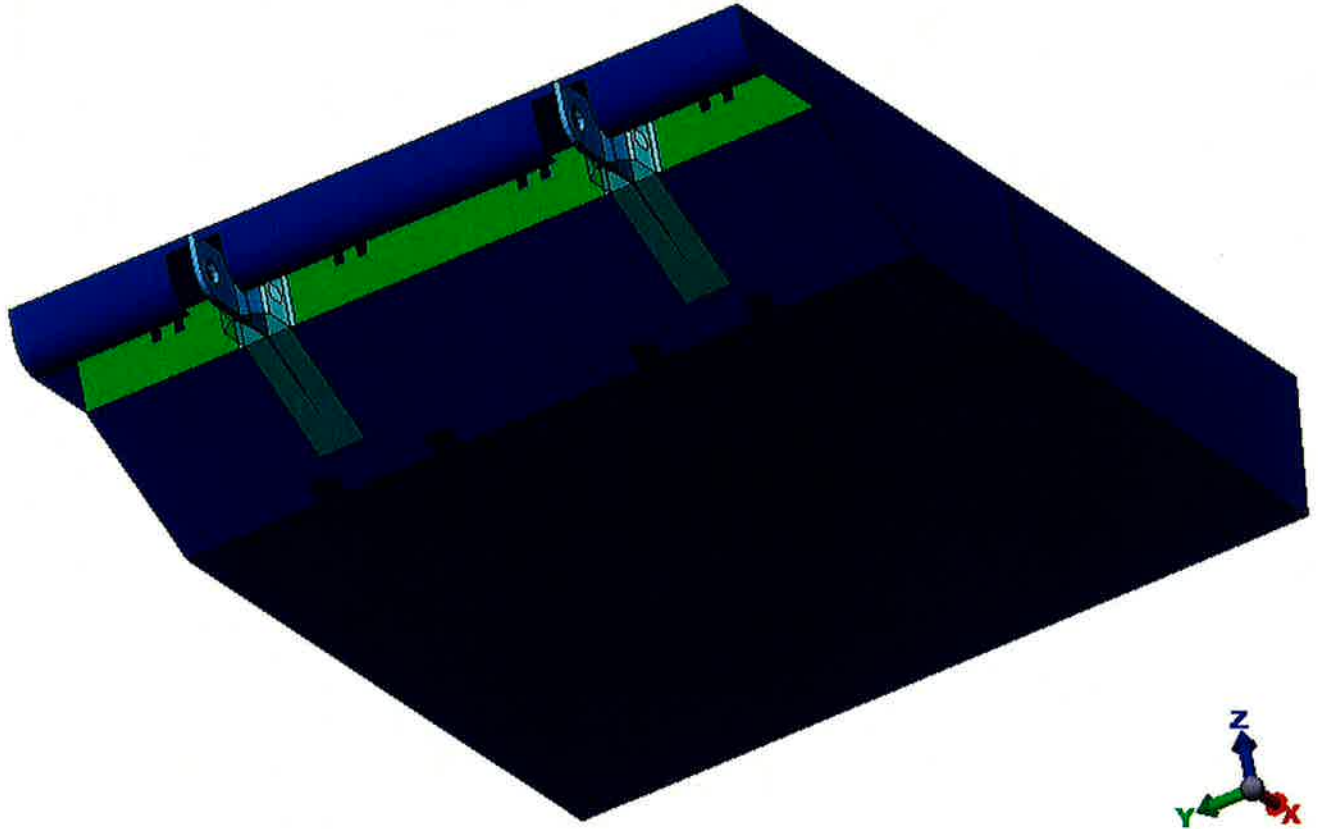
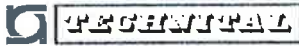


FIG. 4.2 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA INFERIORE

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

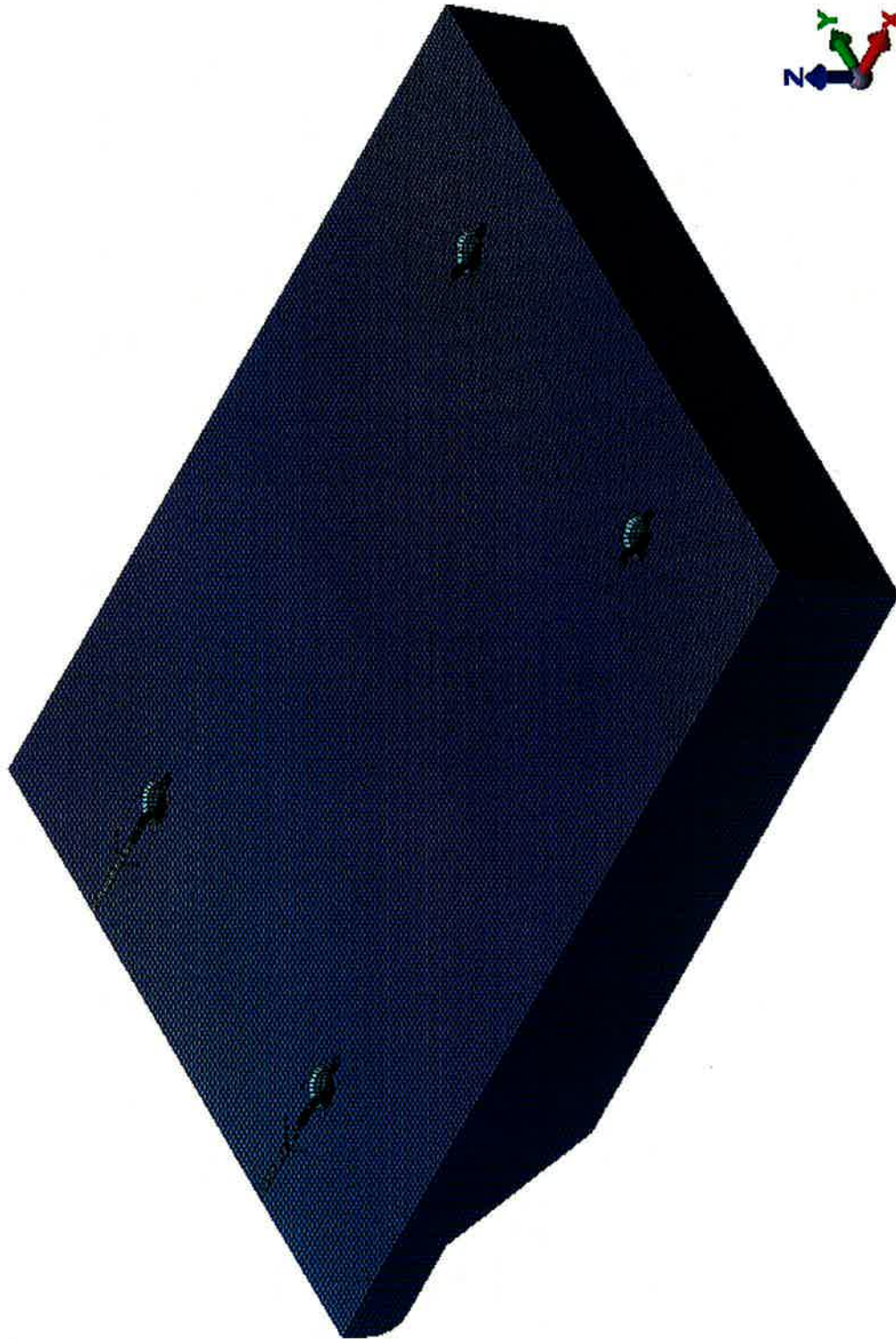



FIG. 4.3 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO MESH



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

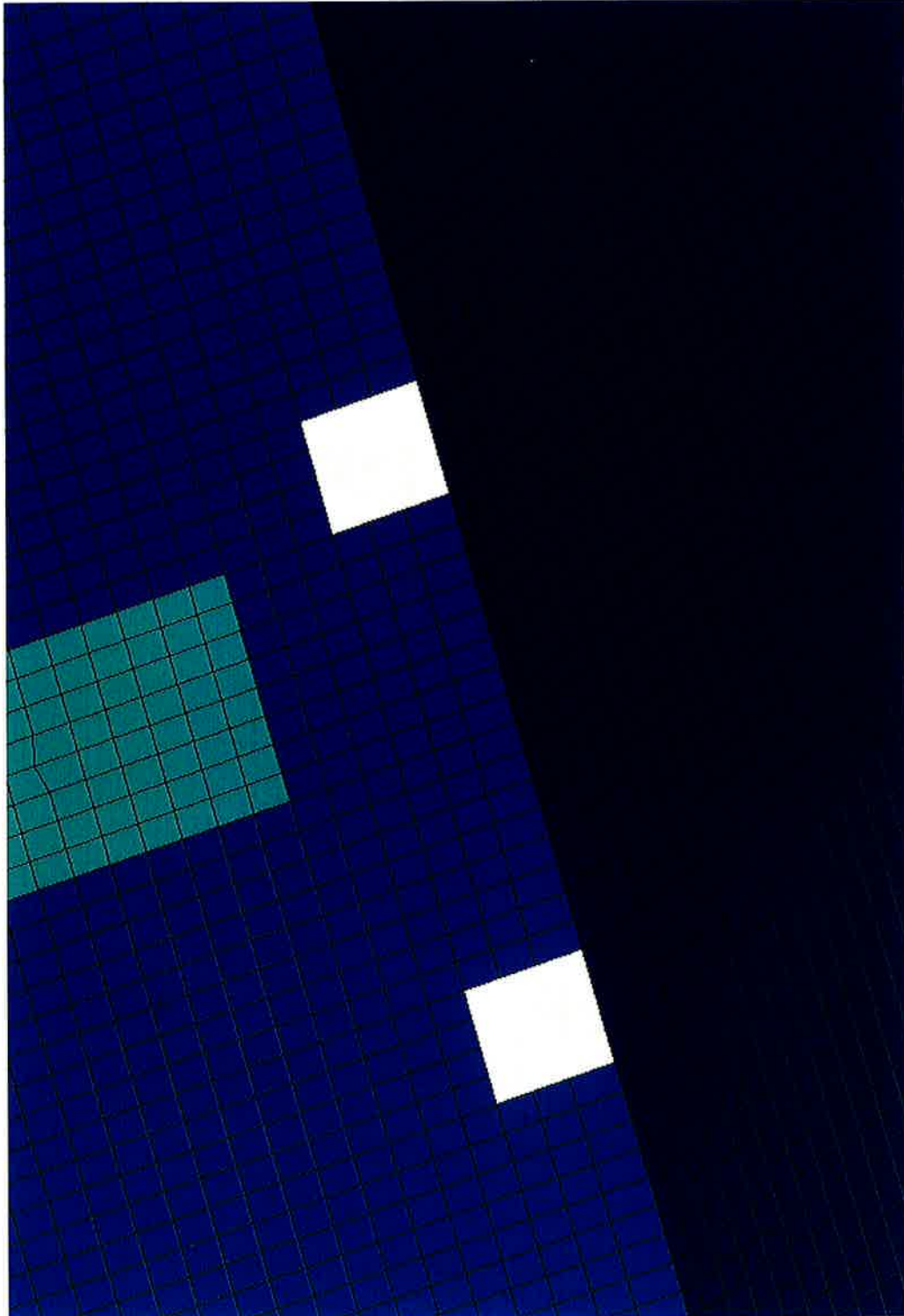
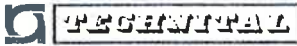


FIG. 4.4 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO PRESE MARE VISTE DAL BASSO

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

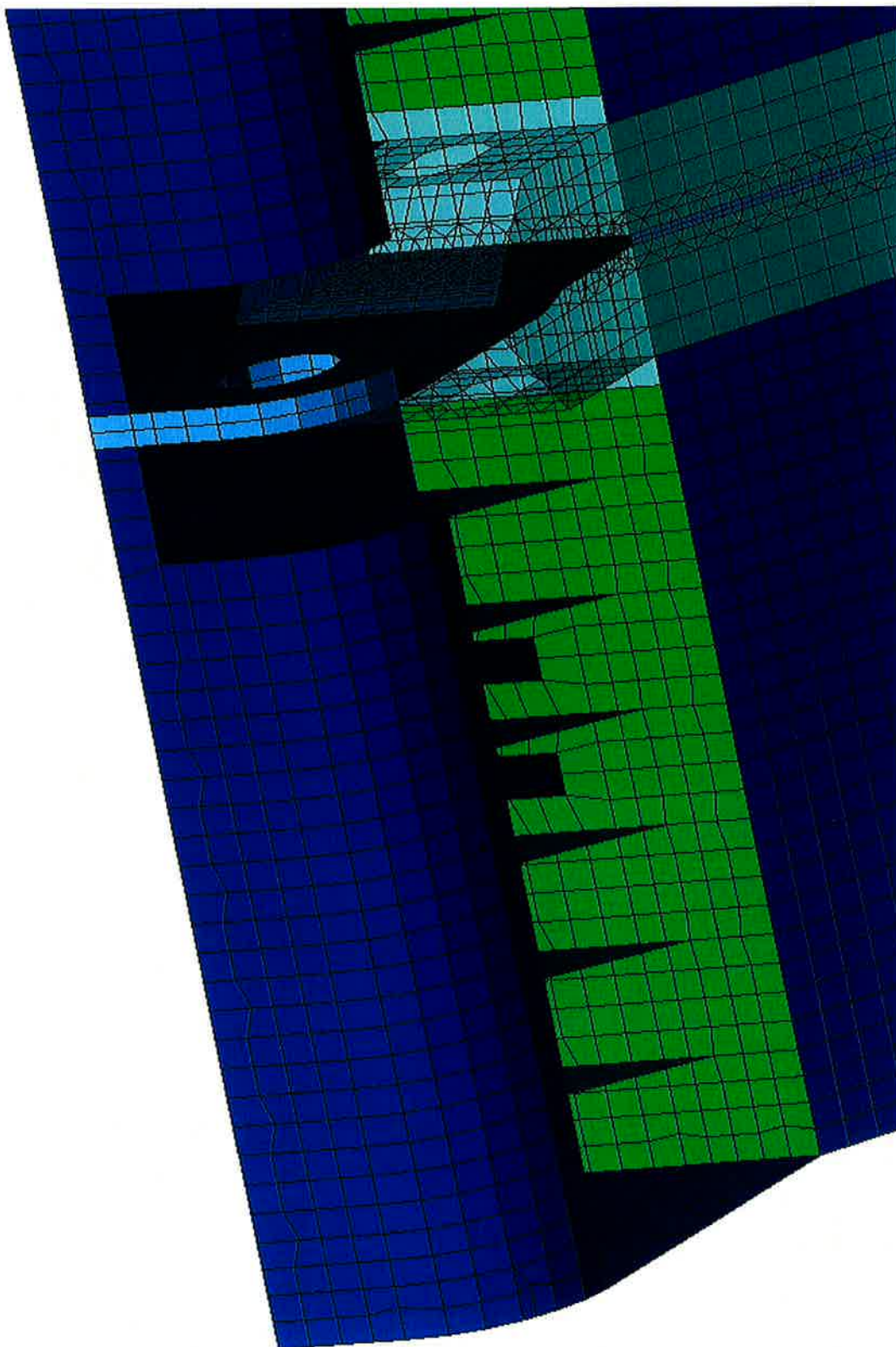
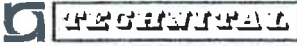


FIG. 4.5 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO SFOGHI ARIA VISTI DAL BASSO



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

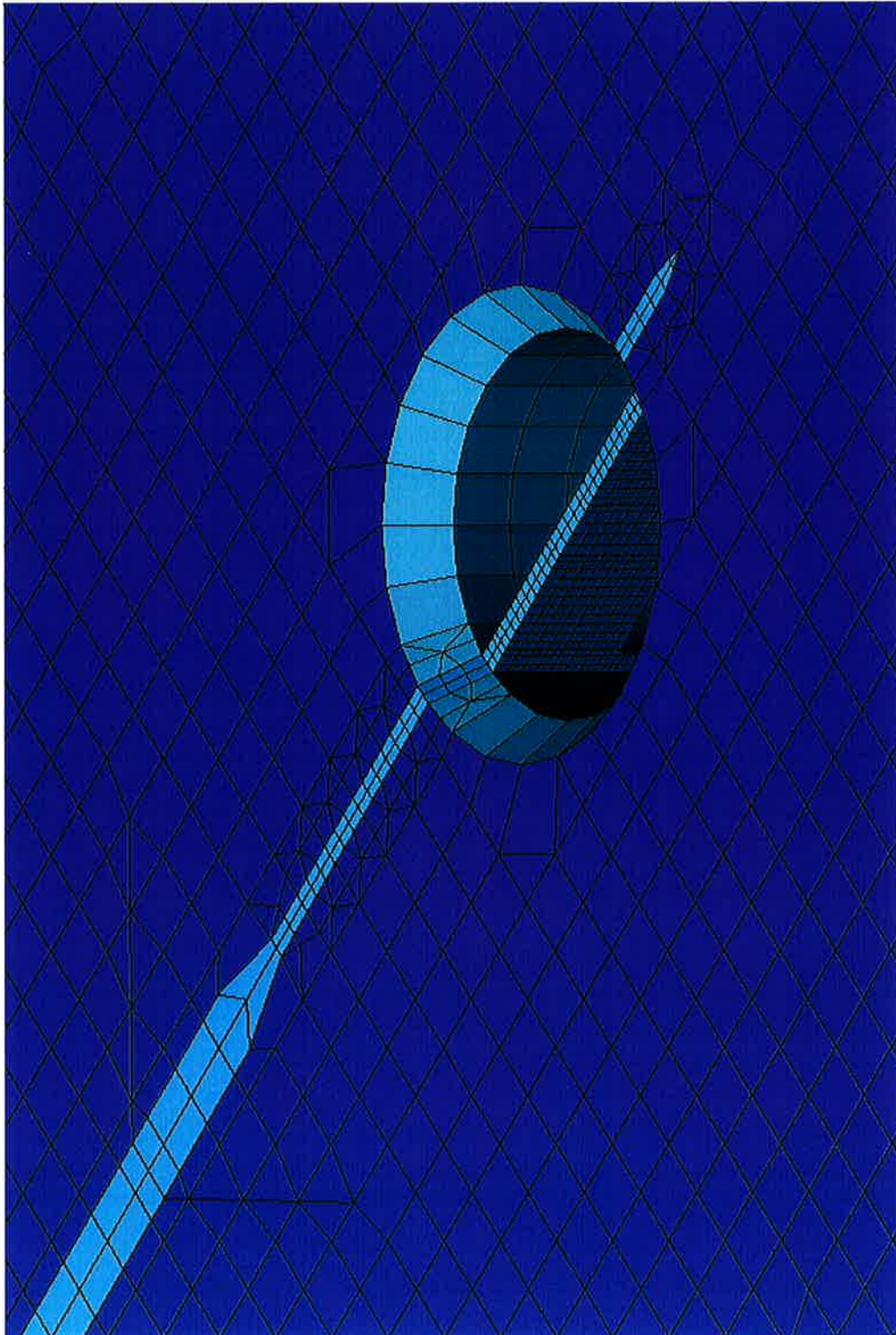


FIG. 4.6 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK POSTERIORE



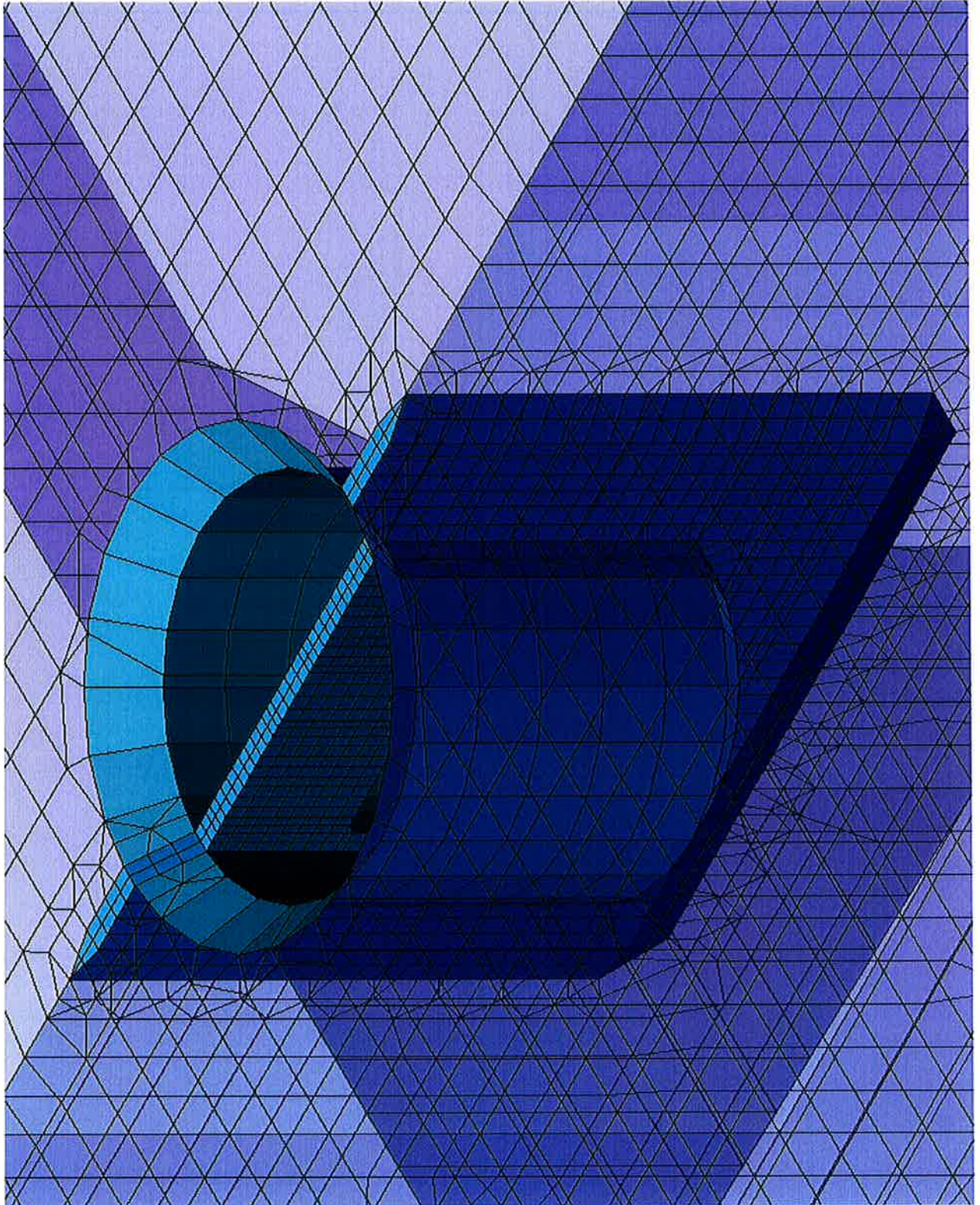



FIG. 4.7 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK ANTERIORE



 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.2.2. Fasciami interni (diaframmi longitudinali)

I fasciami interni sono stati schematizzati con elementi piastra nelle zone in cui lo spessore è pari a 10, 12, 15, 20 e 30 mm, e con elementi tridimensionali nelle zone in cui lo spessore è 60 e 180 mm, raccordati agli elementi piastra. Lo spessore degli elementi è pari a quello indicato sui disegni deducendo 2.0 mm quale sovrappessore di corrosione.

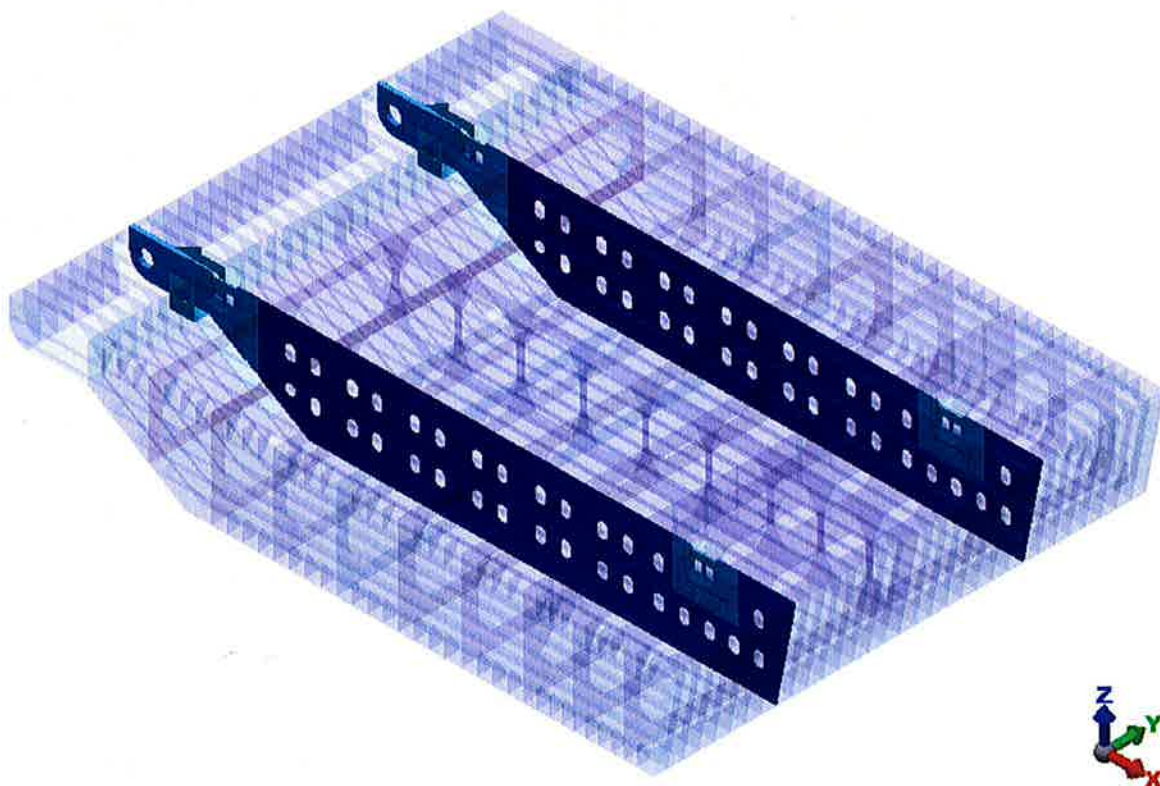
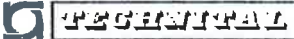


FIG. 4.8 – FASCIAMI INTERNI

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

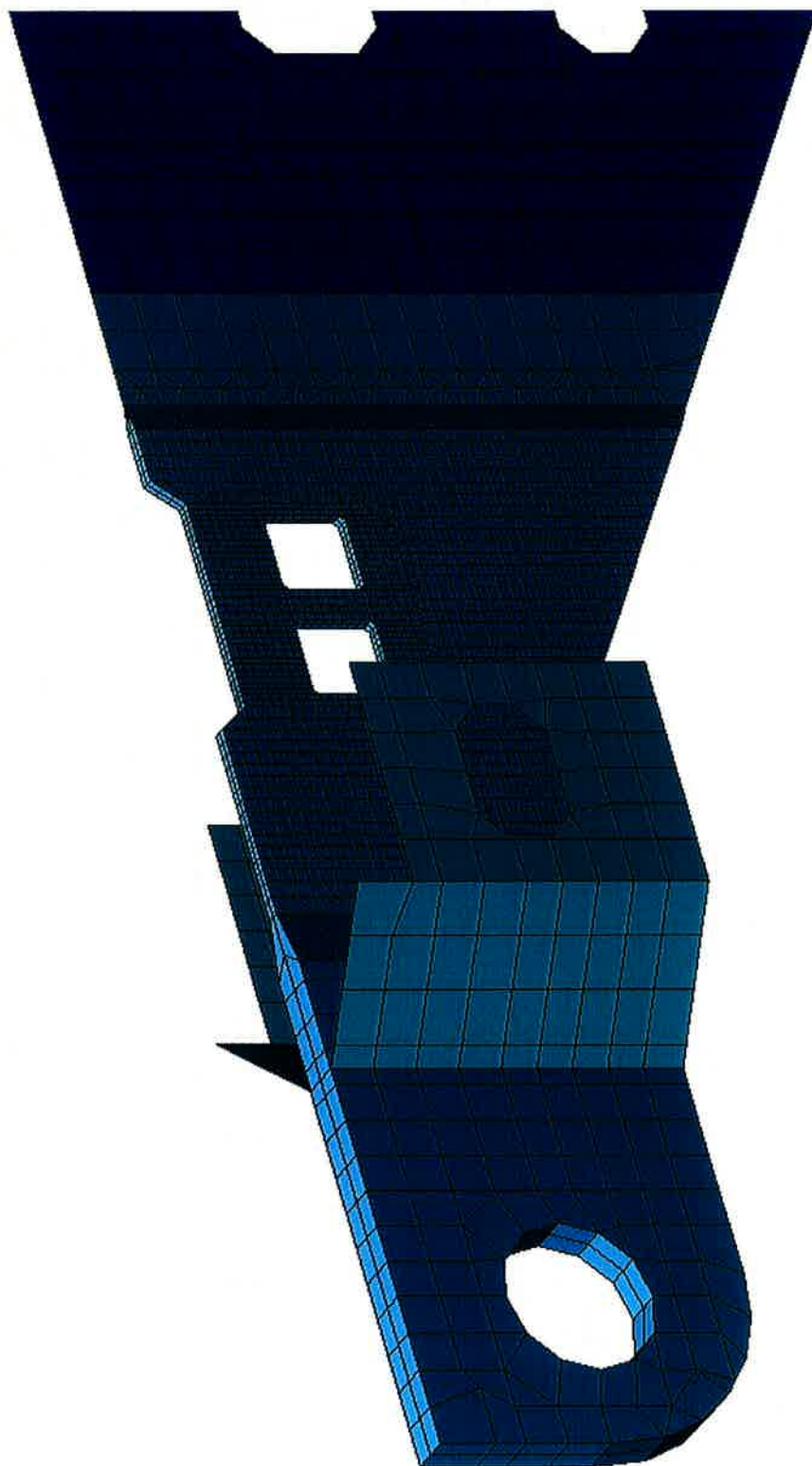
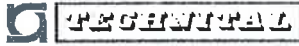


FIG. 4.9 – FASCIAMI INTERNI: DETTAGLIO RASTREMAZIONE ZONA POSTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

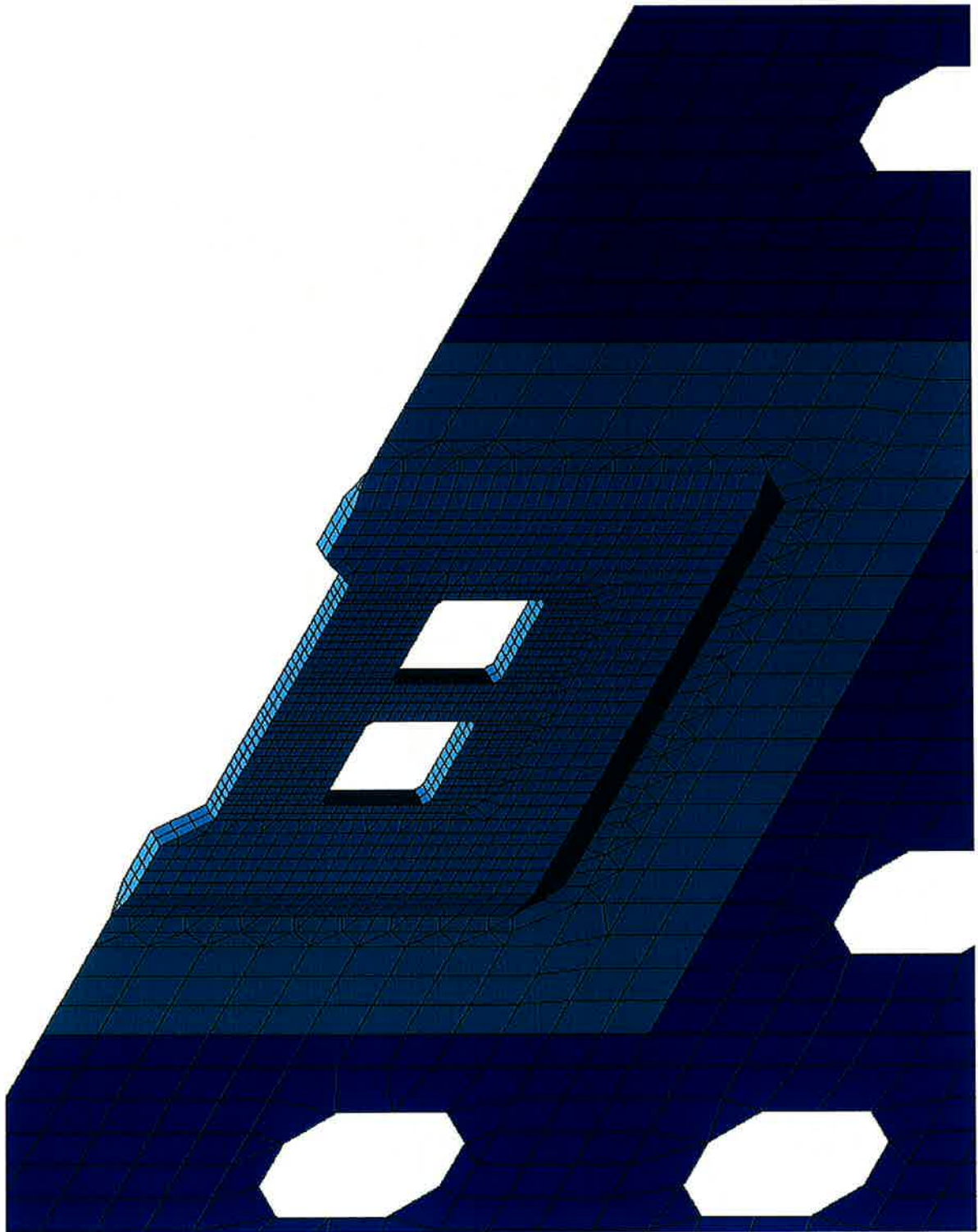
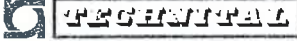


FIG. 4.10 – FASCIAMI INTERNI: DETTAGLIO RASTREMAZIONE ZONA ANTERIORE



	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

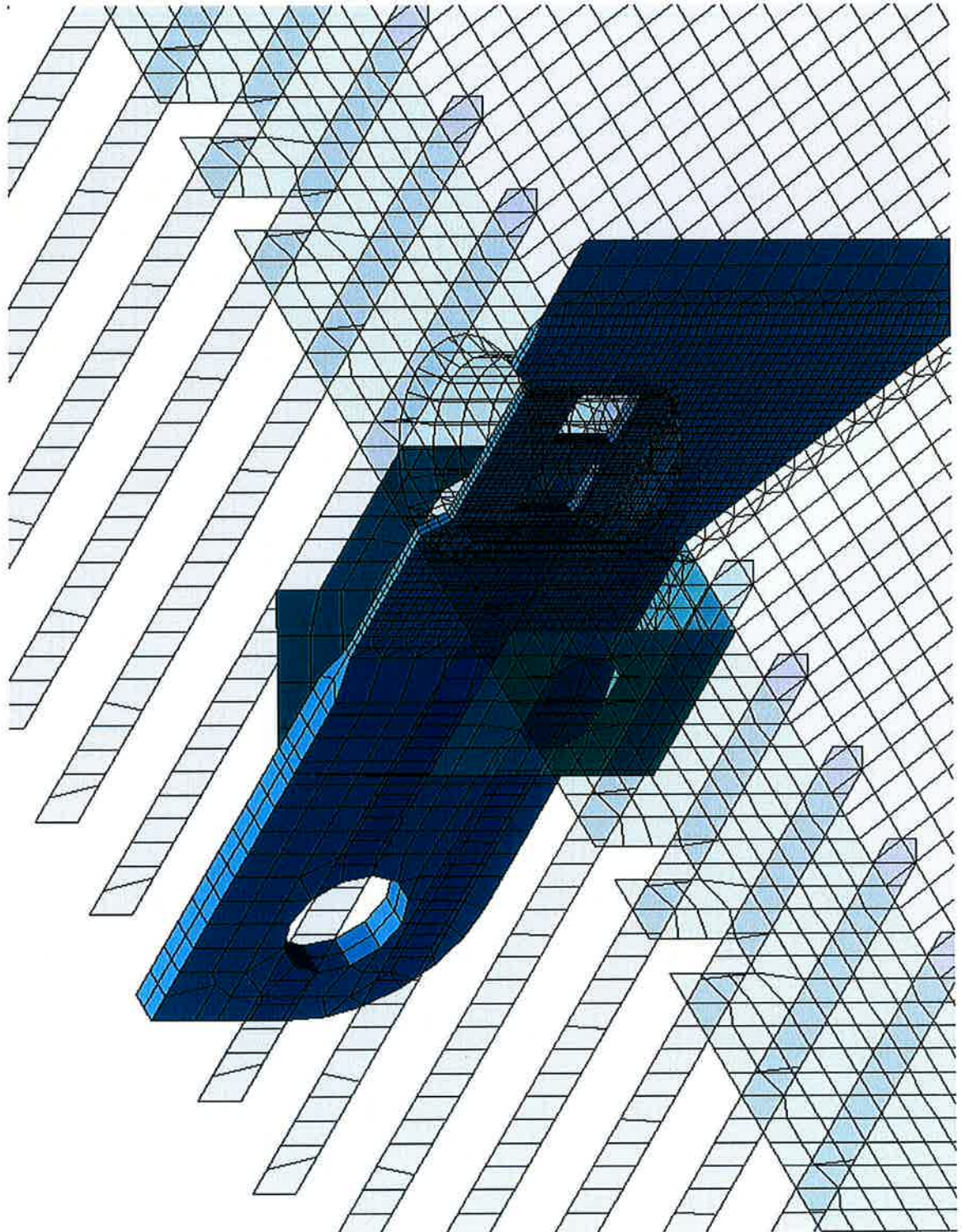
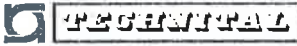


FIG. 4.11 – FASCIAMI INTERNI: DETTAGLIO RINFORZI ZONA CERNIERE



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

### 4.3. Rinforzi ordinari

#### 4.3.1. Piatti

I piatti di rinforzo dei diaframmi longitudinali e del diaframma verticale dell'ossatura 09 sono stati schematizzati con elementi piastra di altezza pari al piatto e di spessore pari a quello indicato sui disegni deducendo 2.0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

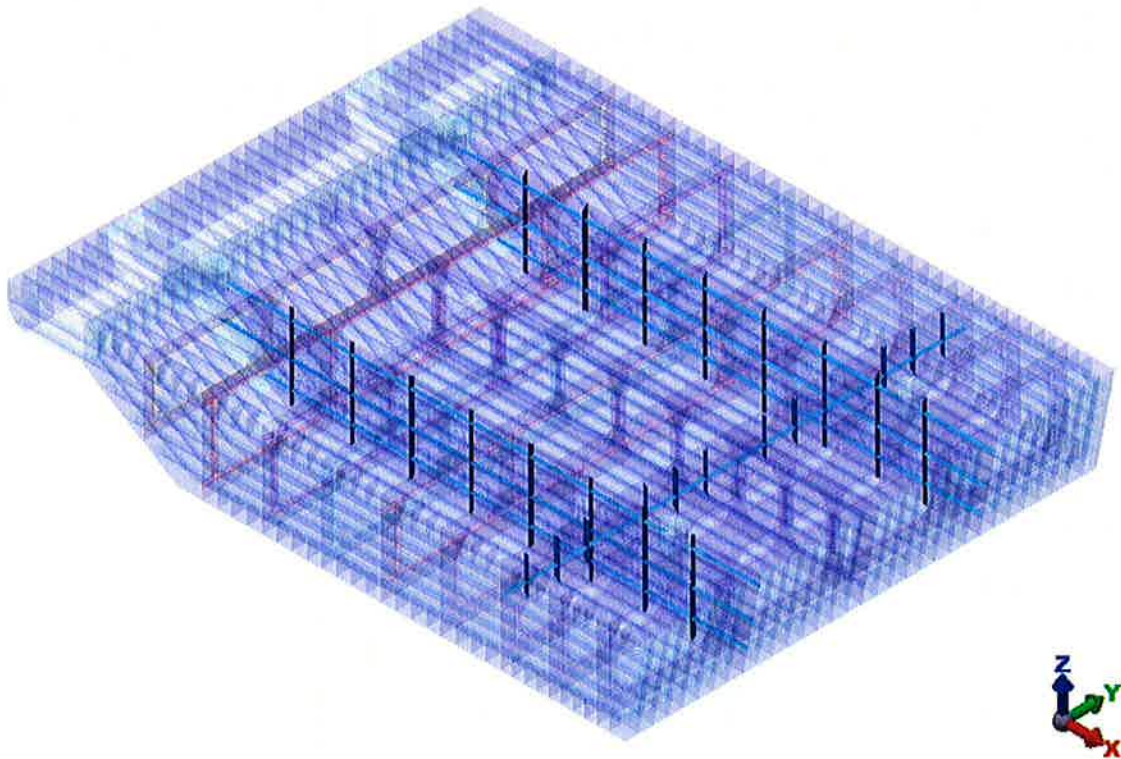
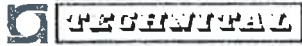


FIG. 4.12 – PIATTI DI RINFORZO

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 26
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

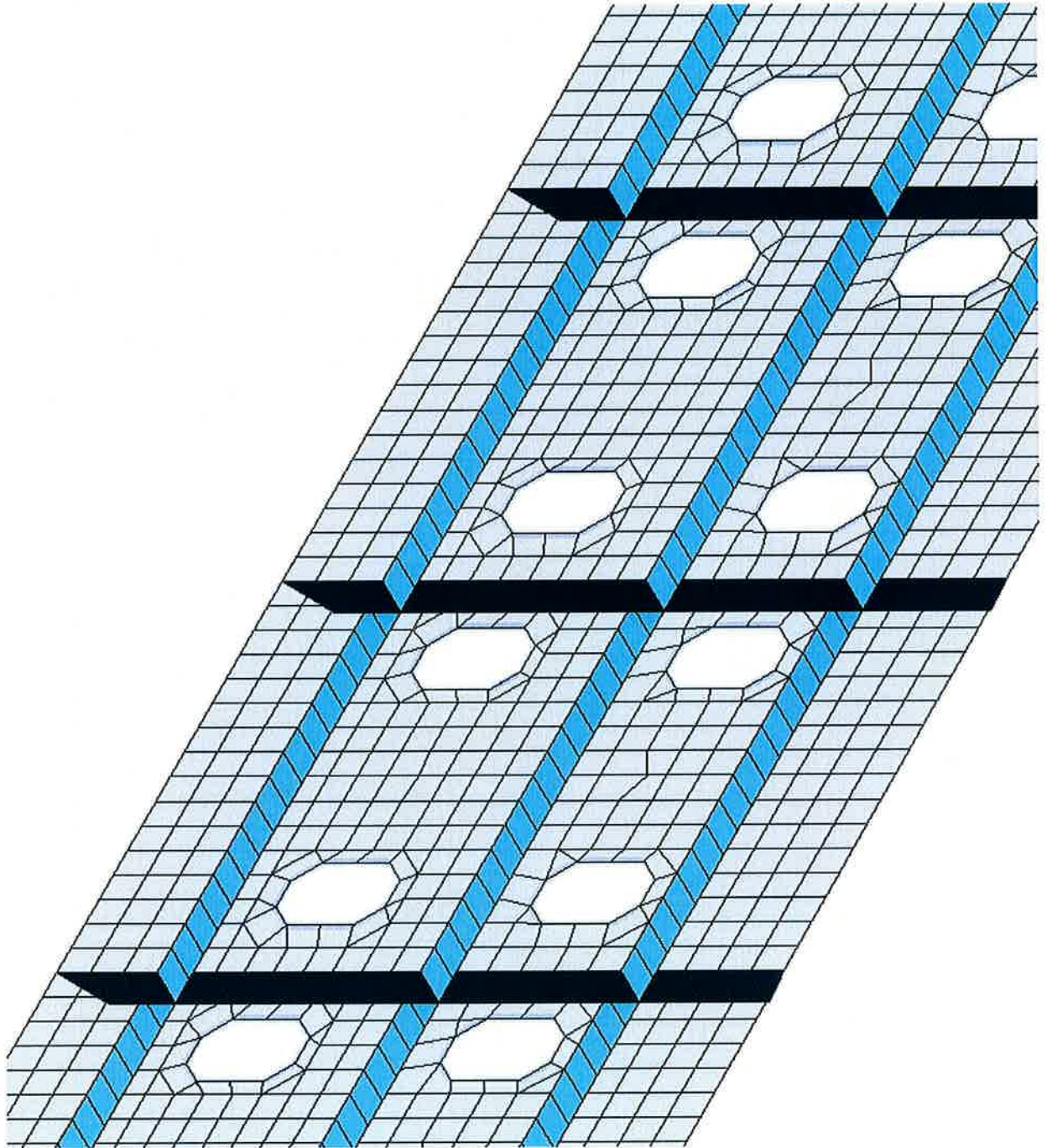
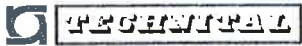


FIG. 4.13 – PIATTI DI RINFORZO: DETTAGLIO MESH

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.3.2. Ferri a bulbo

Le sezioni dei ferri a bulbo riportate sui disegni vengono trasformate, secondo un criterio di equivalenza R.I.Na., in angolari con spessori di anima e piattabanda ridotti di 2.0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

L'angolare così ottenuto viene schematizzato attraverso un elemento piastra, simulante l'anima del ferro, ed un elemento trave, simulante il bulbo, attraverso la trasformazione riportata in Fig. 4.14.

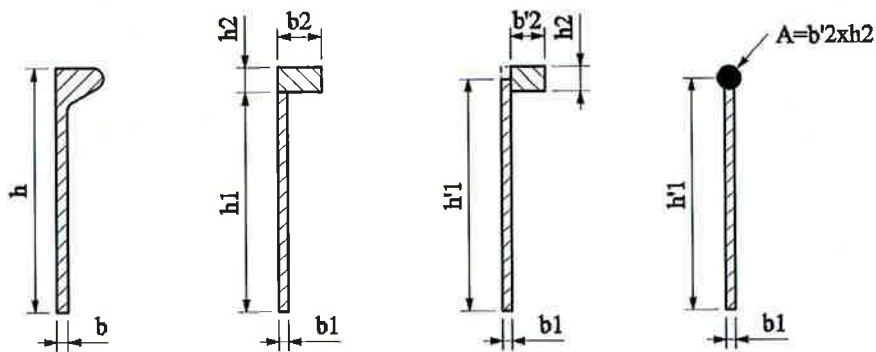


FIG. 4.14 – CONVERSIONE FERRI A BULBO

dove:

$h \times b$  = dimensioni bulbo.

Trasformazione secondo il metodo R.I.Na. con:

$$b1 = b - 2$$

$$h1 + h2 = h$$

Per avere il centro dell'elemento asta nella stessa posizione del suo baricentro si esegue un'ulteriore trasformazione dell'angolare equivalente aumentando l'altezza dell'anima e modificando la larghezza del bulbo in modo che l'area della sezione composta rimanga invariata.

$$h'1 = h1 + \frac{h2}{2}$$

$$b'2 = b2 - \frac{b1}{2}$$



L'angolare così ottenuto viene schematizzato nel seguente modo:

- elemento piastra avente altezza pari ad  $h'1$  e spessore  $b1$ ;
- elemento trave con le caratteristiche geometriche di un rettangolo avente per lati  $b'2$  e  $h2$ .

In Tab. 4.1 vengono riportati i dati dei ferri a bulbo considerati.

Bulbo	h1	b1	h2	b2	h'1	b'2
180x8	162.4	6.0	17.6	30.9	171.20	27.87
200x10	180.3	8.0	19.7	35.9	190.15	31.85
240x10	215.9	8.0	24.1	41.8	227.95	37.82
260x10	233.7	8.0	26.3	44.8	246.85	40.81
300x13	269.4	11.0	30.6	53.8	284.70	48.28

TAB. 4.1 – CONVERSIONE BULBI

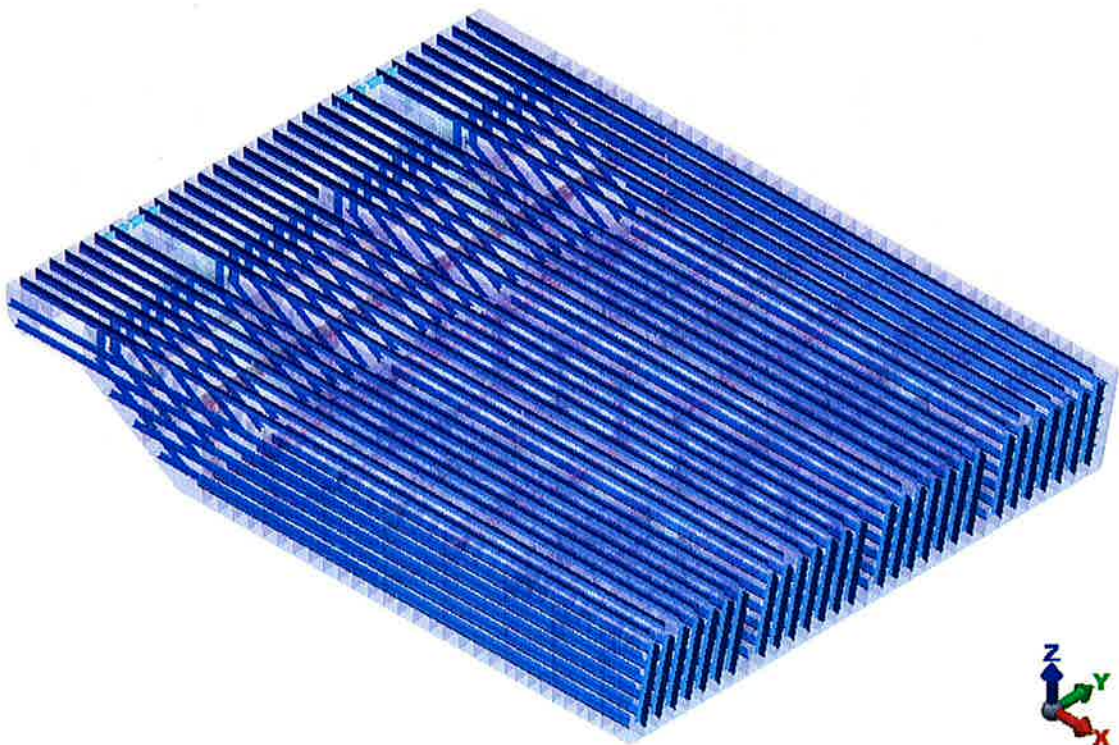
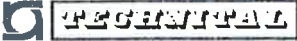


FIG. 4.15 – FERRI A BULBO

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

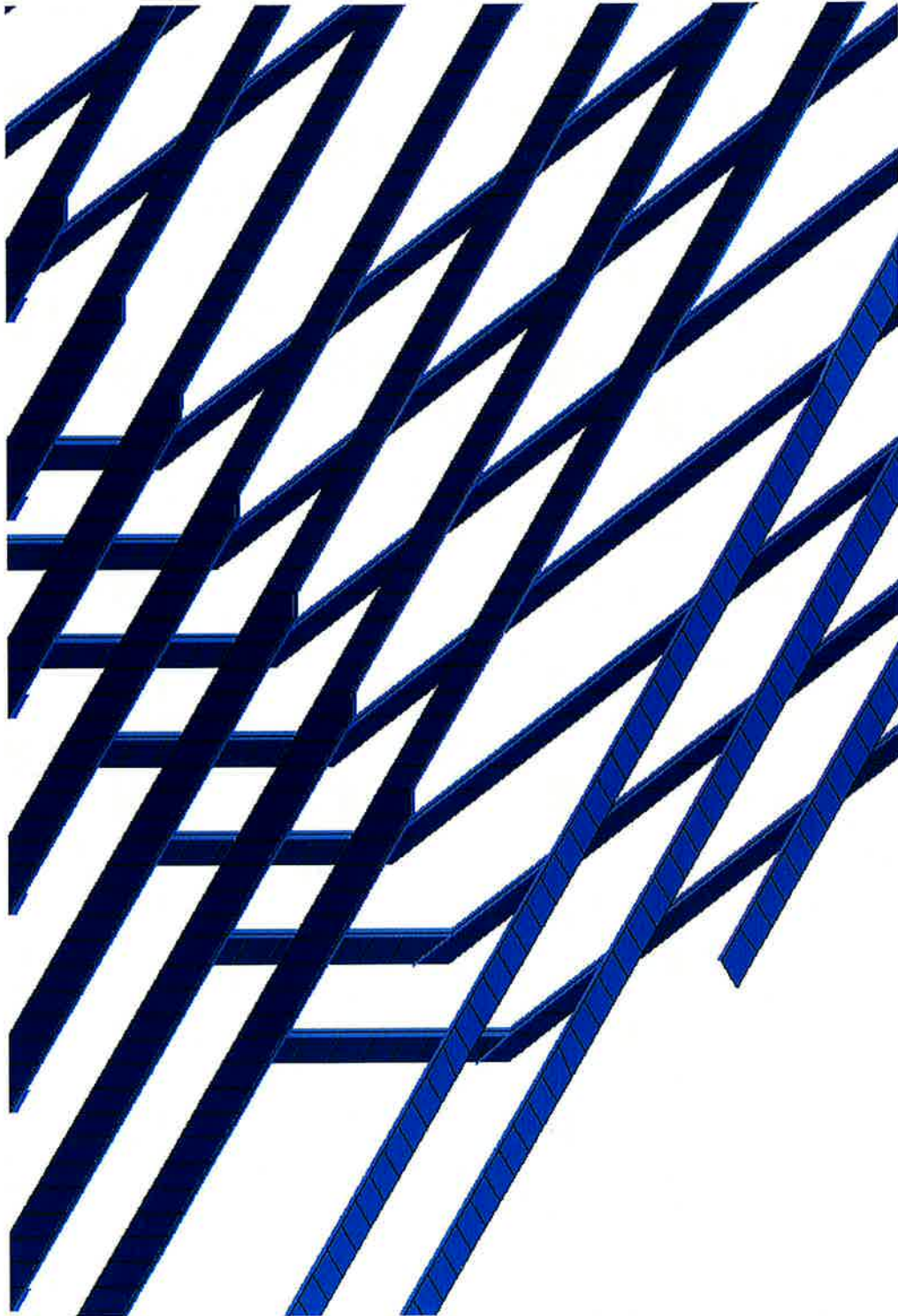
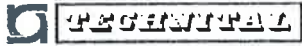


FIG. 4.16 – FERRI A BULBO: DETTAGLIO MESH (ZONA POSTERIORE ALTA)



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 30
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.4. Telai rinforzati

Le anime delle travi rinforzate vengono schematizzate con elementi piastra, in numero di almeno tre sull'altezza.

Le piattabande delle travi rinforzate vengono schematizzate come travi.

Per tener conto dei sovra-spessori di corrosione gli spessori delle anime e delle piattabande delle travi rinforzate, usati nelle verifiche, sono quelli a disegno diminuiti di 2.0 mm.

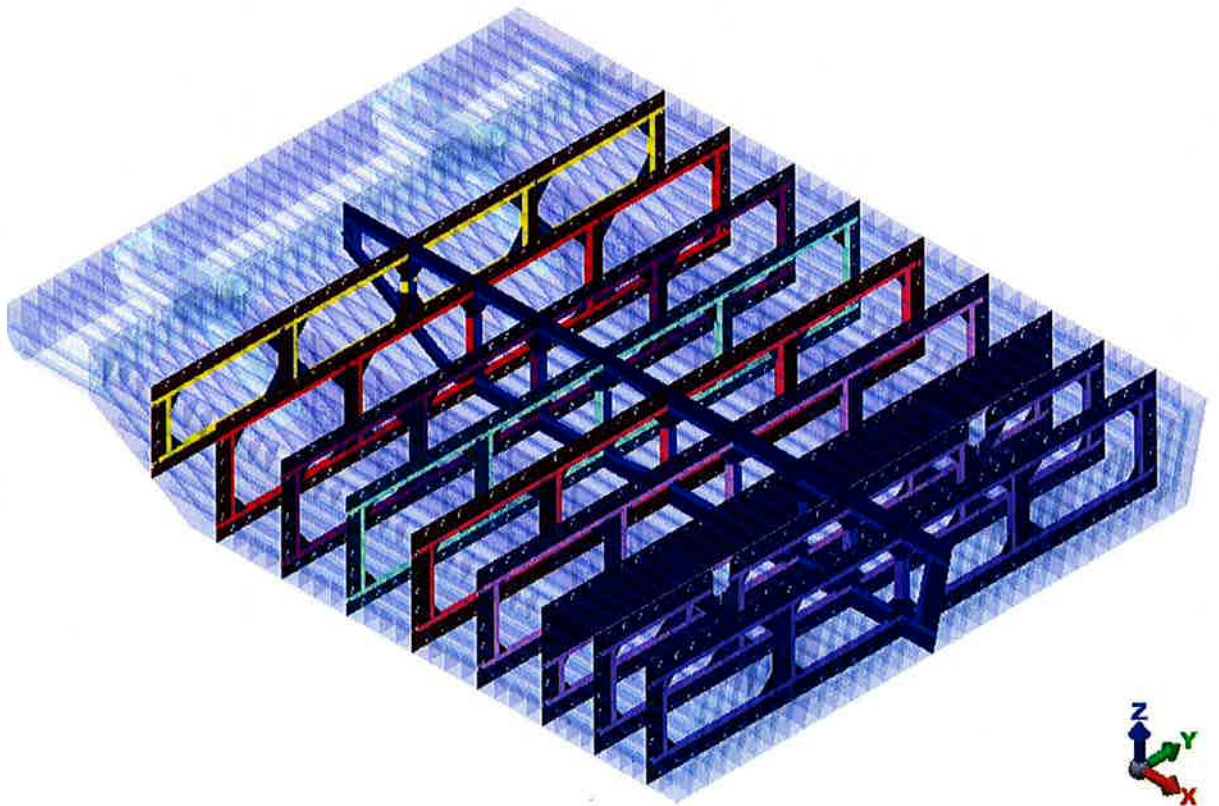
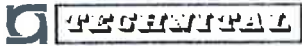


FIG. 4.17 – TELAI RINFORZATI

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 31
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

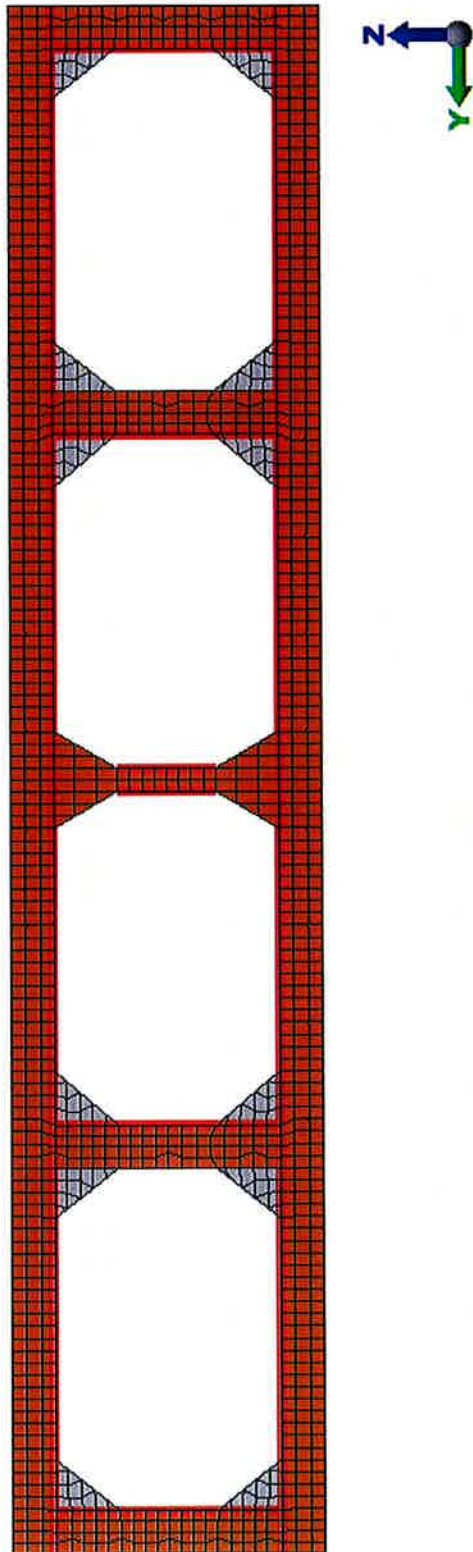
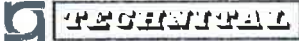


FIG. 4.18 – TELAI RINFORZATI : ALTEZZA ANIME 550 mm

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

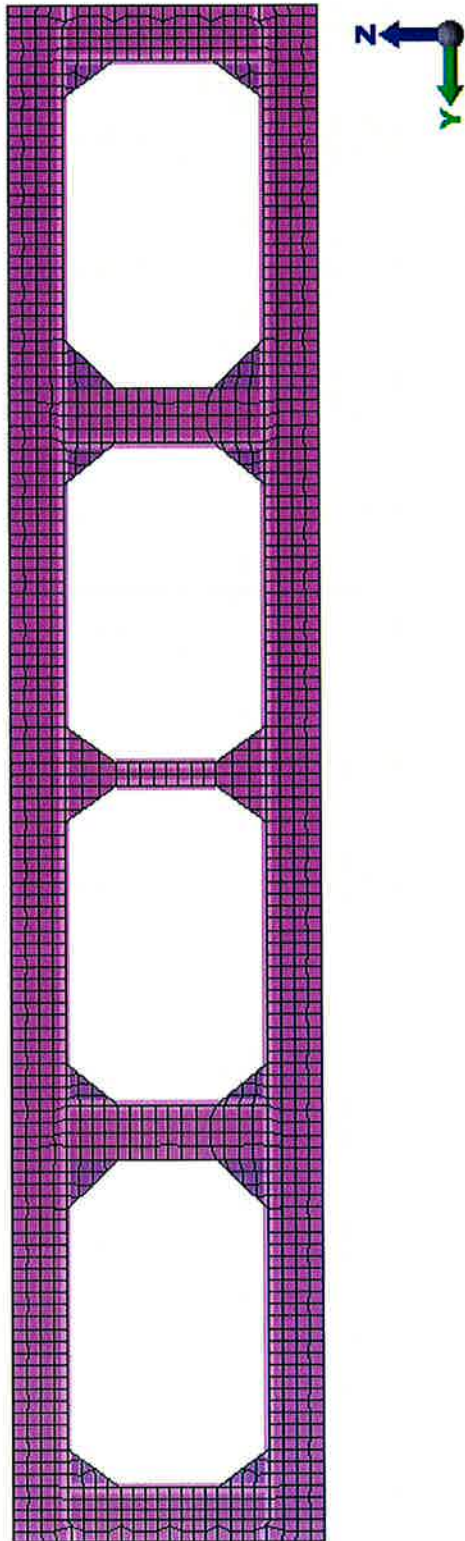



FIG. 4.19 – TELAI RINFORZATI: ALTEZZA ANIME 700 mm



 <b>TECINTAL</b>	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 33
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

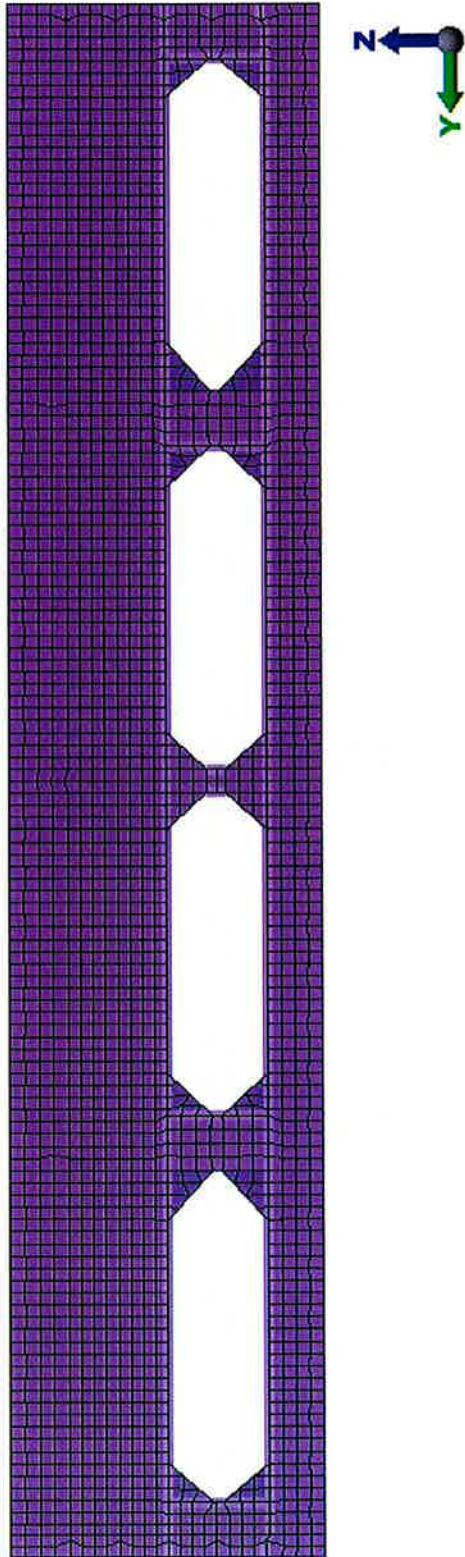



FIG. 4.20 – TELAI RINFORZATI: DIAFRAMA VERTICALE

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 34
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

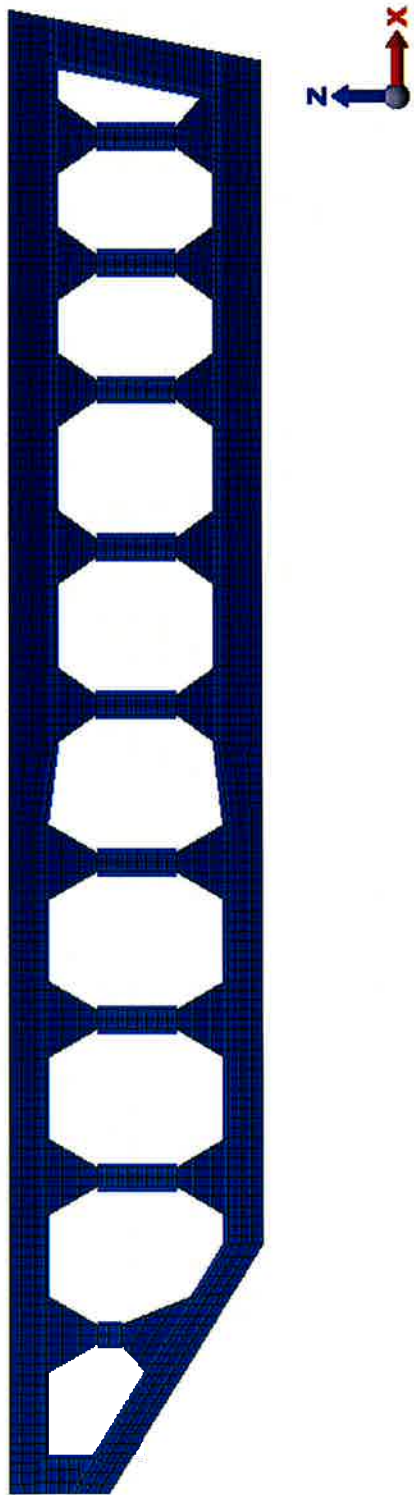
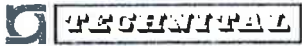


FIG. 4.21 – TELAI RINFORZATI: DIAFRAMMA CENTRALE

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 35
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.5. Squadre

Le squadre sono state schematizzate con elementi piastra aventi spessore pari a quello indicato sui disegni deducendo 2.0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

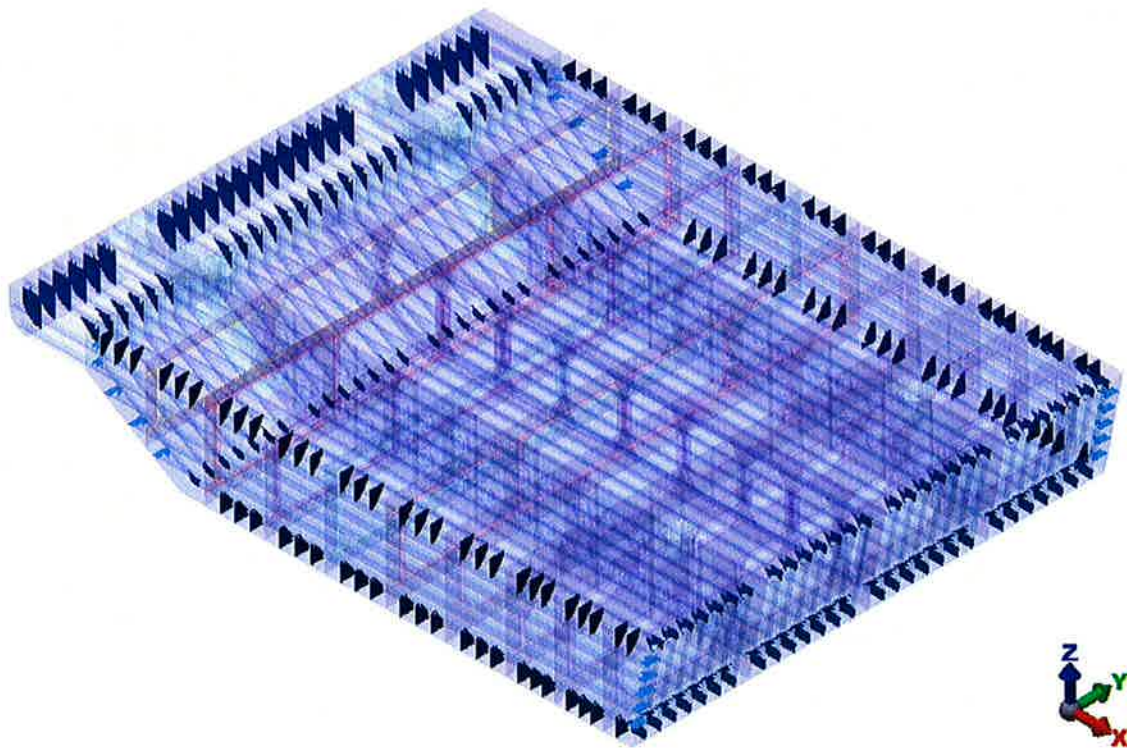


FIG. 4.22 – SQUADRE



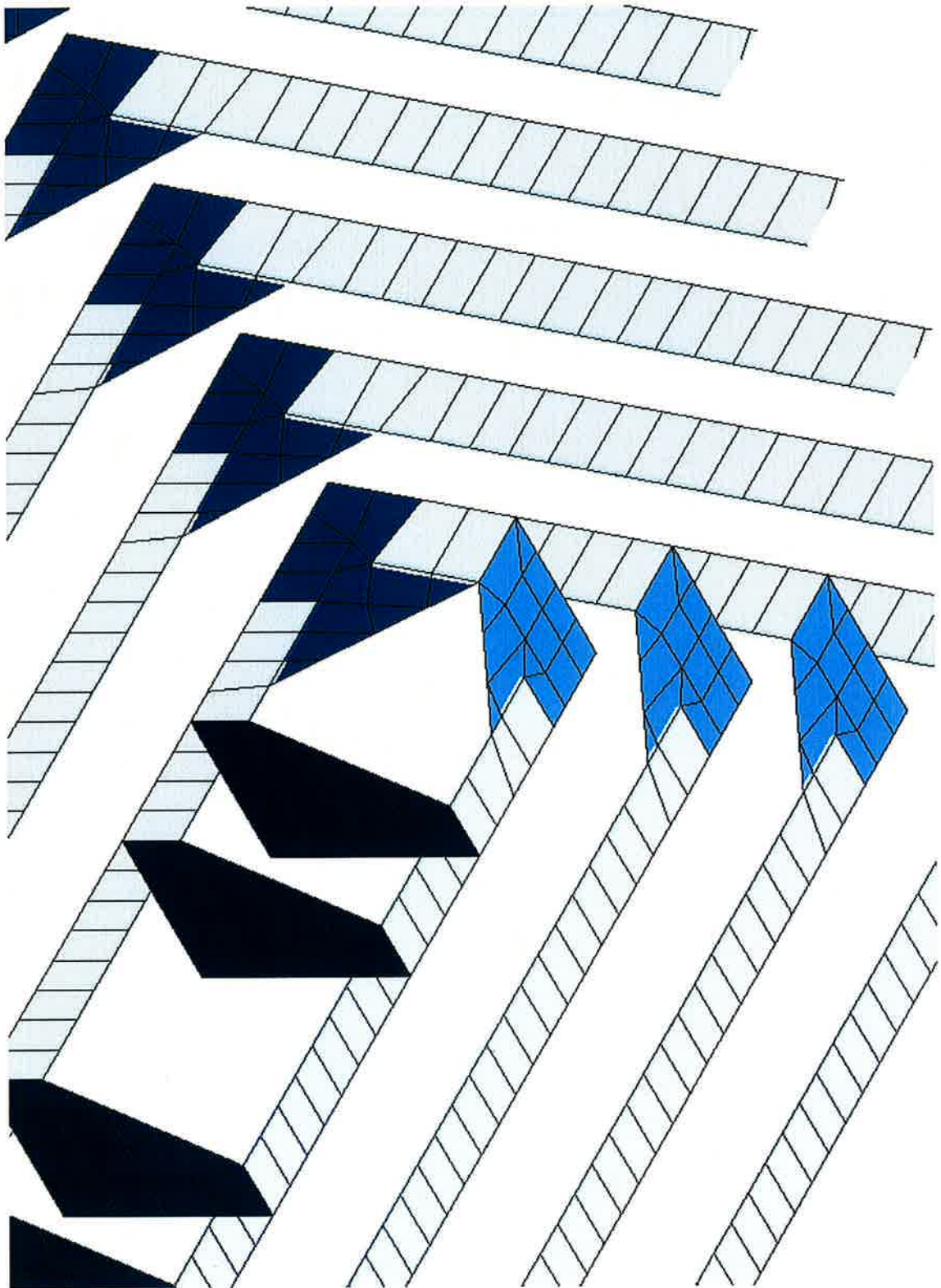
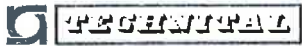


FIG. 4.23 – SQUADRE: DETTAGLIO MESH (ZONA ANTERIORE ALTA)

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 37
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.6. Piatti di rinforzo fori

I piatti di rinforzo dei fori dei diaframmi longitudinali sono stati schematizzati con elementi trave aventi la stessa larghezza del piatto indicato sul disegno, ma spessore ridotto di 2.0 mm per tener conto dei sovra-spessori di corrosione.

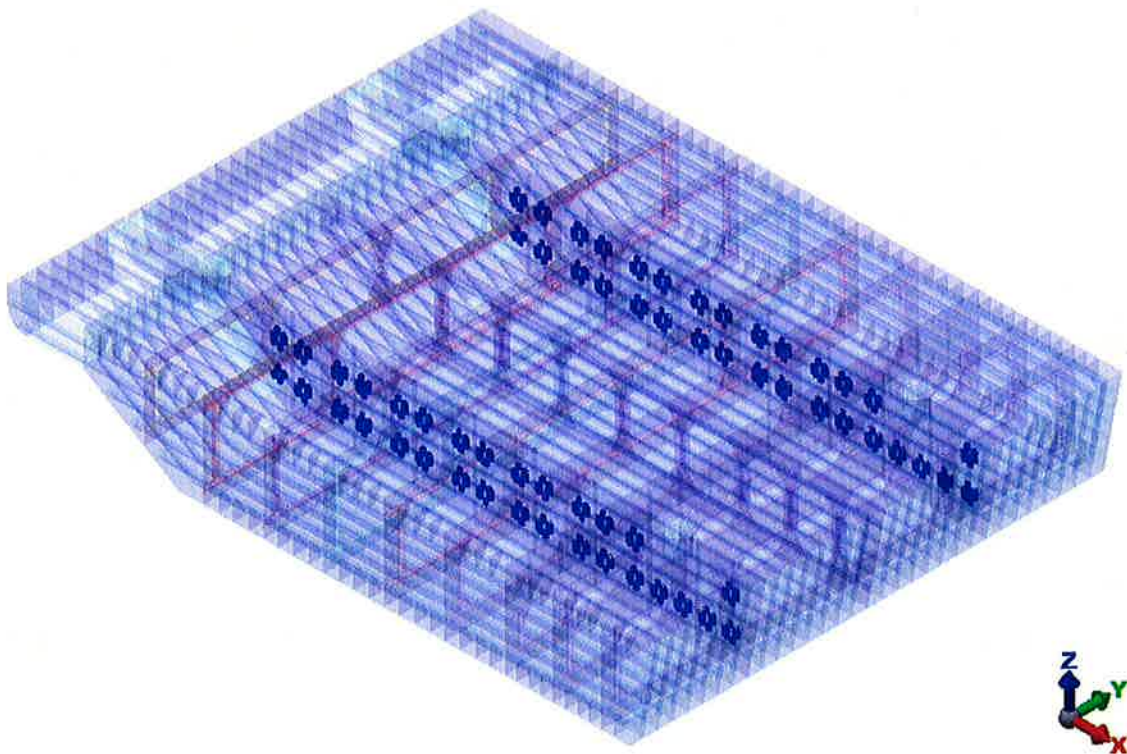
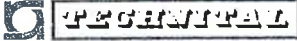


FIG. 4.24 – PIATTI RINFORZO FORI



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

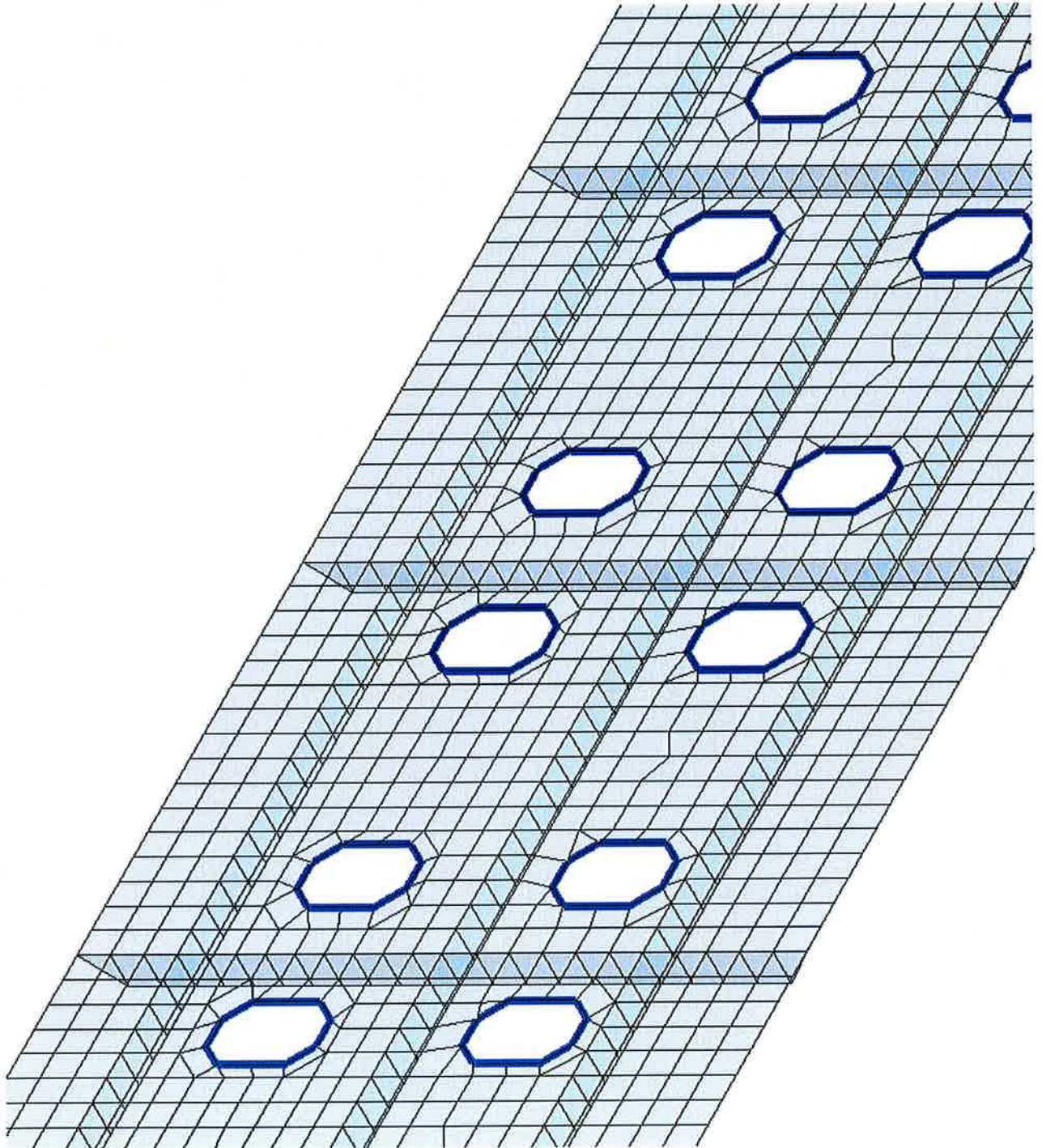
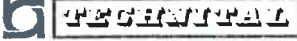


FIG. 4.25 – PIATTI RINFORZO FORI: DETTAGLI



	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.7. Supporti appoggi elastici

I telai che supportano gli appoggi elastici sono stati schematizzati con elementi piastra aventi spessore pari a quello indicato sui disegni, deducendo 1.0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

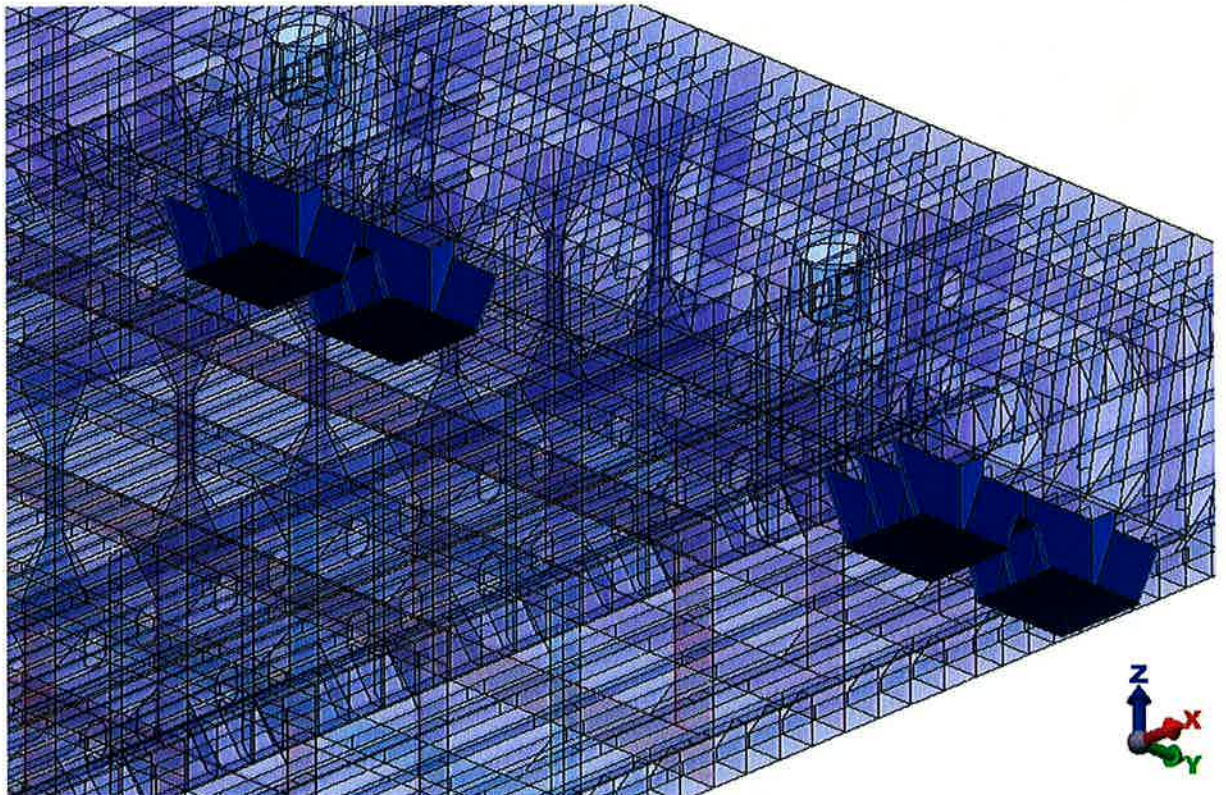



FIG. 4.26 – SUPPORTI APPOGGI ELASTICI

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

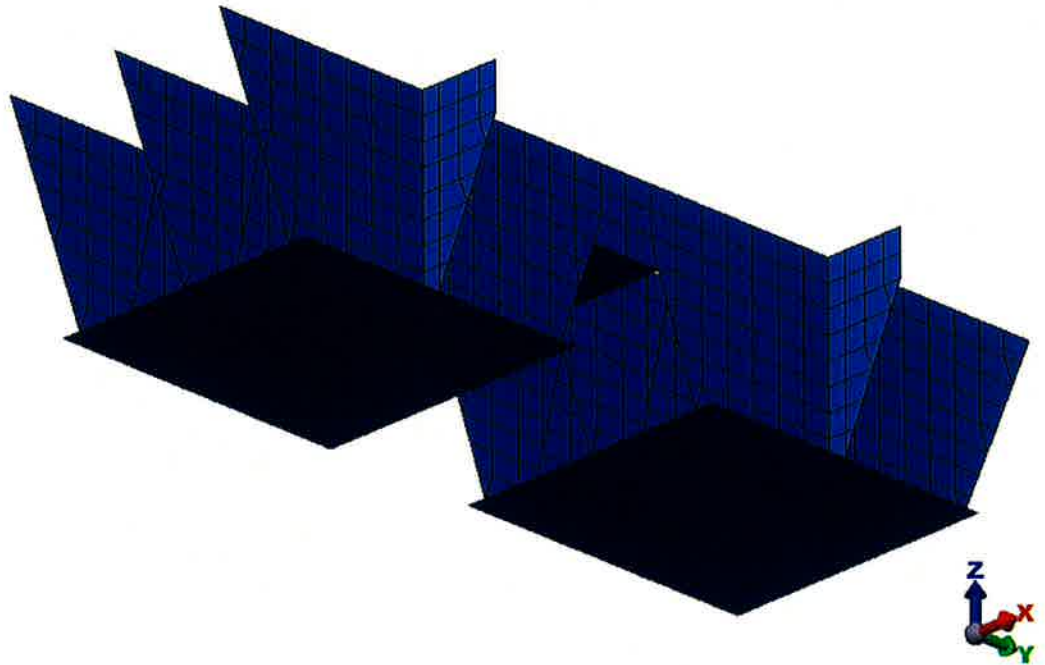
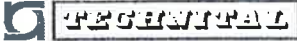


FIG. 4.27 – SUPPORTI APPOGGI ELASTICI: DETTAGLI



	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

#### 4.8. Piattabande squadre

Le piattabande di irrigidimento delle squadre dei supporti degli appoggi elastici sono state schematizzate con elementi trave aventi la stessa larghezza del piatto indicato sul disegno, ma spessore ridotto di 1.0 mm per tener conto dei sovrassessori di corrosione.

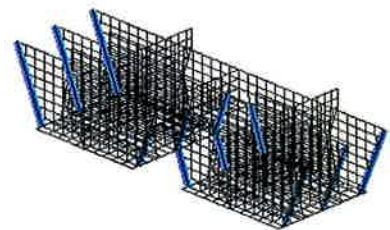
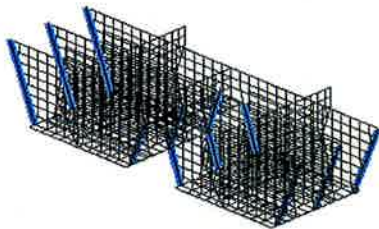
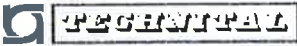


FIG. 4.28 – PIATTABANDE RINFORZO SQUADRE

#### 4.9. Vincoli

Per vincolare il modello è stato creato, 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. Inoltre è stato bloccato anche alle traslazioni in Y il perno di una sola cerniera.

Per simulare l'appoggio sugli appoggi elastici nella parte anteriore sono stati schematizzati gli elementi costituenti il supporto dell'ammortizzatore. Questi ultimi sono stati vincolati alla traslazione Z.

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 42
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

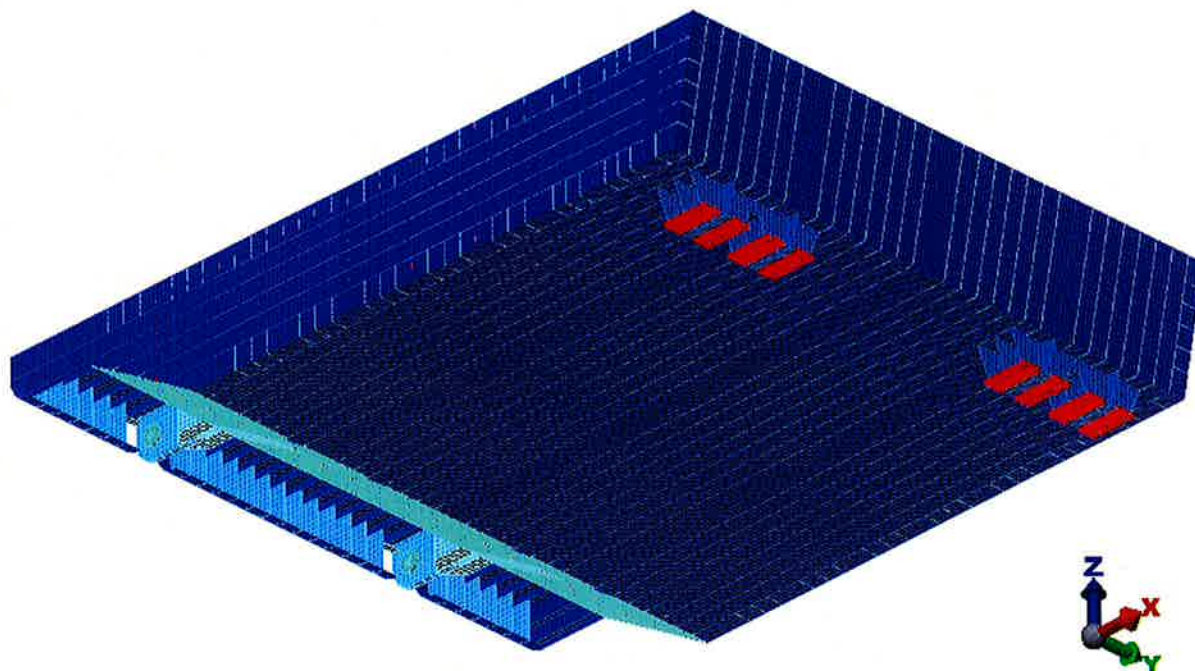
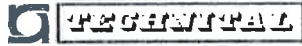


FIG. 4.29 – VINCOLI PARATOIA

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

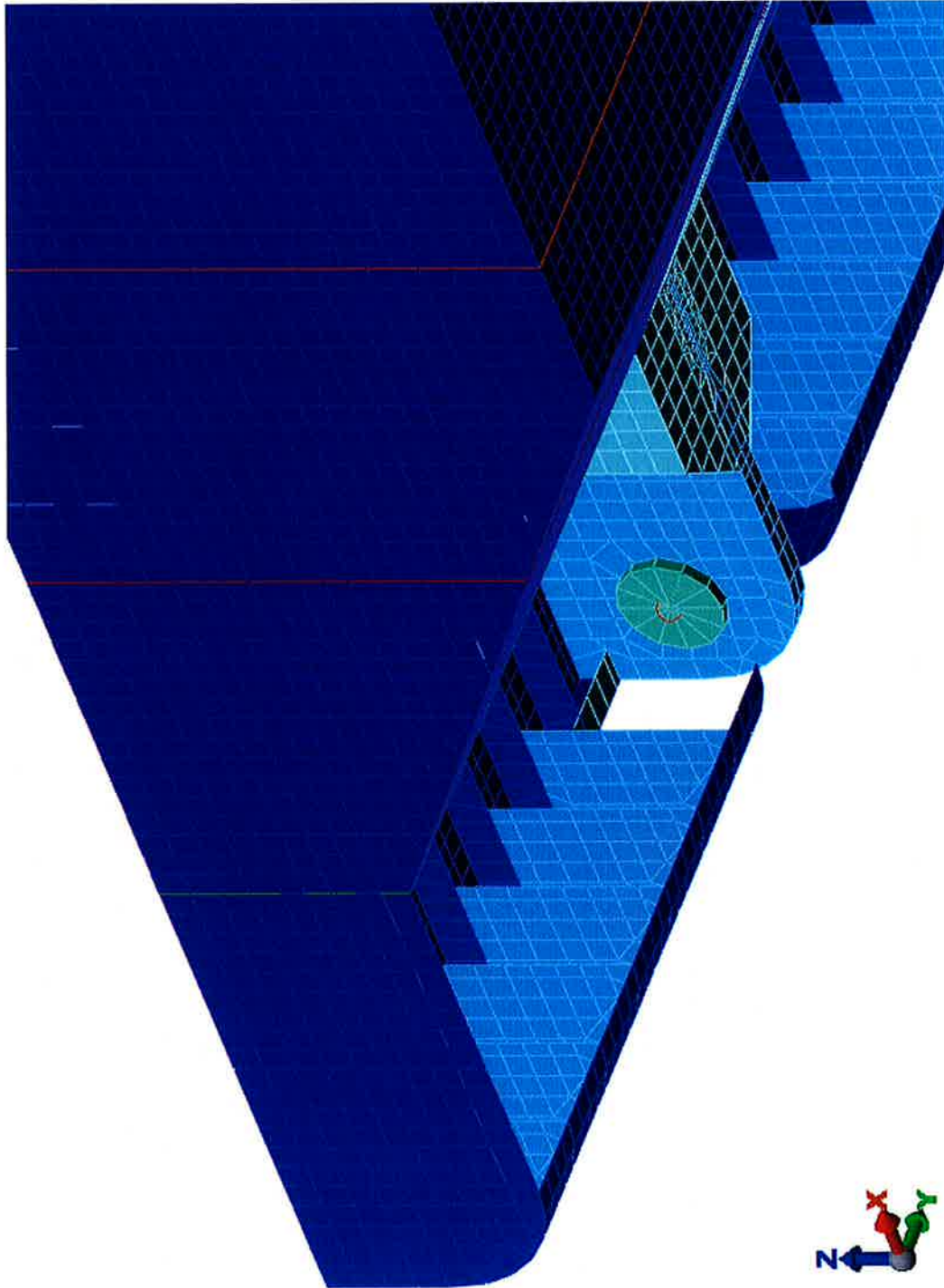
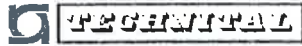


FIG. 4.30 – VINCOLI PARATOIA: DETTAGLIO VINCOLO SU PERNO

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

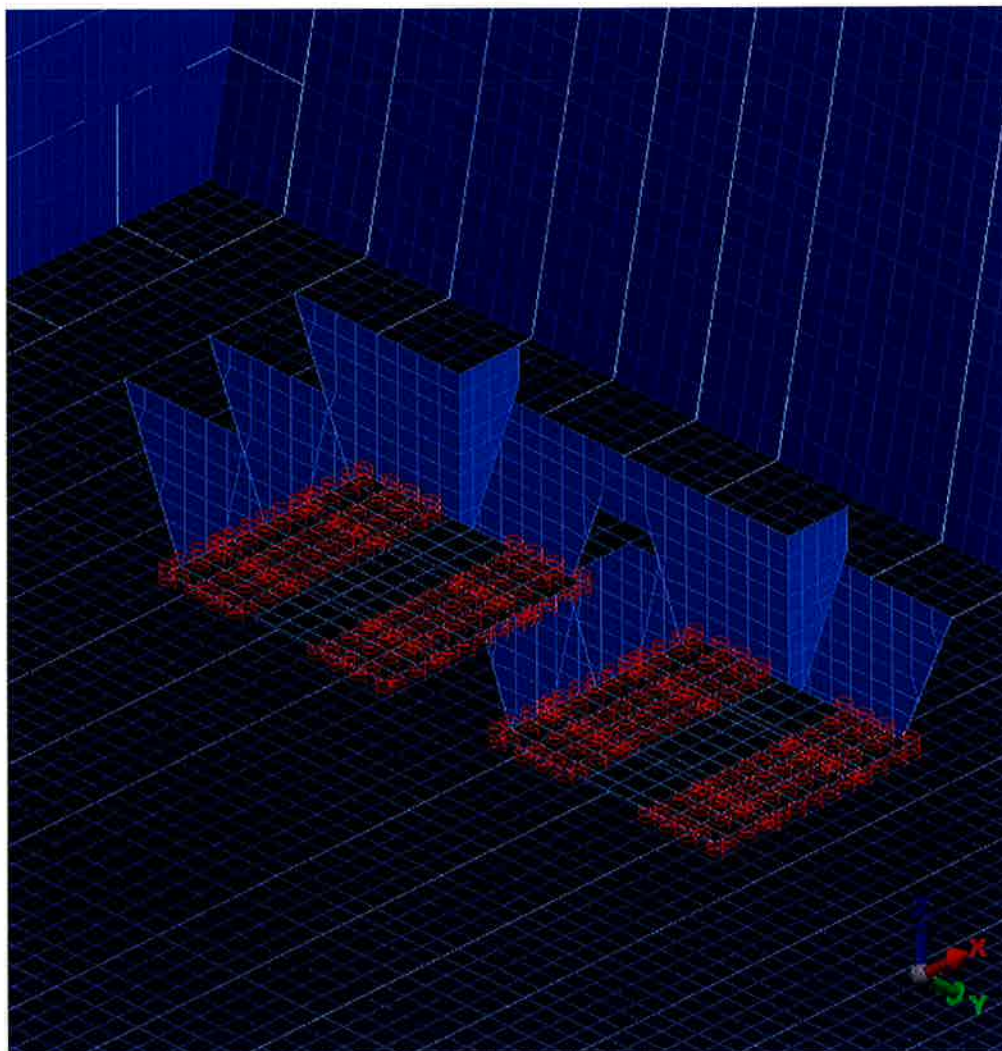
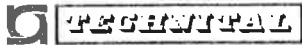


FIG. 4.31 – VINCOLI PARATOIA: DETTAGLIO VINCOLI APPOGGI ELASTICI

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 45
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

## 5. CARICHI APPLICATI

### 5.1. Generalità

Sulla paratoia agiscono due tipi di carico:

- Peso proprio;
- Peso fouling;
- Pressione acqua;
- Variazioni termiche.

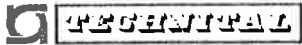
### 5.2. Peso proprio

#### 5.2.1. Peso della paratoia e degli allestimenti

Nel peso proprio della paratoia vengono considerati il peso della struttura, al lordo dei sovra-spessori di corrosione, e dell'allestimento.

Poiché le verifiche con la paratoia a riposo sul fondo vengono eseguite considerando la paratoia appoggiata sugli appoggi elastici, questi ultimi non costituiscono più un carico sulla paratoia e quindi vengono eliminati dalla lista dei carichi.



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 46
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
<b>Struttura</b>			
Struttura	2 312 765	13.843	-0.941
Supporti appoggi elastici	55 125	23.992	-3.809
<b>TOT</b>	<b>2 367 890</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>Saldatura 2%</b>	<b>47 358</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>Margine 5%</b>	<b>120 762</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>TOTALE + MARGINE</b>	<b>2 536 011</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>Allestimento</b>			
Tubature, supporti e altri allestimenti	70 818	13.607	-1.318
Anodi e supprti	27 286	15.182	-0.867
Pittura	16 189	14.043	-1.053
Tenute parziali	29 106	0.674	0.658
Strumentazione	5 101	5.000	-1.000
<b>TOT</b>	<b>148 502</b>	<b>11.113</b>	<b>-0.808</b>
<b>Margine 5%</b>	<b>7 425</b>	<b>11.113</b>	<b>-0.808</b>
<b>TOTALE + MARGINE</b>	<b>155 927</b>	<b>11.113</b>	<b>-0.808</b>
<b>Totale paratoia</b>	<b>2 691 937</b>	<b>13.907</b>	<b>-0.996</b>

TAB. 5.1 – PESI E BARICENTRI

I pesi vengono suddivisi in due sottogruppi:

- peso che può essere considerato distribuito uniformemente sulla paratoia;
- peso concentrato solo in alcune zone.

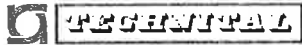
Nei sottoparagrafi seguenti viene spiegato come sono stati inseriti i carichi nel modello per ottenere lo stesso risultato in termini di pesi e baricentri.

### 5.2.2. Peso distribuito uniformemente

Esso è composto da:

- Struttura, compresi i supporti degli appoggi elastici
- Anodi



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 47
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

- Pittura
- Strumentazione

Questi pesi sono stati inseriti nel modello modificando il peso specifico degli elementi in modo da poter tenere conto di quanto segue:

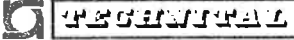
- gli elementi usati nel modello sono al netto dei sovra-spessori di corrosione;
- i ferri a bulbo sono stati convertiti in angolari;
- il peso della struttura, utilizzato per trovare le posizioni di equilibrio, include le saldature e il margine;
- il peso dell'allestimento include il margine.

In Tab. 5.2 vengono riportati i valori dei pesi specifici degli elementi in funzione dello spessore.

Spessore		Peso specifico [kg/m <sup>3</sup> ]
Lordo [mm]	Netto [mm]	
Sovraspessore 1.0 mm		
10.00	9.00	9 511.05
20.00	19.00	9 010.47
Sovraspessore 1.5 mm		
9.00	7.50	10 271.94
12.00	10.50	9 782.80
20.00	18.50	9 254.00
Sovraspessore 2.0 mm		
9.00	7.00	11 005.65
10.00	8.00	10 699.94
11.00	9.00	10 462.16
12.00	10.00	10 271.94
14.00	12.00	9 986.61
15.00	13.00	9 876.86
20.00	18.00	9 511.05
30.00	28.00	9 171.37
60.00	58.00	8 855.12
180.00	178.00	8 656.13

TAB. 5.2 – PESI SPECIFICI

In Tab. 5.3 vengono riportati i valori dei pesi specifici degli elementi trave rappresentanti i bulbi dei rinforzi ordinari.

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

Bulbo	Peso specifico bulbo [kg/m <sup>3</sup> ]
180x8	9 030.11
200x9	8 936.92
220x10	9 137.97
260x10	9 089.70
280x11	9 143.62

TAB. 5.3 – PESI SPECIFICI

In Tab. 5.4 viene riportato il totale dei pesi distribuiti uniformemente.

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
<b>Totale modello (pesi distribuiti)</b>	<b>2 522 017</b>	<b>14.044</b>	<b>-1.002</b>

TAB. 5.4 – PESO DISTRIBUITO UNIFORMEMENTE

Poiché il modello è stato costruito con la paratoia orizzontale, i vettori dei pesi sono stati ruotati di caso in caso per tener conto che la paratoia lavora con angoli differenti in ogni condizione.

### 5.2.3. Peso concentrato solo in alcune zone

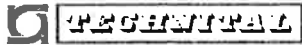
Esso è composto da:

- Tubature
- Tenute parziali

Il peso delle tubature è stato inserito nel modello come carico suddiviso sulle piattabande delle travi rinforzate che li sostengono, distribuendo la quota parte di ogni trave sulle piattabande per una larghezza pari alla larghezza dei tubi.

Il peso delle tenute parziali è stato inserito come carico distribuito alle estremità del fasciame superiore.

Anche tutti questi pesi sono stati incrementati del margine.

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

Poiché il modello è stato costruito con la paratoia orizzontale, i vettori dei pesi sono stati ruotati di caso in caso per tener conto che la paratoia lavora con angoli differenti in ogni condizione.

In Tab. 5.5 viene riportato il totale dei pesi concentrati.

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
<b>Totale modello (pesi concentrati)</b>	<b>110 167</b>	<b>9.840</b>	<b>-0.742</b>

TAB. 5.5 – PESI CONCENTRATI

### 5.3. Peso fouling

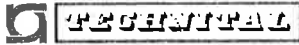
Il peso del fouling è stato inserito nel modello modificando il peso specifico degli elementi costituenti i fasciami esterni tenendo conto della diversa distribuzione del fouling (Rif /29/) fra superfici superiori, inferiori e laterali.

Il peso totale del fouling considerato per una paratoia è pari a 422 kN.

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
<b>Altri carichi su paratoia</b> Fouling	422 000	12.919	-0.276

TAB. 5.6 – PESO FOULING

In Tab. 5.7 viene riportato il valore complessivo dei pesi e dei baricentri comprendente il fouling.

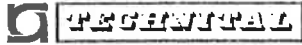
	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
<b>Struttura</b>			
Struttura	2 312 765	13.843	-0.941
Supporti appoggi elastici	55 125	23.992	-3.809
<b>TOT</b>	<b>2 367 890</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>Saldatura 2%</b>	<b>47 358</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>Margine 5%</b>	<b>120 762</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>TOTALE + MARGINE</b>	<b>2 536 011</b>	<b>14.079</b>	<b>-1.008</b>
<b>Allestimento</b>			
Tubature, supporti e altri allestimenti	70 818	13.607	-1.318
Anodi e supprti	27 286	15.182	-0.867
Pittura	16 189	14.043	-1.053
Tenute parziali	29 106	0.674	0.658
Strumentazione	5 101	5.000	-1.000
<b>TOT</b>	<b>148 502</b>	<b>11.113</b>	<b>-0.808</b>
<b>Margine 5%</b>	<b>7 425</b>	<b>11.113</b>	<b>-0.808</b>
<b>TOTALE + MARGINE</b>	<b>155 927</b>	<b>11.113</b>	<b>-0.808</b>
<b>Totale paratoia</b>	<b>2 691 937</b>	<b>13.907</b>	<b>-0.996</b>
<b>Altri carichi su paratoia</b>			
Fouling	422 000	12.919	-0.276
<b>Totale</b>	<b>3 113 937</b>	<b>13.774</b>	<b>-0.899</b>

TAB. 5.7 – PESO TOTALE

In Tab. 5.8 vengono riportati i valori dei pesi specifici degli elementi in funzione dello spessore e della posizione.



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

Spessore Lordo [mm]	Peso specifico [kg/m³]
<b>Fasciame superiore</b>	
9.00	15 886.58
12.00	15 130.08
<b>Fasciame inferiore</b>	
9.00	11 650.43
12.00	11 095.65
<b>Fasciame laterale</b>	
9.00	12 709.47
12.00	12 104.26
20.00	11 449.97
<b>Supporti appoggi elastici</b>	
10.00	10 787.44
20.00	11 148.66

TAB. 5.8 – PESI SPECIFICI FASCIAMI ESTERNI

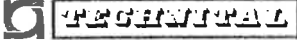
In Tab. 5.9 viene riportato il totale dei pesi distribuiti uniformemente comprendenti anche il fouling sul fasciame inferiore.

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
<b>Totale modello (pesi distribuiti)</b>	<b>2 949 636</b>	<b>14.104</b>	<b>-0.902</b>

TAB. 5.9 – PESO DISTRIBUITO UNIFORMEMENTE

#### 5.4. Peso totale considerato nei calcoli

In Tab. 5.10 viene riportato, come verifica, il confronto fra i valori di peso e baricentro calcolati e quelli derivati dal modello ad elementi finiti: il modello descrive bene la paratoia con uno scostamento massimo inferiore al 2.0% per il peso e all'1.5% per la posizione del baricentro.

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
Totale modello (pesi distribuiti)	2 949 636	14.104	-0.902
Totale modello (pesi concentrati)	110 167	9.840	-0.742
<b>Totale modello</b>	<b>3 059 803</b>	<b>13.951</b>	<b>-0.897</b>
Differenza (modello - calcolo)			
Percentuale	-1.74	1.29	-0.22
Assoluta	-54 134	0.177	0.002

TAB. 5.10 – PESO TOTALE

## 5.5. Onda

I calcoli sono stati eseguiti considerando l'onda alla barriera con periodo di ritorno 1000 anni le cui caratteristiche sono:

$H_s = 2,80$  m con  $T = 11,4$  secondi

Per la determinazione della sopraelevazione dell'onda, si è considerato non il valore di altezza significativa, ma un'onda con altezza  $H_{1/20} = 1,4 H_s$ ,

La sopraelevazione della cresta d'onda considerata è quindi pari a 1.96 m.

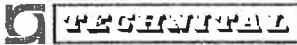
La pressione dell'acqua a qualsiasi quota dal fondale al passaggio di un'onda è dato dalla somma della pressione idrostatica più la pressione dinamica.

Il valore della pressione dinamica è sempre inferiore al valore generato dalla sopraelevazione dell'onda calcolato staticamente e dipende dalla forma dell'onda stessa e quindi dai rapporti fra profondità d'acqua, altezza e lunghezza d'onda.

A favore di sicurezza si considera un valore di sovrappressione dinamica pari alla sopraelevazione della cresta d'onda.

Tale sovrappressione si trasmette istantaneamente a tutta la massa d'acqua che circonda la paratoia per cui le condizioni di equilibrio globale della paratoia e conseguentemente le reazioni sui vincoli non variano rispetto a quelle in acqua tranquilla.

L'acqua all'interno della paratoia risente anch'essa della sovrappressione d'onda,

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

ma, essendo a contatto con l'acqua esterna solo in corrispondenza delle prese d'acqua sul fasciame posteriore inclinato della paratoia, l'intera massa si porta alla pressione corrispondente al profilo d'onda sulla verticale dell'apertura stessa.

In generale quindi i fasciami laterali della paratoia saranno soggetti ad una pressione dall'esterno all'interno variabile con il profilo dell'onda e dall'interno all'esterno costante e pari a quella della verticale dell'apertura.

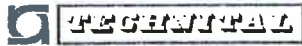
Il carico sbilanciato agente su ciascun fasciame è quindi dato dalla differenza fra le sovrappressioni agenti in direzione opposta, mentre a livello globale l'equilibrio della paratoia rimane immutato.

L'onda considerata ha una lunghezza di circa 116 m e quindi la differenza di sopraelevazione dell'onda ai due estremi della paratoia, la cui lunghezza è circa uguale a un quarto della lunghezza d'onda è al massimo pari all'ampiezza d'onda e quindi 1.96 m.

Ancora con un approccio fortemente conservativo, si è infine considerato che tale dislivello si mantenga costante lungo l'intera paratoia, mentre in realtà l'andamento sarà più simile ad un diagramma triangolare con ugual valore massimo e quindi risultante pari a metà.

Si è inoltre presa in esame la posizione del profilo dell'onda che genera tale pressione dall'esterno all'interno della paratoia e agisce quindi in direzione contraria a quella considerata per le verifiche operative della paratoia in cui la pressione interna dell'aria è superiore alla pressione idrostatica esterna.

Nel calcolo viene conservativamente trascurata la spinta idrostatica, contraria alla forza peso e alla pressione dell'acqua dovuta all'onda.

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 54
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

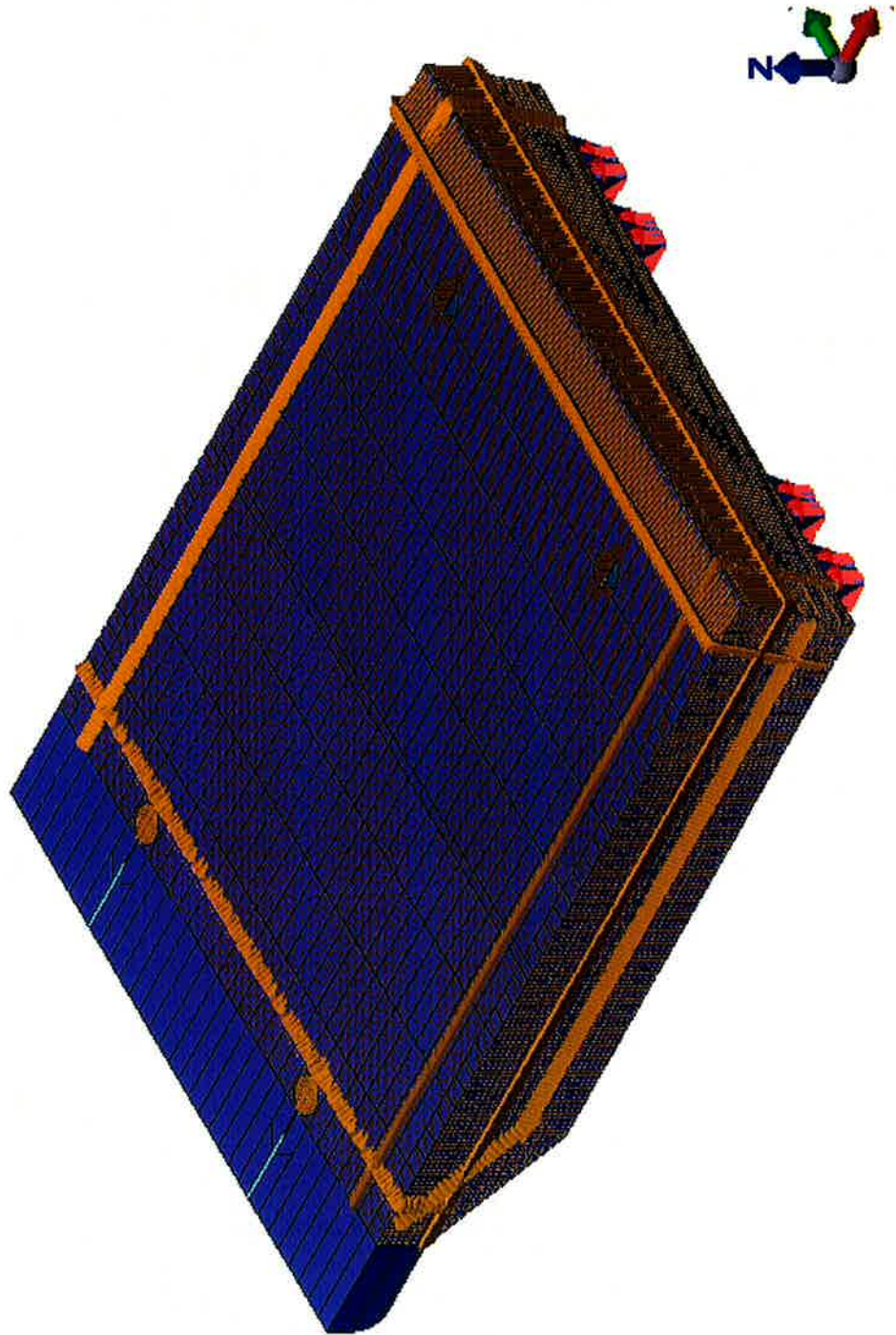
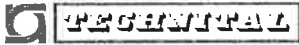


FIG. 5.1 – PRESSIONI



	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 55
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

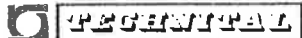
### 5.6. Variazioni termiche

Si sono considerate variazioni termiche uniformi su tutti i componenti di  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ .

### 5.7. Combinazioni di carico

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

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 + $15^{\circ}\text{C}$	Cerniere e appoggi elastici
E.5c	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti - $15^{\circ}\text{C}$	Cerniere e appoggi elastici

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 56
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

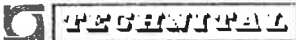
## 6. CONCLUSIONI

### 6.1. Verifiche tensionali

In Tab. 6.1 vengono riportati i valori massimi delle tensioni:

Elemento	von Mises [N/mm <sup>2</sup> ]	Peggior sollecitazione [N/mm <sup>2</sup> ]
Fasciami esterni		
superiore	56	
inferiore	67	
laterale	58	
posteriore	32	
anteriore	30	
ossatura 01	51	
Fasciami interni		
acciaio S275	60	
acciaio S355	39	
Rinforzi ordinari		
piatti	20	
bulbi	56	-62
Telai rinforzati		
ossatura 02	70	-46
ossatura 03	71	-31
ossatura 04	69	-34
ossatura 05	66	-33
ossatura 06	45	-23
ossatura 07	39	-21
ossatura 08	28	-22
ossatura 09	37	-19
ossatura 10	42	-27
diaframma centrale	58	-45
Squadre	42	
Piatti di rinforzo fori		-30

TAB. 6.1 – SOLLECITAZIONI

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 57
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

I valori di cui sopra sono sempre inferiori alla sollecitazione ammissibile.

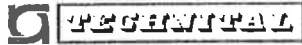
Poiché la paratoia non è soggetta a vincoli che ne impediscano la dilatazione e la contrazione, non si riscontrano apprezzabili variazioni delle sollecitazioni nelle condizioni E.5b ed E.5c rispetto alla condizione E.5a.

## 6.2. Deformazioni

In Tab. 6.2, Tab. 6.3 e Tab. 6.4 vengono riportati i valori massimi degli spostamenti nelle tre direzioni riferite alle coordinate locali della paratoia.

Elemento	Spostamento [mm]		
	X	Y	Z
Fasciami			
superiore			
spigolo lato laguna	2.02	-0.06	-4.32
inizio rastremazione	2.37	-0.08	-4.05
spigolo lato mare	2.69	-0.06	0.22
inferiore	-11.01	-0.36	-4.31
laterale	-10.93	-2.55	-4.32

TAB. 6.2 – SPOSTAMENTI – CONDIZIONE E.5A

	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	


Elemento	Spostamento [mm]		
	X	Y	Z
Fasciami			
superiore			
spigolo lato laguna	6.68	2.70	-3.25
inizio rastremazione	4.54	2.62	-3.48
spigolo lato mare	2.54	2.63	0.34
inferiore	-9.73	2.58	-3.99
laterale	-9.66	2.89	-3.25

TAB. 6.3 – SPOSTAMENTI – CONDIZIONE E.5B

Elemento	Spostamento [mm]		
	X	Y	Z
Fasciami			
superiore			
spigolo lato laguna	-2.63	-2.69	-5.39
inizio rastremazione	0.21	0.92	-4.63
spigolo lato mare	2.83	-2.75	0.10
inferiore	-15.29	-3.05	-4.63
laterale	-15.14	-5.24	-5.39

TAB. 6.4 – SPOSTAMENTI – CONDIZIONE E.5C



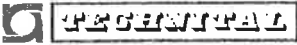
 <b>TECNOFAL</b>	Rev.	Data:	El. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

### 6.3. Reazioni vincolari

Nella tabella seguente vengono riportate le reazioni vincolari.

Vincolo	x	y	z
	[kN]	[kN]	[kN]
Cerniera sinistra	0	0	561
Cerniera destra	0	0	561
Ammortizzatore sinistro laterale	-	-	478
Ammortizzatore sinistro centrale	-	-	480
Ammortizzatore destro laterale	-	-	478
Ammortizzatore destro centrale	-	-	480

TAB. 6.5 – REAZIONI VINCOLARI

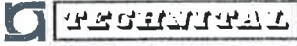
	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 60
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

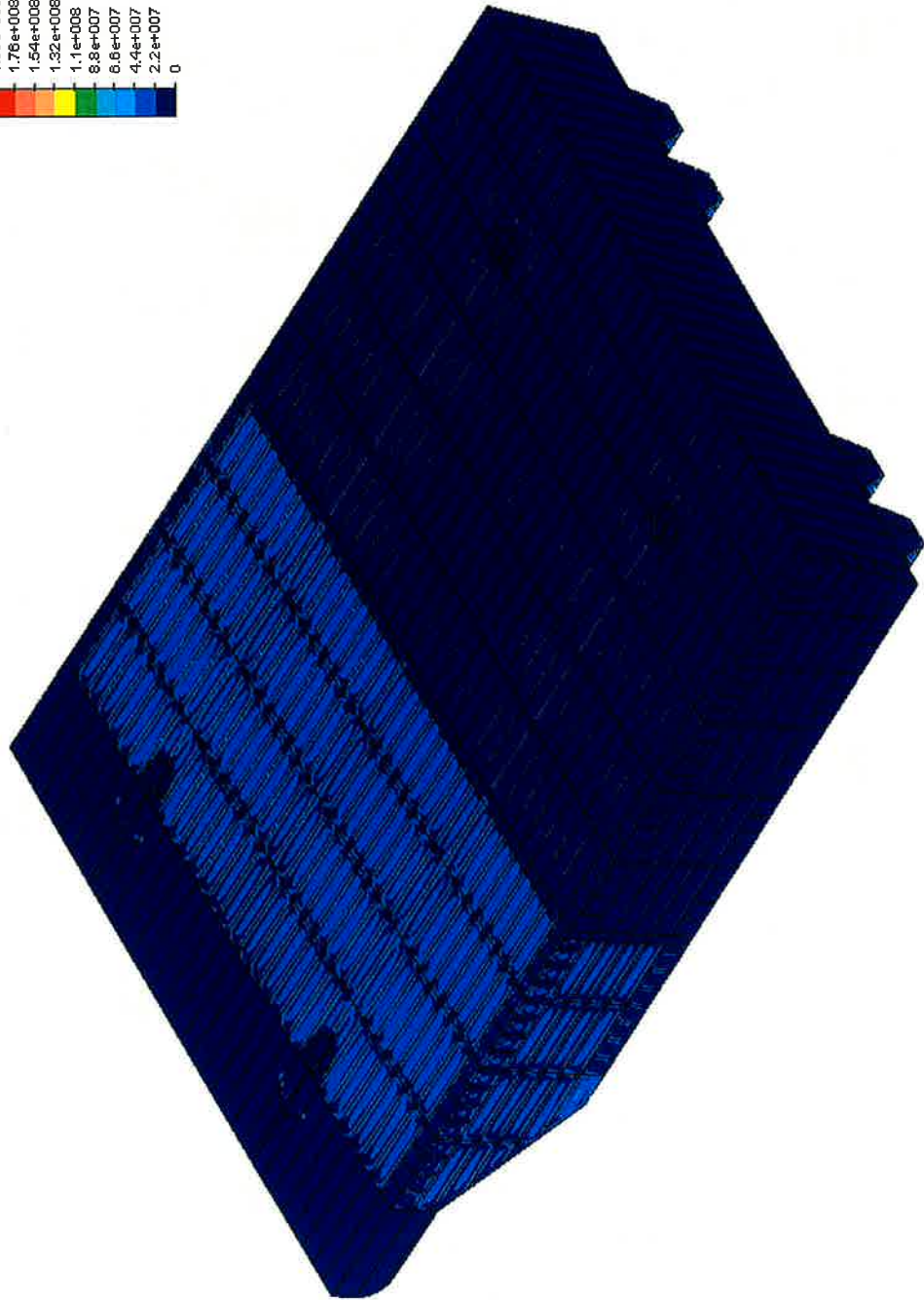
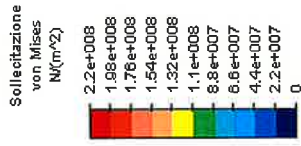
## 7. RISULTATI

Di seguito vengono riportati i risultati in dettaglio relativi alle tensioni e alle deformazioni.

Le figure per le quali è indicata la dicitura trave riportano la sollecitazione combinata di carico normale e momenti flettenti per i componenti trave dell'elemento.

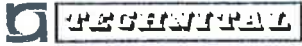
Fig. 7.1 – Tensione equivalente di Von Mises e deformata	61
Fig. 7.2 – Tensione equivalente di Von Mises	62
Fig. 7.3 – Tensione equivalente di Von Mises	63
Fig. 7.4 – Taglio z-x	64
Fig. 7.5 – Taglio y-z	65
Fig. 7.6 – Elementi trave	66

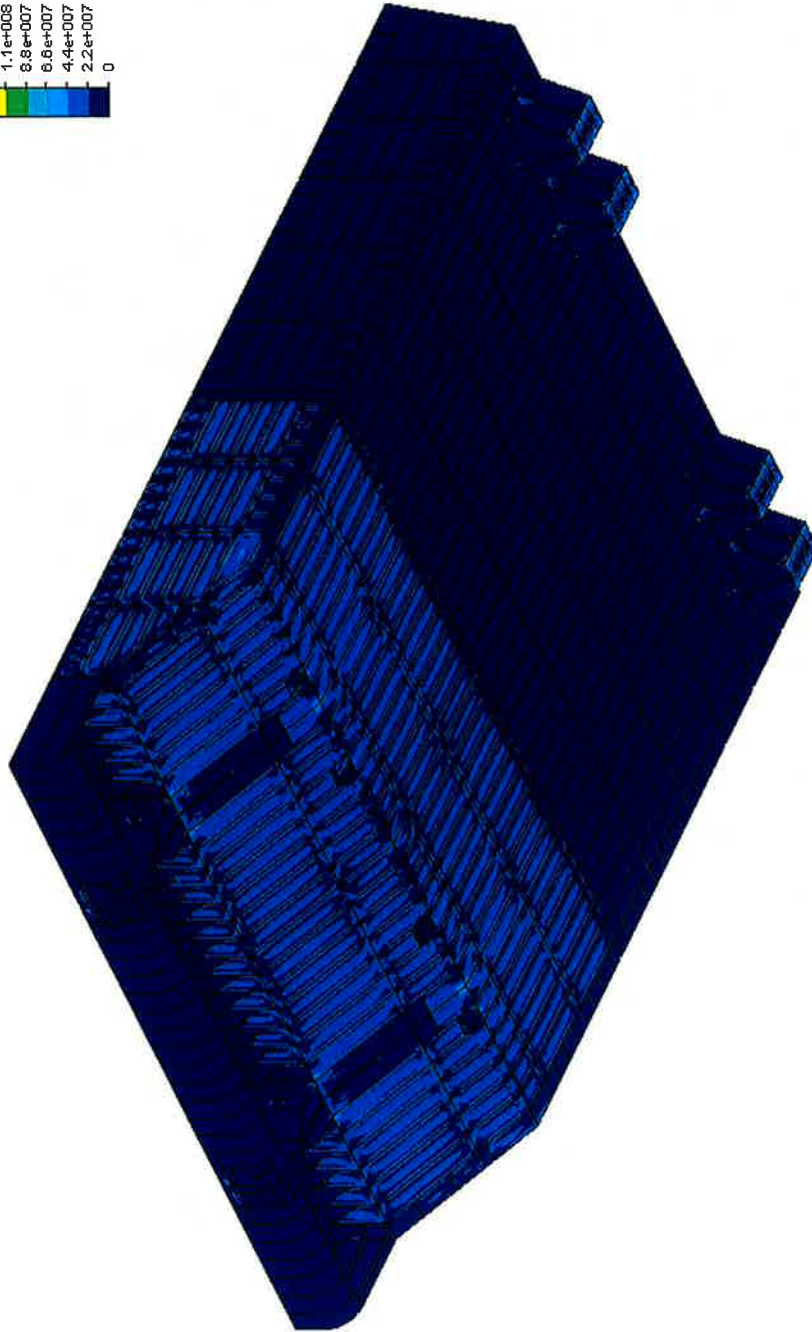
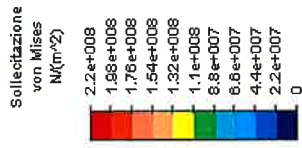
	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	



Caso di carico: 1 di 1  
 Valore massimo: 8.46695e+007  $N/(m^2)$   
 Valore minimo: 21489.7  $N/(m^2)$

FIG. 7.1 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

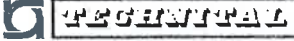
	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

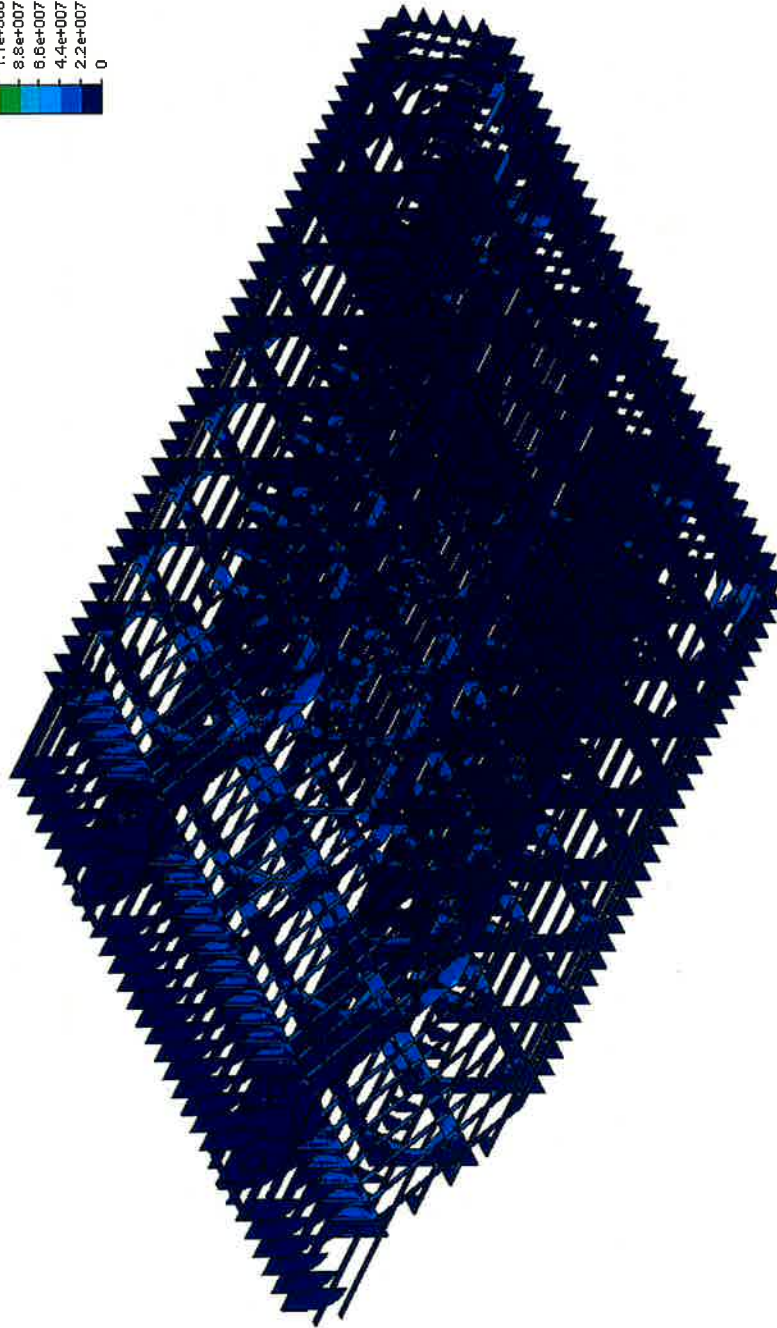
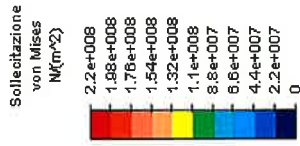


Caso di carico: 1 di 1  
 Valore massimo: 8.46695e+007  $N/(m^2)$   
 Valore minimo: 21489.7  $N/(m^2)$

FIG. 7.2 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES

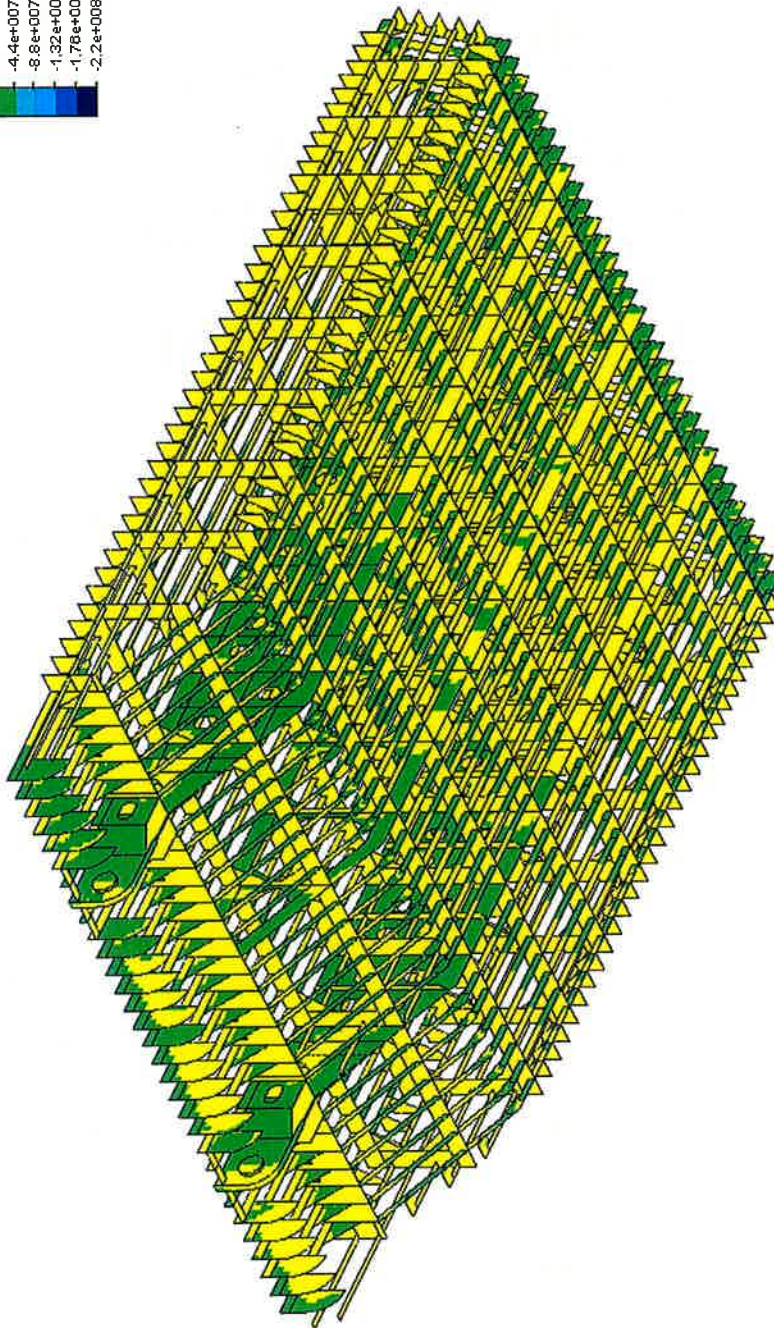
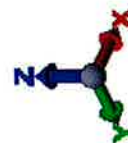
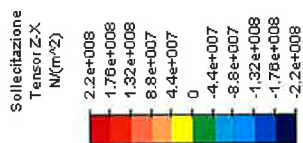


	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	



Caso di carico: 1 di 1  
 Valore massimo: 7.08288e+007  $N/(m^2)$   
 Valore minimo: 21489.7  $N/(m^2)$

FIG. 7.3 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES



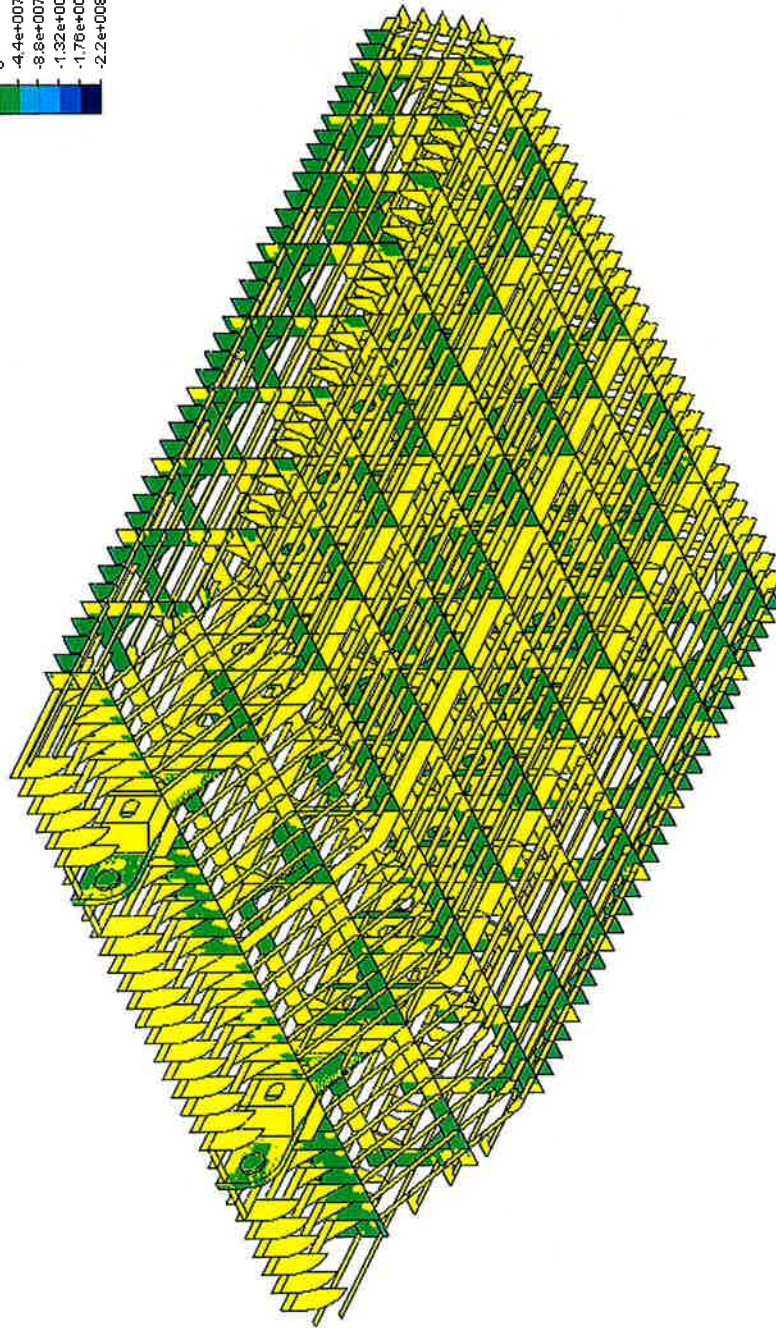
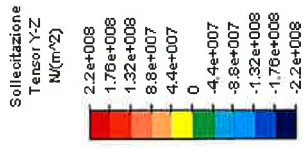
Caso di carico: 1 di 1

Valore massimo: 3.03465e+007 N/(m<sup>2</sup>)

Valore minimo: -2.69948e+007 N/(m<sup>2</sup>)

FIG. 7.4 – TAGLIO Z-X



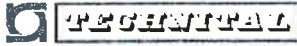


Caso di carico: 1 di 1

 Valore massimo: 3.51823e+007 N/(m<sup>2</sup>)

 Valore minimo: -3.51824e+007 N/(m<sup>2</sup>)

FIG. 7.5 – TAGLIO Y-Z

	Rev.	Data:	EI. MV082P-PE-NAR-2006-C0	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 31/08/2010	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO	

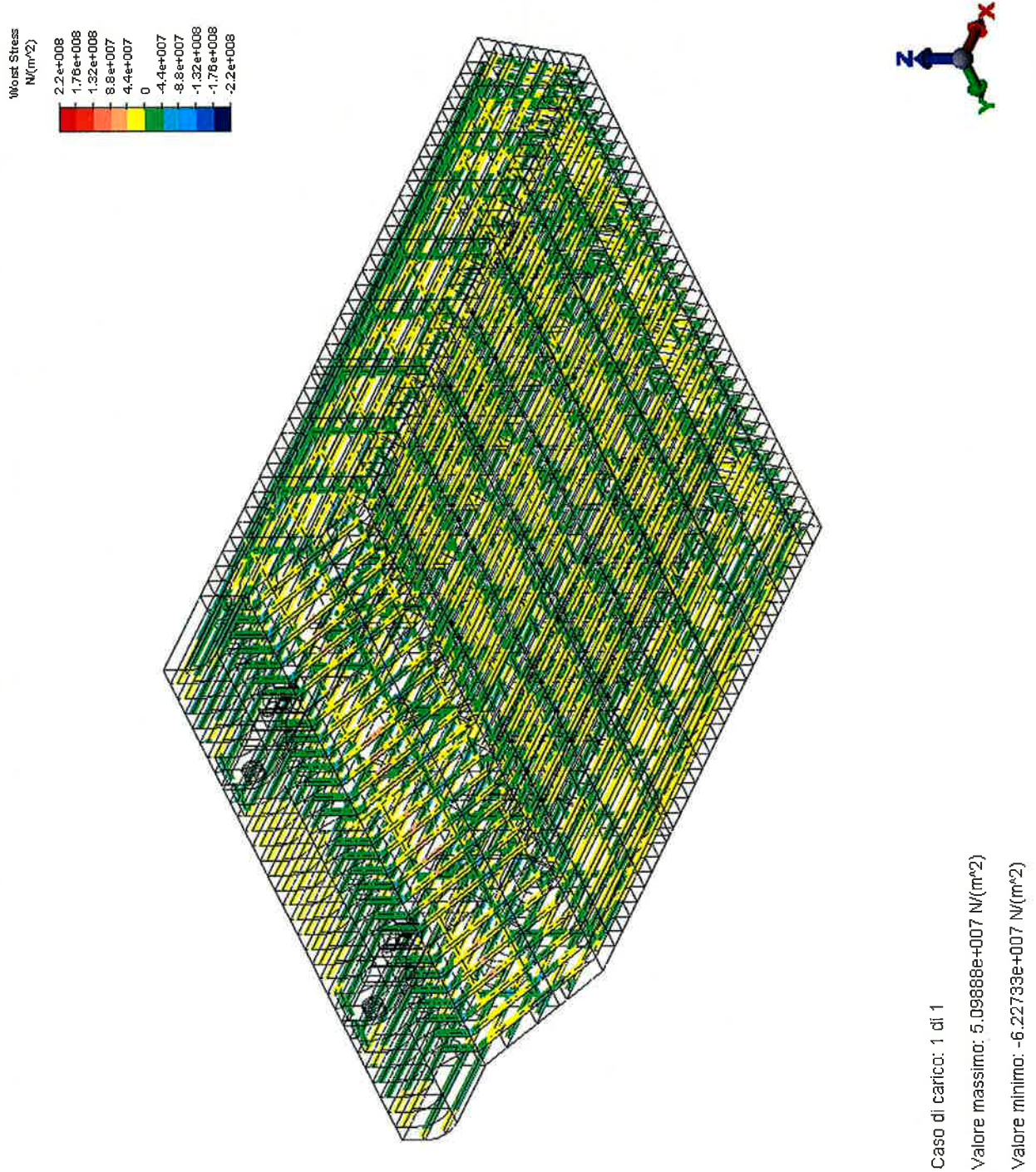


FIG. 7.6 – ELEMENTI TRAVE