

C0	04/09/2014	Emissione per approvazione	BR	AC	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE  
VENETO - TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA  
DI VENEZIA**

CONVENZIONE REP. N° 7191 DEL 04-10-1991  
ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10ª ASSEGNAZIONE CIPE PER IL “SISTEMA MOSE”

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER  
LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**  
CUP: D51B02000050AD1 (CIPE 10B)

**PROGETTO ESECUTIVO**



WBS: CH.E1.14  
WBE: CH.E1.14.PE.01B

**BOCCA DI CHIOGGIA**  
**CONCHE: PORTE ED OPERE ELETTROMECCANICHE**  
**PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI**


**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA  
ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO**

ELABORATO B. <i>Bancati</i>	CONTROLLATO A. <i>Chiarelli</i>	APPROVATO <i>Y. Eprim</i>
N. ELABORATO MV048P-PE-CAR-6025-C0	CODICE FILE MV048P-PE-CAR-6025-C0.doc	DATA 04 Settembre 2014

**CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”**

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE  VERIFICATO <i>V. Esposito</i>   CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. <i>V. Redi</i>	PROGETTAZIONE  IL RESPONSABILE Ing. A. SCOTTI
--	--

OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N° 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI  
QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

**PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE  
VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA**

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA**

**CONVENZIONE REP. N° 7191 DEL 04-10-1991**


**ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10ª ASSEGNAZIONE CIPE PER IL “SISTEMA MOSE”**

**CONSORZIO VENEZIA NUOVA**

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


**BOCCA DI CHIOGGIA  
CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE  
PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA  
ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO**


 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## **I N D I C E**


1.	PREMESSA	6
2.	CARATTERISTICHE DELLE CONCHE	7
2.1.	Localizzazione dell'opera e stato di fatto	7
2.2.	Descrizione componenti della conca e loro suddivisione in WBE	8
2.2.1.	WBS CH.E1.10 - Vasche delle conche	9
2.2.2.	WBS CH.E1.10 - Strutture di alloggiamento delle porte	9
2.2.3.	WBS CH.E1.10 - Arredi marini e completamenti opere civili	10
2.2.4.	WBS CH.E1.14 – WBE 01A – Protezione Catodica	11
2.2.5.	WBS CH.E1.14- WBE01B- Porte e relativi sistemi di movimentazione	12
2.2.6.	WBS CH.E1.14- WBE01B-Panconi e passerelle di attraversamento conche	12
2.2.7.	WBS CH.E1.14- WBE01B-Impianti	12
2.2.8.	WBS CH.E1.14- WBE02-Edificio di Controllo e completamento	15
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	16
3.1.	Organizzazione delle WBS e delle WBE delle porte e opere elettromeccaniche delle conche di Chioggia	16
3.2.	Elaborati del progetto definitivo	16
3.3.	Studi e documenti specialistici sviluppati per la Conca di navigazione nell'ambito del progetto delle opere di Regolazione dei Flussi di Marea	16
3.4.	Elaborati del progetto esecutivo	17
3.5.	Normative e standard applicabili	17
3.5.1.	Normativa italiana sulle strutture	17
3.5.2.	Eurocodici	17
3.5.3.	Norme specifiche sull'acciaio	18
3.5.4.	Norme sulle costruzioni marittime	18
3.5.5.	Norme specifiche sulle conche di navigazione	19
4.	CONTENUTI DELLA RELAZIONE E DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI VERIFICATI	20
4.1.	Geometria delle porte delle conche di Chioggia	21
4.2.	Passerelle pedonali	23
4.3.	Fender e Telaio reggi – fender	23
4.4.	Chiavistello di fissaggio porte	25
5.	SOFTWARE DI CALCOLO	27

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

6.	CRITERI DI VERIFICA DELLE STRUTTURE	28
6.1.	Stati limite ultimi: combinazione delle azioni	29
6.1.1.	Stati limite ultimi: coefficienti di sicurezza parziali per i materiali	30
6.1.2.	Stati limite di esercizio: combinazione delle azioni	30
6.1.3.	Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)	31
7.	MATERIALI	32
7.1.	Acciaio	32
7.1.1.	Acciaio per porta	32
7.1.2.	Acciaio per collegamenti bullonati	32
7.1.3.	Acciai speciali	32
8.	DATI DI BASE E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	33
8.1.	Vita utile di progetto	33
8.2.	Condizioni ambientali: marea e moto ondoso	34
8.2.1.	Livelli di marea e moto ondoso	34
8.3.	Bacino lato mare	37
8.3.1.	Onde di fronte alle conche lato mare	39
8.4.	Fouling	40
8.5.	Urto natanti in manovra	42
8.6.	Sisma	42
8.6.1.	Zonazione dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia	42
9.	PASSERELLA	44
9.1.	Modello	44
9.2.	Analisi dei carichi	44
9.2.1.	Peso proprio della struttura	45
9.2.2.	Sovraccarico permanente	45
9.2.3.	Carico accidentale su passerella	45
9.2.4.	Carico termico	45
9.2.5.	Carico accidentale sul parapetto	46
9.3.	Combinazioni di carico	46
9.4.	Reazioni vincolari	46
9.5.	Deformazioni	50
9.6.	Sollecitazioni e verifiche elementi	51
10.	TELAIO REGGI -FENDER	58
10.1.	Modello	58
10.2.	Analisi dei carichi	59

 <b>TEGESTAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

10.2.1.	Peso proprio della struttura	59
10.2.2.	Sovraccarico permanente	59
10.2.3.	Carico accidentale - urti	60
10.3.	Combinazioni di carico	61
10.4.	Reazioni vincolari	61
10.5.	Deformazioni	64
10.6.	Sollecitazioni e verifiche elementi	65
10.7.	Verifica connessione telaio reggi-fender porta	70
11.	VERIFICHE NODI TELAIO DELLA PORTA	72
11.1.	Verifiche saldature tubolari	72
11.2.	Verifiche nodi secondo EC 1993-1-8	72
12.	VERIFICHE CHIAVISTELLO DI FISSAGGIO	100
13.	DETTAGLI DI TENUTA	102
14.	CALCOLO DELLE PERDITE DELLE TENUTE	106

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

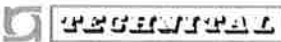
## 1. PREMESSA

Le opere di difesa dall'acqua alta per la laguna di Venezia comprendono, in corrispondenza della barriera alla bocca di Chioggia, la realizzazione di due conche di navigazione per navi da diporto e pescherecci che consentono il transito delle imbarcazioni quando la barriera sia alzata, ovviando all'interdizione di ingresso nel canale della bocca e limitando i tempi di attesa delle navi per varco chiuso.

Le conche potranno inoltre consentire i transiti durante le fasi di costruzione della barriera, in tutti i casi in cui l'attraversamento della bocca dovesse risultare temporaneamente impedito.

Questo progetto riguarda le opere elettromeccaniche, con particolare riferimento alle porte, ai panconi, alle passerelle e alla protezione catodica.

La presente relazione di calcolo illustra i calcoli e le verifiche effettuati sugli elementi secondari in acciaio (passerella e telaio fender) e dei dettagli delle porte; le verifiche relative alle strutture principali della porta sono affrontate nella relazione di calcolo MV048P-PE-CAR-6024.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 2. CARATTERISTICHE DELLE CONCHE

### 2.1. Localizzazione dell'opera e stato di fatto

Le conche di Chioggia sono localizzate lungo il lato Nord della bocca, in prossimità del lato interno della spiaggia di Caroman. La posizione delle strutture è stata stabilita nel progetto definitivo per la sistemazione della bocca, di cui questo progetto costituisce uno stralcio esecutivo. Le opere verranno realizzate lungo la sponda, e interferiscono con l'esistente molo guardiano per un tratto di circa 150m. Ai fini di minimizzare le profondità degli scavi per la realizzazione della struttura della conca (nel progetto definitivo previsti a -10.0 m) e di ridurre l'interferenza con il territorio (Ca Roman), la tipologia strutturale è stata modificata sostituendo i manufatti in calcestruzzo armato con palancole.

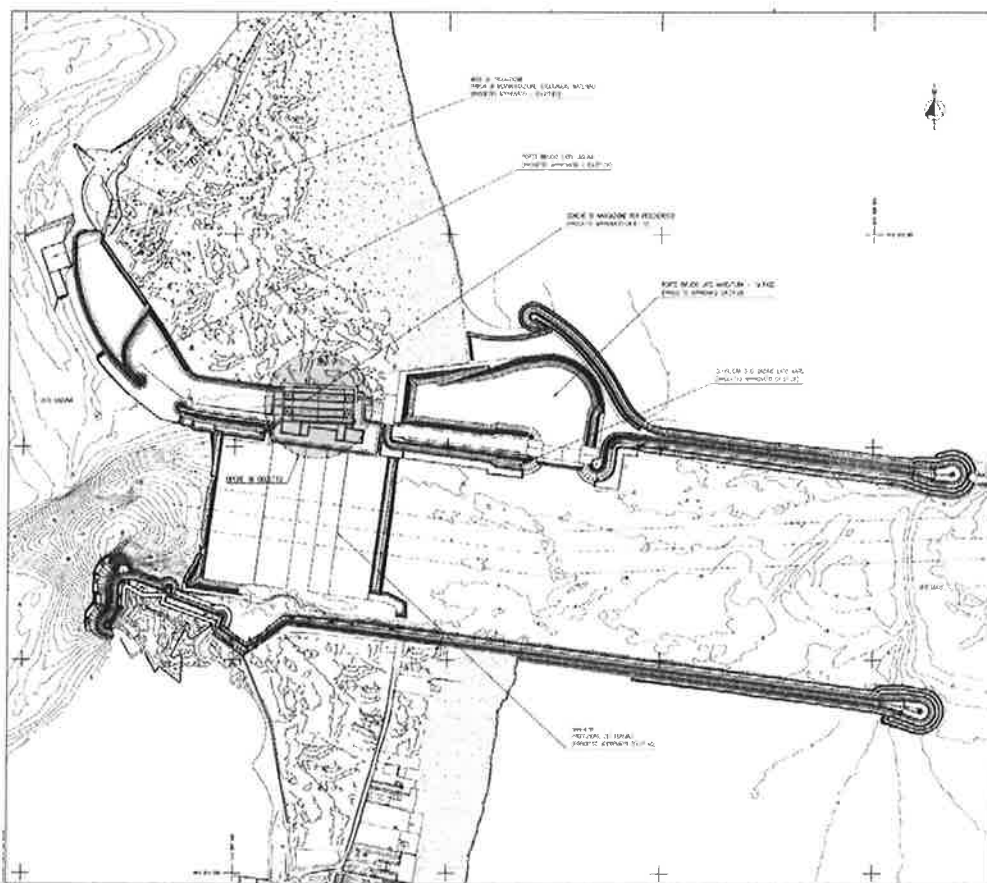



FIG. 2.1 - CONCHE DI CHIOGGIA – POSIZIONE DELLE CONCHE NELLA BOCCA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 2.2. Descrizione componenti della conca e loro suddivisione in WBE

Le conche di navigazione si presentano costituite dalle seguenti componenti principali:

- vasche delle conche e getti di seconda fase;
- strutture di alloggiamento delle porte;
- arredi marini;
- porte e relativi sistemi di movimentazione;
- impianti ausiliari e di servizio;
- Edificio di controllo e finiture.

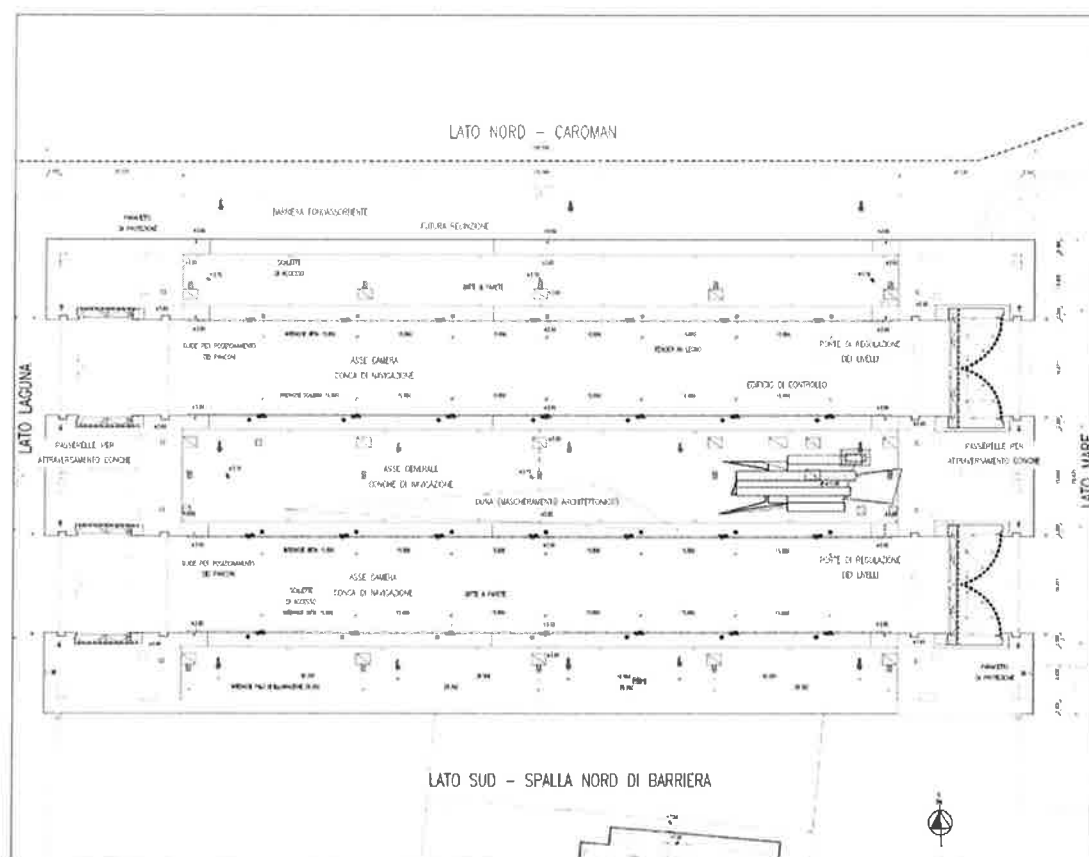



FIG. 2.2 - CONCHE DI CHIOGGIA – PLANIMETRIA DELLE CONCHE AL TERMINE DELLA PRESENTE WBS CH.E1.14



 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 2.2.1. WBS CH.E1.10 - Vasche delle conche

Le vasche delle conche, parte della WBS CH.E1.10, i cui lavori sono già completati, hanno dimensioni nette di circa 130m x 16m e sono delimitate da pareti longitudinali e, alle estremità trasversali, dalle porte e dalle strutture adibite al loro alloggiamento. La quota di fondo delle conche è pari a -5.00m s.m.

Le pareti laterali di ciascuna camera sono realizzate da un doppio paramento di palancole tirantato in sommità, che confina un terrapieno: un paramento realizza le fiancate della camera e un paramento parallelo, posto a distanza di circa 11m per i paramenti esterni e di circa 18m per quello interno centrale, ha la funzione di ancoraggio e di contenimento.

Il palancolato delle pareti longitudinali è costituito da una parete combinata ottenuta interponendo elementi portanti ad elementi di tenuta. Il passo della disposizione dei profili è mantenuto costante in maniera che gli elementi portanti di due pareti parallele si corrispondano. Le barre di ancoraggio connettono così coppie di elementi portanti, realizzando il collegamento sommitale che completa il confinamento del terrapieno.

Il palancolato delle testate è invece costituito da una parete continua di elementi portanti non tirantati alternati ad una parete combinata nei tratti in corrispondenza delle due conche, all'interno dei quali viene posta la camera di alloggiamento delle porte.


Le pareti longitudinali sono completate da un cordolo di ripartizione in c.a. (da quota +2.00m s.m. a quota +3.65m s.m.) e sono rivestite sul lato verso la camera, dalla sommità a quota +3.65m s.m. fino a quota -2.70m s.m. (circa 1.40m sotto il livello di bassa marea), con elementi prefabbricati in calcestruzzo, solidarizzati alle palancole con un getto in opera. Tali elementi costituiscono la finitura delle pareti interne delle conche, garantiscono il coronamento delle pareti ripartendo i carichi di superficie e proteggono dalla corrosione il palancolato nella fascia soggetta alla maggiore aggressione da parte dell'acqua salmastra.

Sullo stesso lato delle pareti vengono alloggiati ganci, scalette di accesso al bordo e bitte di ancoraggio.

### 2.2.2. WBS CH.E1.10 - Strutture di alloggiamento delle porte

Le porte Ogni porta è installata all'interno di una struttura di alloggiamento che ne fornisce le battute e il ricovero quando è aperta.

Queste strutture, che fanno parte della WBS CH.E1.10 già completata, sono realizzate in corrispondenza delle testate delle conche mediante una perimetrazione completa di palancole a parete continua. All'interno di esse vengono costruiti due vani in calcestruzzo armato: uno adibito all'alloggiamento delle porte, uno con polifora, permanentemente asciutta, adibito al passaggio dei cavi.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 2.2.3. WBS CH.E1.10 - Arredi marini e completamenti opere civili

Una bitta da 300kN stata inghisata nella trave di coronamento, ogni 16m circa, lungo le due pareti delle vasche, per l'ormeggio delle imbarcazioni di dimensioni maggiori. Scalette di accesso al terrapieno sono state inoltre alloggiare, anch'esse ogni 16m circa, a ridosso del cordolo di coronamento e poggianti sui pannelli prefabbricati costituenti il rivestimento interno delle pareti delle vasche. In corrispondenza delle scalette sono stati disposte coppie di bitte a parete da 100kN. I terrapieni ai lati delle conche verranno resi percorribili per il transito dei mezzi di manutenzione; è prevista la raccolta e lo smaltimento dell'acqua meteorica lungo tali terrapieni tramite la realizzazione di un sistema fognario. Tali elementi (bitte, scalette, rete di smaltimento acque meteoriche, polifore interrato e pozzetti per passaggi impianti, rete antincendio) sono stati inseriti nella WBS CH.H1.10.

Boe di segnalazione marittima sono installate in corrispondenza degli ingressi alle conche, su entrambi i lati, all'esterno e all'interno. Sempre nella WBS CH.E1.10 sono stati pavimentati con calcestruzzo fibrorinforzato tutti i terrapieni delle conche: sono state lasciate delle riserve nella pavimentazione nelle sole aree dove è prevista la realizzazione dell'edificio di controllo delle conche.

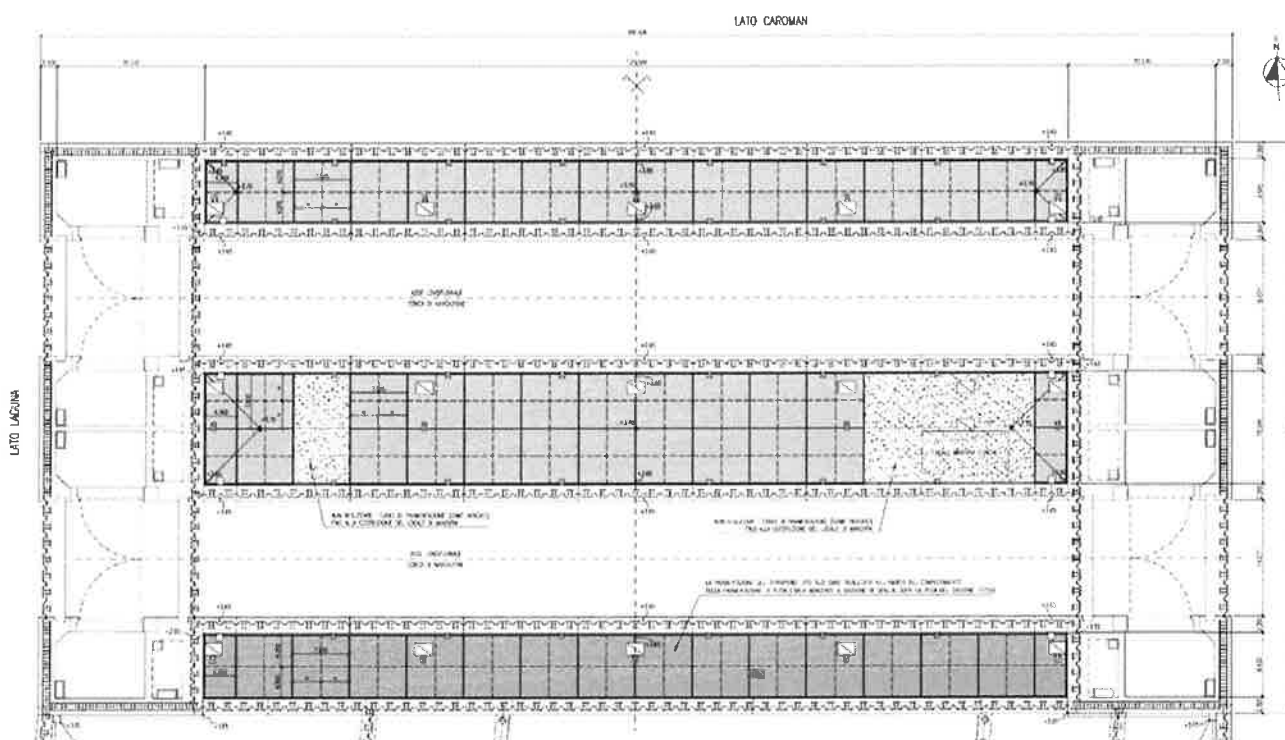



FIG. 2.3 - CONCHE DI CHIOGGIA – PLANIMETRIA DELLE CONCHE – STATO DI FATTO AL TERMINE DELLA WBS CH.E1.10

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### 2.2.4. WBS CH.E1.14 – WBE 01A – Protezione Catodica

Nella WBE01A della WBS CH.E1.14 comprende il progetto delle predisposizioni del sistema di protezione catodica attiva delle porte delle conche integrato con la protezione catodica delle strutture adiacenti di spalla. Tutti i sistemi fanno capo all'edificio ELE/HVAC posto sulla spalla nord di barriera in prossimità delle conche.

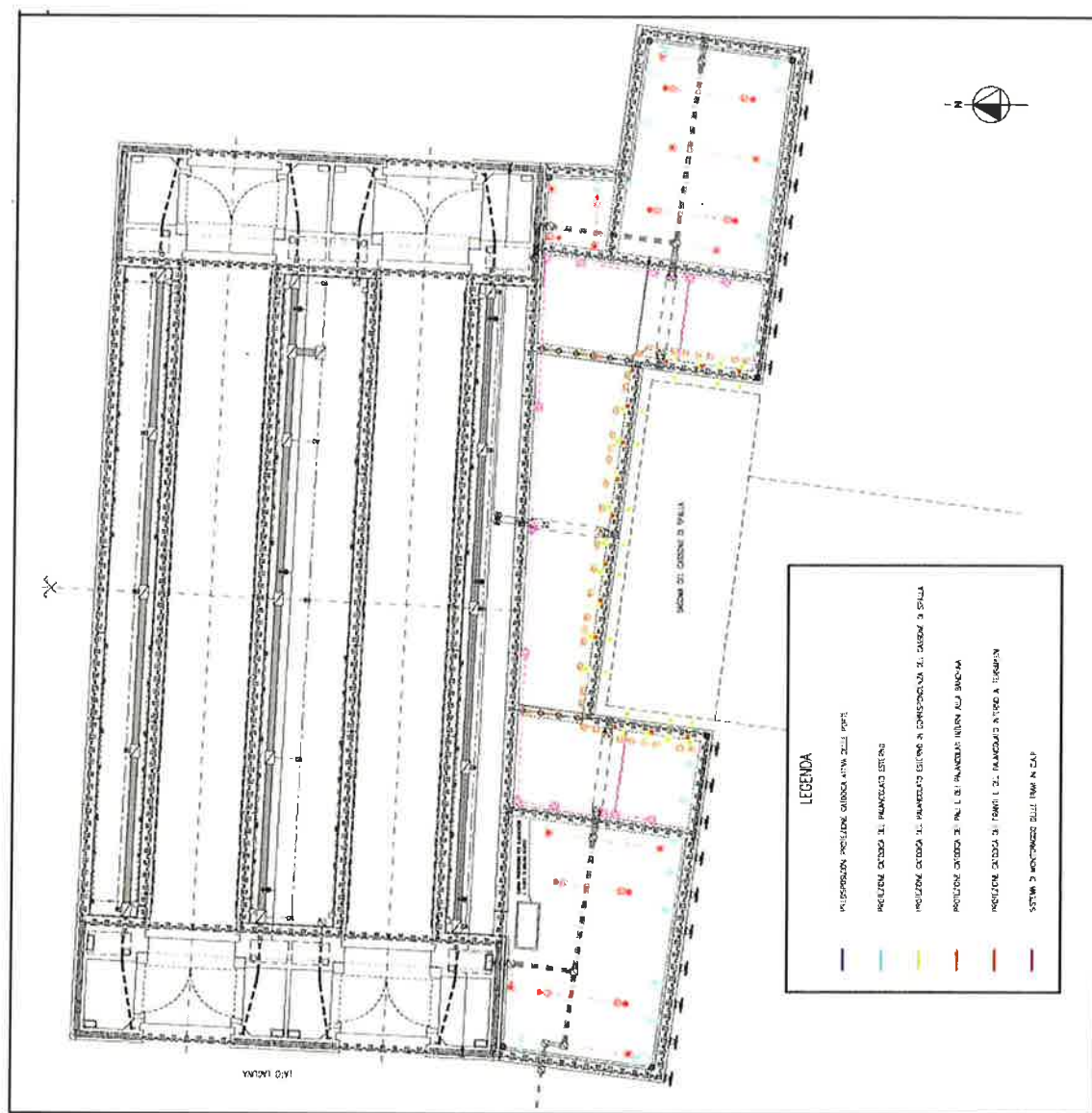



FIG. 2.4 – PLANIMETRIA DELLE OPERE SOGGETTE ALLE PREDISPOSIZIONI PER LA PROTEZIONE CATODICA DI WBE 01A

 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### 2.2.5. WBS CH.E1.14- WBE01B- Porte e relativi sistemi di movimentazione

Le porte ed i relativi sistemi di movimentazione fanno parte WBS CH.E1.14 e sono incluse nella presente WBE CH.E1.14.PE.01B. Le chiusure delle vasche sono costituite da porte a settore ad asse verticale in acciaio. Quando esse sono aperte sono ritirate in apposite strutture di alloggiamento in testata alle conche, lasciando completamente libera l'imboccatura della camera.

Le porte, in numero di 8 (una coppia per ogni ingresso alla conca) regolano quindi il flusso idrico e le operazioni di concata mediante loro graduale apertura.

Le quattro coppie di porte sono identiche e le loro dimensioni sono funzione principalmente, oltre che della geometria dell'imboccatura della conca, del battente d'acqua da sostenere e della stabilità in galleggiamento. La protezione alla corrosione è assicurata mediante verniciatura ed un sistema di protezione catodica ad anodi sacrificali.

#### 2.2.6. WBS CH.E1.14- WBE01B-Panconi e passerelle di attraversamento conche

Le panconature per la messa in asciutto delle testate delle conche e le passerelle di attraversamento conche sono anch'esse fanno parte WBS CH.E1.14 e sono incluse nella presente WBE CH.E1.14.PE.01B.

#### 2.2.7. WBS CH.E1.14- WBE01B-Impianti

Nel presente stralcio esecutivo è anche prevista la fornitura degli impianti afferenti al funzionamento delle porte.

Per il corretto esercizio delle conche di navigazione di Chioggia vengono forniti ed installati diversi sistemi meccanici ed elettrostrumentali cui si aggiungono sistemi ausiliari di completamento e protezione come la ventilazione ed il condizionamento, l'antincendio, l'antintrusione, le telecomunicazioni e le segnalazioni marittime.


Nei paragrafi sottostanti viene riportata una breve illustrazione dei diversi componenti da fornire ed installare.

##### *Impianti meccanici*

In questa sezione sono comprese tutte le apparecchiature che presiedono alla movimentazione delle porte e quelle ausiliarie di servizio per il corretto esercizio delle conche.

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- il sistema oleoidraulico per la movimentazione e d il blocco delle porte che comprende :

 <b>TEGENTRAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- i cilindri di movimentazione e di blocco delle porte;
- la centralina oleoidraulica con la vasca di contenimento dell'olio, le elettropompe di pressurizzazione, le tubazioni di collegamento di mandata e ritorno tra la centralina ed i pistoni (sia di movimentazione che di blocco) complete delle relative valvole di regolazione ed intercettazione,
- il sistema di guarnizioni per realizzare la tenuta delle porte quando sono chiuse;
- il sistema di produzione e distribuzione dell'aria compressa per il gonfiaggio delle guarnizioni di tenuta delle porte e per la regolazione di valvole pneumatiche e strumenti;
- la rete di distribuzione dell'acqua potabile derivata del sistema a servizio della barriera di Chioggia.

#### Impianti elettrici


In questa sezione sono comprese tutte le apparecchiature che presiedono alla distribuzione dell'energia elettrica per l'esercizio delle apparecchiature meccaniche, per l'illuminazione e per la realizzazione della rete di terra.

In particolare in questo sistema sono inclusi :

- il sistema di controllo e distribuzione dell'energia elettrica per l'alimentazione dei motori elettrici delle diverse apparecchiature a movimentazione che comprende :
  - i quadri elettrici con i relativi interruttori,
  - i cavi elettrici di collegamento con i quadri di barriera e con le diverse utenze;
- il sistema di alimentazione per l'impianto di illuminazione dell'edificio di controllo e dell'area esterna
- il sistema di alimentazione tramite UPS in emergenza;
- le vie cavi da realizzare con tubazioni conduit o con passerelle meccaniche;
- la rete di terra

#### Impianti di strumentazione e controllo

In particolare in questo sistema sono inclusi:

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- tutta la strumentazione necessaria per il corretto esercizio e controllo dei sistemi elettromeccanici compresi i relativi cavi di collegamento;
- il sistema di controllo e gestione di tutte le apparecchiature e dei sistemi collegati (PCS – DCS) con la relativa raccolta e gestione dati;
- il sistema di alimentazione tramite UPS in emergenza;
- la rete di terra

#### Impianti di ventilazione e condizionamento

In particolare in questo sistema sono inclusi tutte la apparecchiature di ventilazione e condizionamento con i relativi collegamenti elettrici e di convogliamento dell'aria.

#### Impianti di rilevazione e spegnimento incendi

In particolare in questo sistema sono inclusi :

- il sistema di rilevazione incendi;
- il sistema di spegnimento incendi con idranti con relativo collegamento alla rete antincendio della barriera di Chioggia;
- il sistema di spegnimento incendi con sistema a schiuma (tramite monitori) a servizio di una parte dell'area esterna;
- il sistema di spegnimento incendi con gas inerte (Tipo IG 55) a protezione delle sale elettriche, della sala PLC e della sala controllo.

#### Impianti antintrusione e antipermanenza


In particolare in questo sistema sono inclusi :

- il sistema di controllo degli accessi;
- serie di telecamere per il controllo dell'area;
- il sistema di rilevamento della presenza di personale all'interno dei locali;

#### Impianti di telecomunicazione

In particolare in questo sistema sono inclusi :

- il sistema interfonico all'interno dell'area delle conche;
- il sistema per le comunicazioni telefoniche con l'esterno;
- la disponibilità di una radio per comunicazioni.

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### Impianti per le segnalazioni marittime

In particolare in questo sistema sono inclusi:


- il sistema semaforico all'interno ed all'esterno delle conche;
- i quadri, posti all'esterno delle conche, con l'indicazione delle frequenze da utilizzare per i contatti con la capitaneria di porto.

### 2.2.8. WBS CH.E1.14- WBE02-Edificio di Controllo e completamento

L'edificio di controllo delle conche, posto sul terrapieno centrale, i suoi impianti minori afferenti ed i completamenti fanno parte WBS CH.E1.14 e saranno incluse nella successiva WBE CH.E1.14.PE.02.

Oltre all'edificio di controllo, verranno incluse quelle parti d'opera necessarie a dare completamento alle conche, come il completamento delle pavimentazioni.

Inoltre lungo le pareti della camera delle conche verranno disposti parabordi in legno azobè per evitare contatti tra le imbarcazioni e le pareti stesse. Tali elementi erano stati previsti nella WBS CH.E1.10, ma sono stati stralciati nel corso dell'approvazione del progetto esecutivo e saranno quindi inseriti nella WBS CH.E1.14.PE.02.

 <b>TECNITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1. Organizzazione delle WBS e delle WBE delle porte e opere elettromeccaniche delle conche di Chioggia

Le parti del progetto delle opere mobili sono codificate secondo una Work Break-down Structure (WBS).

In particolare, le porte e le opere elettromeccaniche delle conche sono individuate dalla WBS: CH.E1.14 – Bocca di Chioggia – Conche : Porte ed opere elettromeccaniche.

La suddivisione in WBE è la seguente:

- WBE: CH.E1.14.PE.01 – Bocca di Chioggia – Conche : Porte ed opere elettromeccaniche – Protezione catodica, porte, passerelle e panconi;
- WBE: CH.E1.14.PE.02 – Bocca di Chioggia – Conche : Porte ed opere elettromeccaniche – Edificio di Controllo e Completamento.

La WBE01 “Bocca di Chioggia – Conche : Porte ed opere elettromeccaniche – Protezione catodica, porte, passerelle e panconi”, per esigenze legate ai finanziamenti effettivamente disponibili, è stata suddivisa in due parti :

- WBE 01A, già finanziata e realizzata, relativa alle predisposizioni per la protezione catodica attiva delle porte e alla protezione catodica delle adiacenti strutture di spalla;
- WBE 01B, relativa alle porte, alle passerelle, ai panconi delle conche per pescherecci di Chioggia ed ai relativi impianti afferenti.

Oggetto del presente stralcio progettuale è la sola WBE 01B.

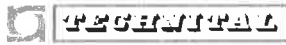
#### 3.2. Elaborati del progetto definitivo

- Relazione tecnica della Bocca di Chioggia, doc. TCH VE0734-PDRT004

#### 3.3. Studi e documenti specialistici sviluppati per la Conca di navigazione nell'ambito del progetto delle opere di Regolazione dei Flussi di Marea

- Navigational study through the Inlets of Venice Lagoon - DMI - Ottobre 2002
- Doc. Studio B.6.70 - Studio delle strutture e delle modalità operative per separare le esigenze della navigazione da quelle della salvaguardia nei canali di bocca di Lido, Malamocco e Chioggia, Technital, Ottobre 2003



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 3.4. Elaborati del progetto esecutivo

Per l'elenco degli elaborati del progetto esecutivo della conca si rimanda alla serie MV048P-PE-CZL-6000


### 3.5. Normative e standard applicabili

#### 3.5.1. Normativa italiana sulle strutture

- DM.LL.PP. del 14/1/2008, Norme tecniche per le costruzioni;
- Legge n. 1086 del 5/11/1971, “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso, e a struttura metallica”;
- DM.LL.PP. del 16/1/96, Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” e relative Istruzioni applicative;
- Circolare 4/7/96, “Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” di cui al DM prec.;
- DM.LL.PP. 9/1/96, “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” e relative Istruzioni applicative;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionali e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive integrazioni e modificazioni;
- Circolare Min.LL.PP. del 15/10/96, “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M. prec.

#### 3.5.2. Eurocodici

- UNI EN 1990:2004 - “Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1992-1-1:2005 – “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1:2005 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-5:2007 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 5 –Plated structural element”;

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

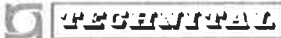
- UNI EN 1993-1-8:2005 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 8 –Design of joints”;
- UNI EN 1994-1-1:2005 - Eurocodice 4 – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”
- UNI EN 1997-1:2005 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte 1: regole generali”;
- UNI EN 1998-1:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

### 3.5.3. Norme specifiche sull'acciaio

- CNR UNI 10011, “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”, 1987;
- UNI EN 10025:1995 – “Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura”;
- API - Specification 5L – March 1983 – “Api Specification for Line Pipe”;
- API - Recommended Practice 2A-LRFD – Giugno 1993 – “Recommended practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and resistance factor design”.

### 3.5.4. Norme sulle costruzioni marittime


- Consiglio Superiore Lavori Pubblici, 23-09-0994 n.156 – “Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime”;
- USACE: “Coastal Engineering Manual”, 2006
- BSI 6349: part 1 - 1984 – “Maritime structures - Part. 1 - General criteria”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 2 - 1988 – “Maritime structures - Part. 2 -Design of quay walls, jetties and dolphins”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 3 - 1988 – “Maritime structures - Part. 1 –Code of practice for general criteria”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 1 - 2000 – “Maritime structures - Part. 1 - General criteria”, issued by the British Standard Institution;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- ROM 0.2-1990 – “Actions in the design of maritime and harbour works”, Maritime works recommendations issued by Puertos del estado, Spain;
- ROM 0.2-2000 – “General procedure and requirements in the design of harbour and maritime structures”, Maritime works recommendations issued by Puertos del estado, Spain;
- EAU 1996 – “Recommandations of the Committee for waterfront structures, Harbours and Waterways”, issued by the Committee for Waterfront Structures of the Society for Harbour Engineering and the German Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering;
- PIANC - 2003 – “Breakwaters with vertical and inclined concrete walls”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 2002 – “Guidelines for the design of fender systems”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 1997 – “Dredged material management guide”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 1997 – “Guidelines for the design of armoured slopes under open piled quay walls”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 1987 – “Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles for inland waterways”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses.

#### 3.5.5. Norme specifiche sulle conche di navigazione

- PIANC - 1986 - “Final report of the international commission for the study of locks”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- USACE - 1995 - "Planning and design of navigation locks", EM1110-2-2602;
- USACE - 2006 - “Hydraulic design of navigation locks”, EM1110-2-1064;
- USACE – 1975 - “Hydraulic design of dams”, EM1110-2-1610;
- USACE- 1994 – “Navigation locks. Fire protection provisions”, EM1110-2-2608;
- USACE – 2003 – “Lock and dam gate operating and control systems”, EM1110-2-2703;
- Regio decreto 9/12/1937, 2669, “Regolamento sulla tutela delle opere idrauliche di 1a e 2a categoria e delle opere di bonifica.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 20
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### 4. CONTENUTI DELLA RELAZIONE E DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI VERIFICATI


La presente relazione di calcolo strutturale presenta le verifiche delle parti strutturali secondarie delle porte, oltre agli elementi di dettaglio; la relazione MV048P-PE-CAR-6024 presenta invece le verifiche delle strutture principali della porta.

Gli elementi strutturali secondari verificati nella presente relazione sono i seguenti:

- Passerella pedonale di collegamento tra le banchine delle conche;
- Fenders e telaio reggi – fenders.

Sono inoltre presentate le verifiche dei seguenti elementi di dettaglio :

- Verifiche dei nodi del telaio spaziale;
- Chiavistello per vincolo delle porte sulla parete laterale delle OOCC delle conche.
- Verifiche dei dettagli di supporto alle tenute
- Verifiche delle perdite delle tenute.

 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### 4.1. Geometria delle porte delle conche di Chioggia

Ciascuna porta si presenta planimetricamente come un settore circolare descritto da un raggio di circa 8.30 m (da asse cerniera ad asse battuta) su un angolo di 90°.

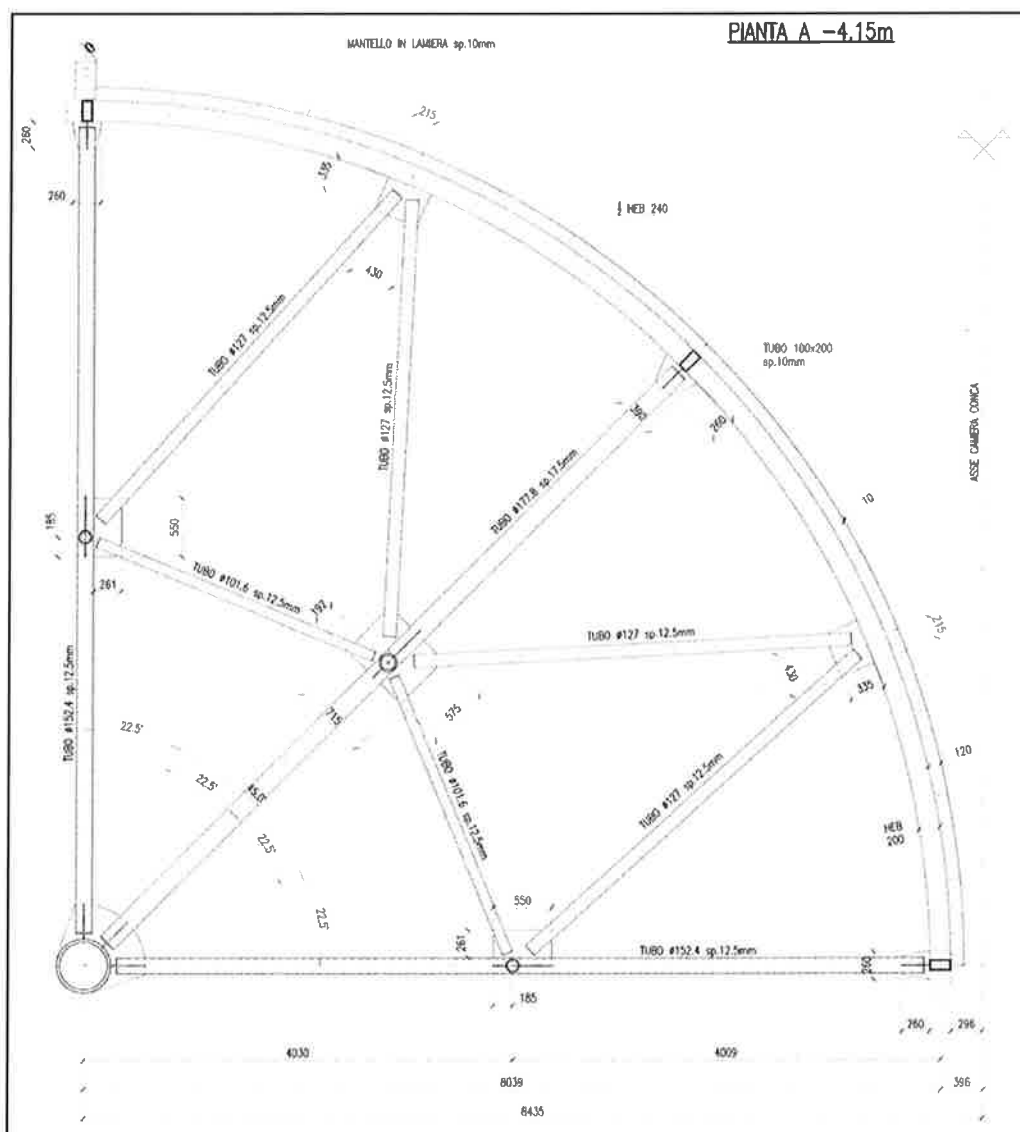



FIG. 4.1 - PIANTA TRALICCIO SPAZIALE PORTE CONCHE DI CHIOGGIA

La porta è costituita da una intelaiatura metallica rivestita lungo l'arco circolare da un mantello continuo in lamiera. I supporti sono costituiti da due cerniere distanziate di 6.65 m: quella inferiore sostiene il peso della struttura (~ 310 kN) mentre entrambe sono in grado di riprendere la risultante delle forze orizzontali.



 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### 4.2. Passerelle pedonali

Si prevede che vi sia sempre almeno una coppia di porte chiuse per ciascuna camera, in modo che non si formino correnti rilevanti attraverso la conca. Di conseguenza, le porte sono un ponte ‘naturale’ attraverso il quale passare per raggiungere il terrapieno intermedio e quello lato Cà Roman.

Sulle porte sono state quindi previste delle passerelle della larghezza di 1.5 m che collegano le sponde opposte delle conche. La quota di calpestio delle passerelle, posta a quota + 3.90 slmm con intradosso impalcato a +3.70 permette agli utenti un agevole passaggio dalle opere civili della conca garantendo allo stesso tempo la non compenetrazione della stessa sulla soletta del recesso, posta a quota +3.65.

Le passerelle sono vincolate alla struttura a traliccio delle porte tramite coppie di montanti tubolari che posti a distanza di circa 4 metri tra loro. La lunghezza totale delle passerelle è di circa 10 metri.

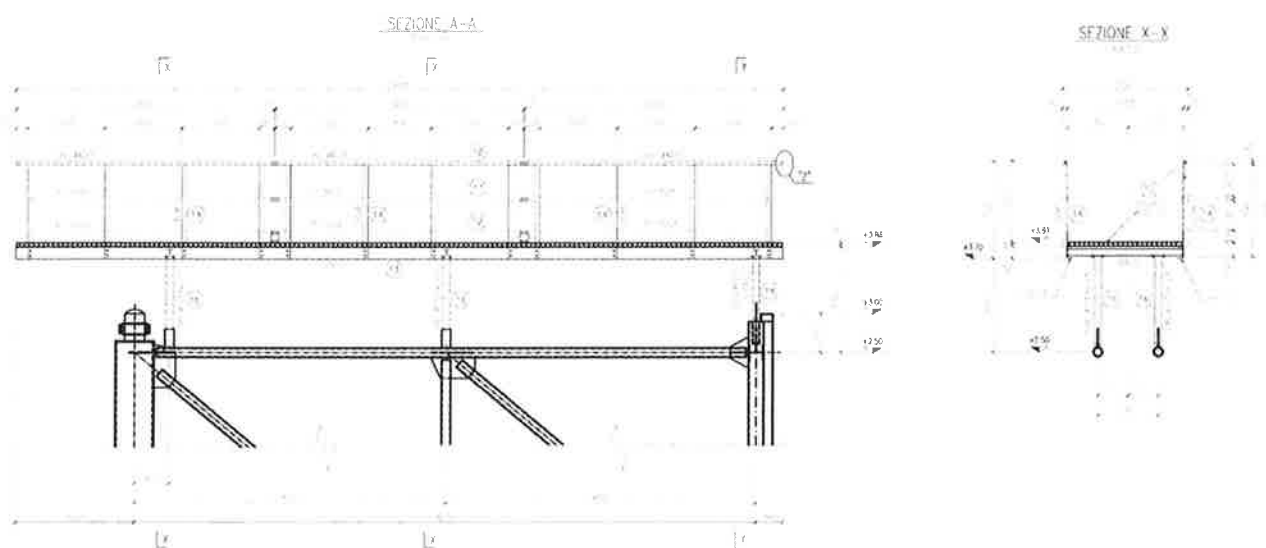



FIG. 4.3 - SEZIONI LONGITUDINALE E TRASVERSALE DI UNA PASSERELLA

#### 4.3. Fender e Telaio reggi – fender

Sul lato interno conca gli urti per frizione di natanti sulle porte, dato il possibile l'affollamento di natanti all'interno della conca, sono probabili; in alcuni casi tali eventi potrebbero rivelarsi particolarmente pericolosi in quanto potrebbero danneggiare gli elementi dei telai con carichi concentrati che potrebbero comportare effetti non solo locali, ma coinvolgere anche la funzionalità del telaio nel suo insieme.

 <b>FENTEK</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Per tale ragione, a protezione da possibili urti, è stato studiato un telaio apposito che regge dei fenders piccoli che proteggono da urti per strisciamento i profili del telaio posizionati al di sopra di quota medio mare.

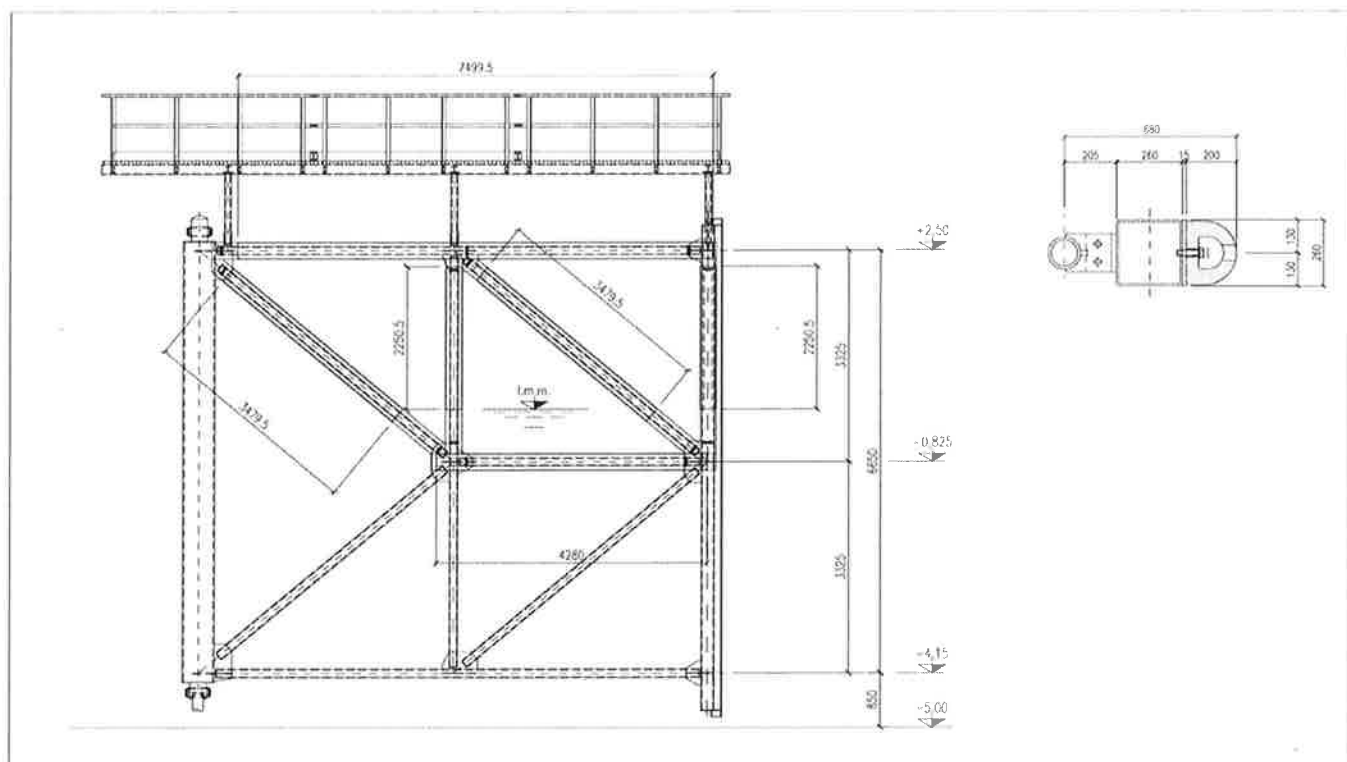



FIG. 4.4 - ELEMENTO FENDER E TELAIO REGGI - FENDERS

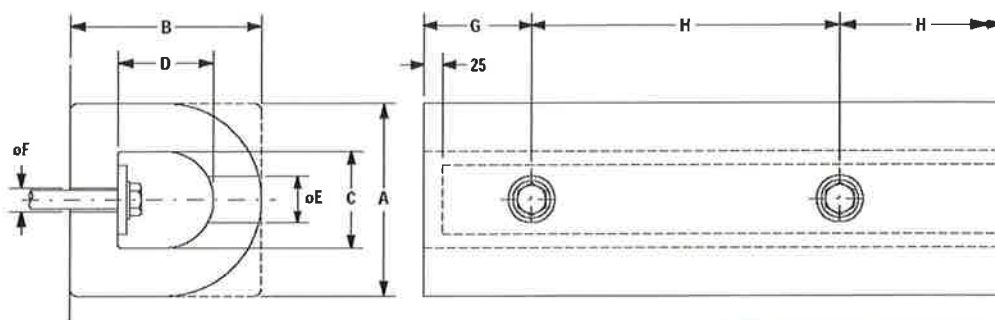
I fender sono fissati su un telaio in acciaio indipendente collegato tramite bullonature alla struttura della porta in prossimità dei nodi in modo da poterne garantire la rimozione in caso di sostituzione/manutenzione.

Il dimensionamento del fender è stato effettuato tenendo conto dell'energia sprigionata da un'imbarcazione con dislocamento di 380 tonn che urta il telaio ad una velocità di 0.2 m/s. Il valore di riferimento dell'energia preso in conto in fase di accosto alle strutture è pari a circa 7.9 kNm.

Adottando ad esempio fenders del tipo 'DD fenders' della Fentek disposti a protezione dei tubolari posti al di sopra del livello del mare che, nella configurazione 250x200, sono in grado di assorbire energie fino ad 8.9 kNm.



 <b>PROTECTOR</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	



### APPLICATION

Extruded Fenders are ideal for:-

- Smaller jetties and wharves
- Workboats and service craft
- Mooring pontoon protection
- Inland waterways
- General purpose applications




▲ SD-Fenders, Portsmouth (ENGLAND)

FIG. 4.5 - TIPOLOGIA DI FENDER ADOTTATI IN DIFESA DELLE PORTE DELLA CONCA DI CHIOGGIA

#### 4.4. Chiavistello di fissaggio porte

In configurazione di chiusura su ogni porta sarà operativo un chiavistello disposto in prossimità della battuta laterale che andrà a fissare la porta impedendo eventuali aperture a seguito di azioni che non abbiano direzione radiale all'asse di rotazione della porta (tipicamente le azioni dovute agli urti di imbarcazioni). Il chiavistello, in acciaio inox, ha forma cilindrica e diametro  $\Phi 140$  mm, e sarà azionato da un cilindro posto sulla porta a quota +2.600 slmm in modo tale che, in fase movimentazione e di apertura della porta questo sarà richiuso, mentre, quando la porta si troverà in posizione di chiusura, andrà a disporsi a contatto con una piastra inghisata nella carpenteria delle opere civili.

In tal modo, sotto azioni che tendessero ad aprire la porta, il chiavistello troverebbe riscontro sulla piastra inghisata nelle opere civili e ne bloccherebbe l'apertura. La corsa del pistone per l'innesco del chiavistello è di circa 240 mm.

 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 26
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

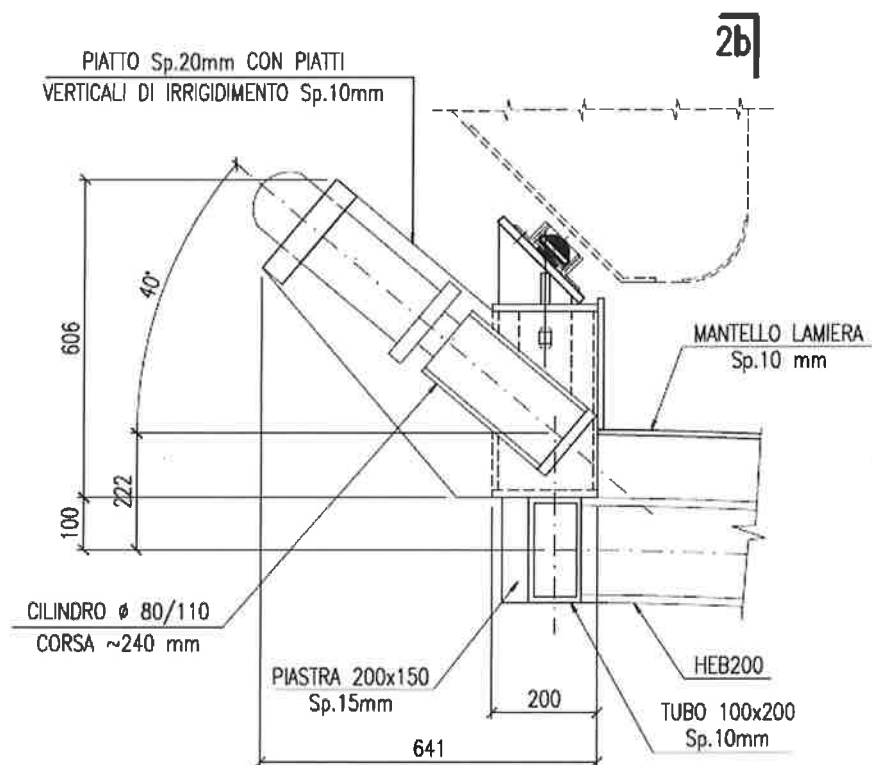




FIG. 4.6 - CHIAVISTELLO PER FISSAGGIO PORTA IN POSIZIONE DI CHIUSURA

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 5. SOFTWARE DI CALCOLO

- SAP2000 “*Non linear finite element code*”. Vers. 11.0. Computer & Structures, Berkeley, CA, USA.

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 6. CRITERI DI VERIFICA DELLE STRUTTURE

Le verifiche strutturali sono state effettuate facendo riferimento al metodo semi probabilistico agli stati limite, così come applicato nella normativa nazionale vigente (DM 14/01/08 e DM del 09/01/96) e negli Eurocodici (in particolare EC1, EC3, EC8).

Vengono considerati sia gli stati limite ultimi, che sono quelli associati al collasso della struttura o alla rottura di parti di essa, sia gli stati limite di esercizio, che corrispondono a condizioni oltre le quali specifiche richieste d'uso per una struttura o per un elemento strutturale non sono più soddisfatte.

Le verifiche di sicurezza vengono condotte secondo il *Metodo dei coefficienti parziali*: l'affidabilità viene ottenuta verificando che, in tutte le situazioni progettuali significative, gli stati limite non vengono raggiunti quando i valori di progetto delle azioni, delle proprietà del materiale e dei dati geometrici sono introdotti nei modelli progettuali.

In particolare si verificherà che:

le azioni di progetto non provochino il collasso globale delle strutture (anche in situazioni eccezionali, ad esempio sisma);

gli effetti delle azioni di progetto non superino la resistenza di progetto delle strutture allo stato limite ultimo;

gli effetti delle azioni di progetto non superino i criteri di funzionalità per lo stato limite di esercizio.

Il valore di progetto  $F_d$  di una azione viene espresso in termini generali da:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_K$$

essendo  $F_K$  il *valore caratteristico* dell'azione considerata e  $\gamma_F$  il coefficiente parziale che tiene conto:

della possibilità delle variazioni sfavorevoli delle azioni;

della possibilità di una poco accurata modellazione delle azioni;

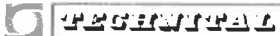
di incertezze nella valutazione negli effetti delle azioni.

Le azioni di progetto opportunamente combinate, insieme alle proprietà del materiale e ai dati geometrici, vengono applicate al modello di calcolo che idealizza la struttura per determinarne gli effetti  $E_d$ .

Il valore di progetto  $X_d$  di una proprietà del materiale viene espresso in termini generali da:

$$X_d = \gamma_M \cdot X_K$$

essendo  $X_K$  il *valore caratteristico* della proprietà del materiale considerata e  $\gamma_M$  il coefficiente parziale che comprende:

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- variazioni sfavorevoli dei valori caratteristici;
- poca precisione nei coefficienti di conversione;
- incertezze nelle proprietà geometriche ed in quelle del modello resistente.

I valori di progetto delle proprietà del materiale, i dati geometrici e gli effetti delle azioni, quando pertinenti, vengono usati per determinare la resistenza di progetto  $R_d$ .

Nel caso in cui il problema sia lineare (analisi elastica), vale il principio di sovrapposizione degli effetti, pertanto è possibile applicare al modello le azioni caratteristiche singolarmente e combinarne gli effetti.

Pertanto le verifiche sono soddisfatte quando è verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

### 6.1. Stati limite ultimi: combinazione delle azioni

Per ogni situazione di carico critica, i valori di progetto degli effetti delle azioni ( $E_d$ ) devono essere determinati combinando il valore di azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

- *Combinazioni per situazioni persistenti e transitorie in fase di costruzione:* valori di progetto delle azioni permanenti  $G_i$  e contemporanea presenza delle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_q (Q_{1k} + \sum_j \psi_{0j} Q_{jk})$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_q$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

- *Combinazioni per situazioni persistenti e transitorie:* valori di progetto delle azioni permanenti  $G_i$  e contemporanea presenza delle azioni variabili  $Q_j$


$$F_d = \sum_i \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_q (Q_{1k} + \sum_j \psi_{0j} Q_{jk})$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_q$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

- *Combinazioni per situazioni di progetto sismiche* – valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_j$  con i valori frequenti delle azioni variabili  $Q_i$  e con il valore di progetto dell'azione sismica  $A_{ed}$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \gamma_1 A_{ed} + \sum_j \psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_1$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{2j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

 <b>TRENTINO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 30
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### 6.1.1. Stati limite ultimi: coefficienti di sicurezza parziali per i materiali

I coefficienti di sicurezza parziali per i materiali costituenti gli elementi strutturali oggetto di verifica nella presente relazione sono:

$\gamma_{cls} = 1.60$	coefficiente relativo al calcestruzzo
$\gamma_s = 1.15$	coefficiente relativo all'acciaio per cls armato
$\gamma_{M0} = 1.05$	coefficiente relativo all'acciaio per carpenteria

#### 6.1.2. Stati limite di esercizio: combinazione delle azioni

Le combinazioni considerate per le verifiche agli stati limite di esercizio sono definite dalle seguenti espressioni:

- *per combinazioni di carico rare*: valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  associati ai valori caratteristici delle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \sum_{j \geq 2} \psi_{0j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

- *per combinazioni di carico frequenti*: valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  combinati alle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{j \geq 2} \psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti di combinazione  $\psi_{11}$  e  $\psi_{2j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.


- *per combinazioni di carico quasi permanenti*: valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  combinati alle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti di combinazione  $\psi_{2j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

Nelle condizioni di esercizio si controllano le ampiezze degli spostamenti e, ove significativo, i tassi di lavoro dei materiali.

Azioni		Simbolo	Set
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_G$	1,4
	Favorevole		1,0
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5
	Favorevole		0,0

 <b>PEGEMITRA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 31
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 6.1.3. Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)

I coefficienti di sicurezza parziali per i materiali costituenti gli elementi strutturali oggetto di verifica nelle relazioni di calcolo sono:

#### Sezioni in acciaio da carpenteria

- 1)  $\gamma_{M0} = 1.05$  sezioni di classe 1-2-3-4
- 2)  $\gamma_{M1} = 1.05$  fenomeni di instabilità
- 3)  $\gamma_{M2} = 1.2$  resistenza sezioni nette


#### Sezioni in cemento armato

- 4)  $\gamma_{cls} = 1.60$  coefficiente relativo al calcestruzzo
- 5)  $\gamma_s = 1.15$  coefficiente relativo all'acciaio per cls armato

#### Coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti

I coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti (bulloni e saldature) degli elementi strutturali sono:

- 6)  $\gamma_{M2} = 1.25$  bulloni
- 7)  $\gamma_{M2} = 1.25$  saldature d'angolo
- 8)  $\gamma_{M1} = 1.05$  saldature di Ia classe
- 9)  $\gamma_{M2} = 1.25$  saldature di IIa classe

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 7. MATERIALI

### 7.1. Acciaio

#### 7.1.1. Acciaio per porta

Le caratteristiche dei profilati in acciaio per gli elementi della porta impiegati nel presente progetto sono le seguenti:

Tubolari: UNI EN 10210 S 355 J0 H (ex Fe510-C)  
 $f_y \geq 355 \text{ Mpa}$

Profili/ Piatti: UNI EN 10025 S 355 J0 H (ex Fe510-C)  
 $f_y \geq 355 \text{ MPa}$

Le condizioni tecniche di fornitura per i profilati cavi laminati a caldo per strutture saldate a sezione circolare sono regolate, oltre che dalla vigente normativa sulle strutture metalliche, dalla norma europea UNI EN 10210; per i profili ed i piatti si fa invece riferimento alla norma europea UNI EN 10025.

Per maggiori informazioni a riguardo si veda la specifica relativa al montaggio della porta MV048P-PE-CAC-6033.

#### 7.1.2. Acciaio per collegamenti bullonati

Elementi in acciaio inox tipo AISI 316

- Viti: A4-70 EN-3506 (UNI 5737 - UNI 5739)
- Dadi: A4-70 EN-3506 (UNI 5587-88-89)
- Rondelle: A4-70 EN - 3506 (UNI 6589)


Bulloni A4-70:

$f_{yb} = 700 \text{ MPa}$                       resistenza nominale a rottura per trazione

#### 7.1.3. Acciai speciali

Alcune parti di progetto saranno realizzate in acciaio speciali. In particolare, i piatti terminali su porte e panconi a diretto contatto con le tenute sono in acciaio INOX 316 L.



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 33
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 8. DATI DI BASE E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

### 8.1. Vita utile di progetto

La vita utile di progetto è definita come il “periodo durante il quale si assume che la struttura sarà utilizzata per gli scopi previsti, con manutenzione anticipata, ma senza che risultino necessari sostanziali interventi di riparazione”. Nel caso delle opere per la regolazione delle maree, trattandosi di una struttura di ingegneria civile di primaria importanza, si assume, conformemente alla EN 1990,  $T_v = 100$  anni.

La durabilità delle opere è un requisito di base del progetto legato alla vita di servizio prescritta.

Stabilita la vita di servizio della struttura, la durabilità viene perseguita, a livello progettuale, in base a consolidate prescrizioni normative (principalmente contenute negli Eurocodici) e in base all'esperienza maturata dal Progettista per opere della medesima tipologia.

Con riferimento alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), alle opere suddette è opportuno associare un livello di sicurezza pari a 3 e trattandosi di infrastrutture civili di uso generale, anche in base a tale normativa, è richiesto di assumere una vita utile di 100 anni.

Infine, definita la vita di servizio e con lo scopo di conseguirla, si è proceduto a:

- definire le azioni sulle strutture in funzione delle diverse destinazioni d'uso e delle diverse fasi realizzative
- stabilire le deformazioni ammissibili in relazione alle diverse condizioni d'uso e alle diverse fasi di realizzazione delle strutture principali e degli elementi strutturali minori
- definire le azioni sulle strutture in funzione dell'interazione delle opere con l'ambiente in cui sono inserite
- definire gli effetti non strutturali dell'ambiente sulle opere (ad es. la corrosione)
- redigere il progetto dei materiali (composizione, prestazioni, proprietà)
- effettuare la scelta del sistema strutturale ottimale
- redigere il progetto delle sezioni strutturali resistenti ottimali
- redigere le specifiche di realizzazione delle opere
- individuare specifiche misure precauzionali da mettere in atto per garantire la durabilità delle opere
- garantire l'inquadramento in un piano generale di manutenzione.

## 8.2. Condizioni ambientali: marea e moto ondoso

### 8.2.1. Livelli di marea e moto ondoso

Nel progetto il livello dell'acqua è riferito al livello medio mare (l.m.m.), il cui riferimento (0.00 m s.l.m.m.) attualmente si trova 23 cm sopra il livello misurato a Punta della Salute, dove è collocato il mareografo storico di Venezia. Nella situazione attuale il livello a Punta della Salute durante la marea è praticamente uguale (a parte uno sfasamento temporale) a quello delle bocche di porto: pertanto nel dimensionamento delle opere in esame si farà riferimento alla statistica dei livelli misurati a Punta della Salute. Tale statistica evidenzia che valori frequenti di marea sono di circa  $\pm 0,50$  m s.l.m.m..

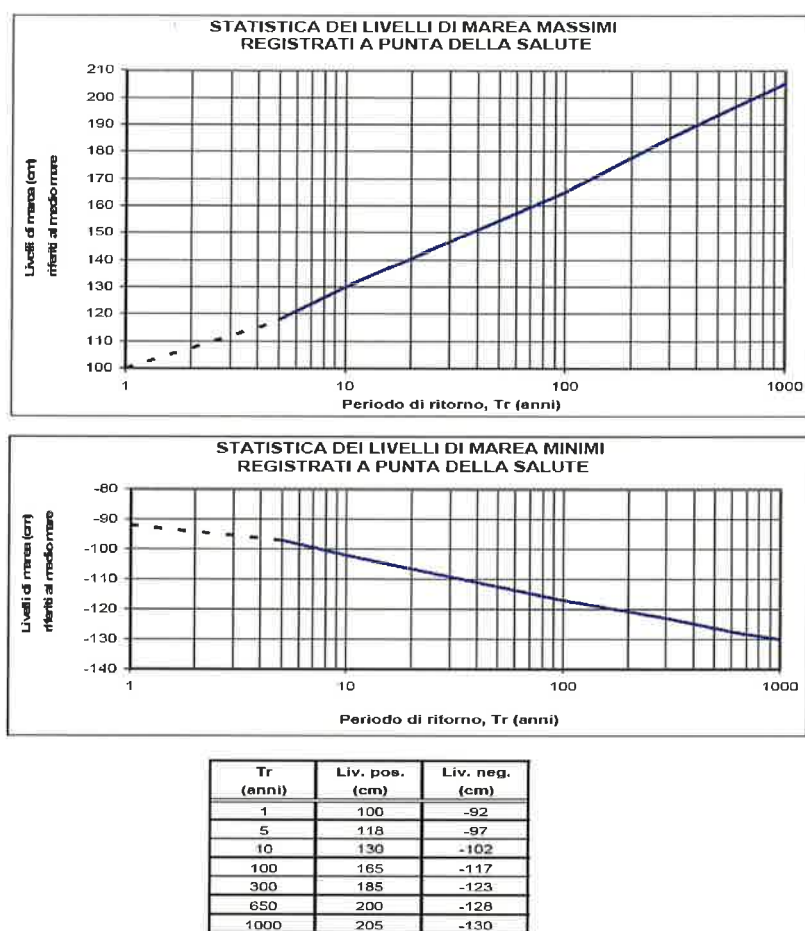



FIG. 8.1 - STATISTICA DEI LIVELLI DI MAREA AL COLMO E AL CAVO REGISTRATI A PUNTA DELLA SALUTE

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 35
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

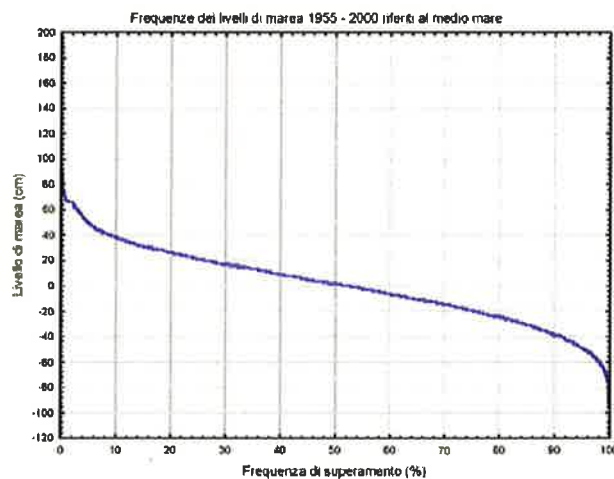


FIG. 8.2 - FREQUENZA DI SUPERAMENTO RILEVATA A PUNTA DELLA SALUTE

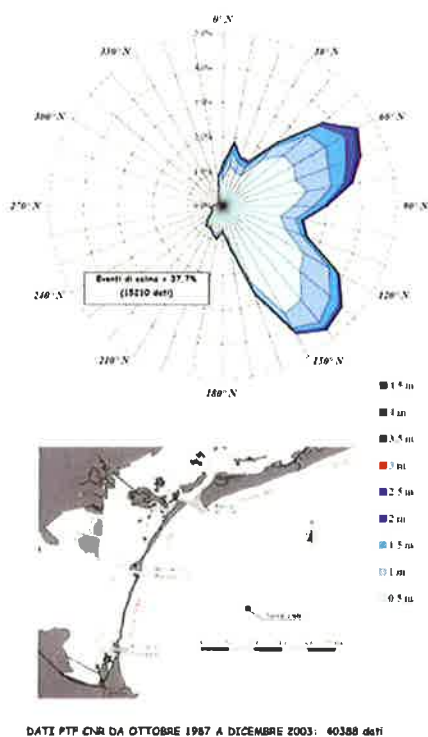




FIG. 8.3 - CLIMA DEL MOTO ONDOSO ALLA PIATTAFORMA ACQUA ALTA DEDOTTO DALE MISURE ESEGUITE NEL PERIODO OTT.1987-DIC.2003

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 36
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

L'agitazione ondosa all'interno del porto rifugio viene definita sulla base dei risultati delle prove eseguite nel modello fisico in scala 1:60 della bocca di Chioggia, nell'ambito della 2<sup>a</sup> variante dello studio B.6.53. A tal fine sono state eseguite 15 prove di durata pari a circa 5h prototipo, di cui 2 in condizioni di corrente di flusso, nella configurazione finale del porto rifugio (configurazione 2003) variando le caratteristiche dell'onda incidente e del livello del mare, come indicato in tabella.

N°	NOME PROVA	Posizione paratoie	Liv mare (m)	Liv. laguna (m)	ONDA INCIDENTE			
					Dir (°N)	Hs (m)	Tp (s)	$\gamma$
1	E122_56_00s115D3p3	sollevate	0.6	0.6	115	5.59	12.39	3.3
2	E80_30_10s115D3p3	sollevate	0.6	1.6	115	3.28	8.09	3.3
3	E101_36_10s115D3p3	sollevate	0.6	1.6	115	3.5	10.15	3.3
4	E107_44_20s115D3p3	sollevate	0.6	2.6	115	4.58	10.82	3.3
5	E106_49_00s115D3p3	abbassate	0.6	0.6	115	4.65	10.87	3.3
6	E122_56_00a115D3p3	abbassate	0.6	0.6	115	5.57	12.39	3.3
7	E78_30_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	2.98	7.70	10.0
8	E100_30_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	3.01	10.09	3.3
9	E87_44_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	4.11	8.78	3.3
10	E95_49_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	4.67	9.56	3.3
11	E101_52_20s80D3p3	sollevate	0.6	2.6	80	5.57	10.44	3.3
12	E101_52_10a80D3p3	abbassate	1.6	1.6	80	5.00	10.39	10.0
13	E95_49_10a80D3p3	abbassate	1.6	1.6	80	4.90	9.56	3.3

 <b>PEGEMITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 37
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

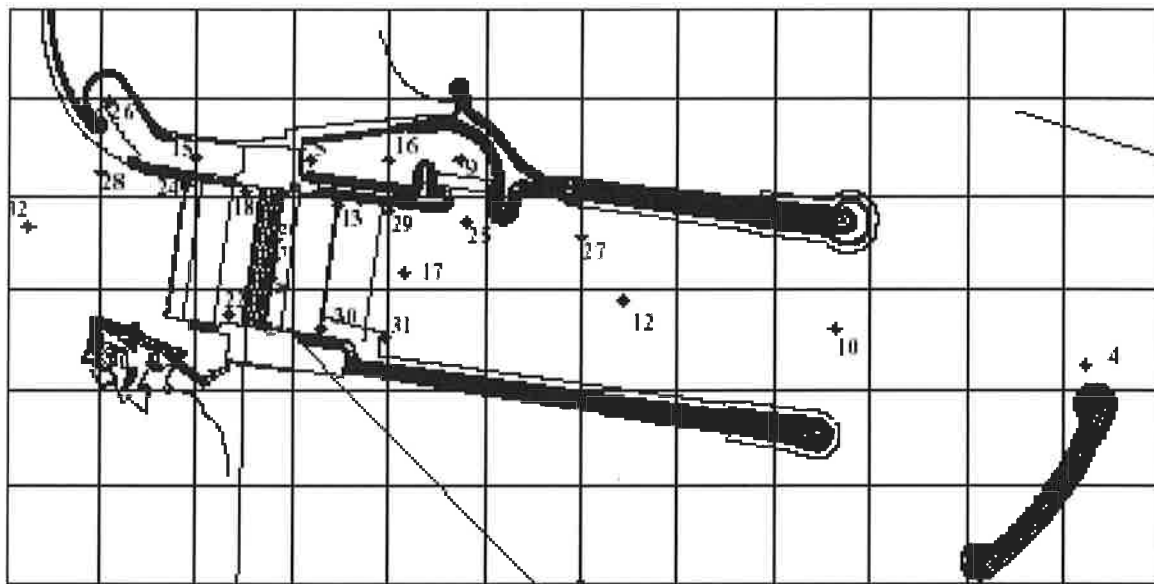



FIG. 8.4 - PLANIMETRIA MODELLO FISICO CON INDICAZIONE DELLE SONDE DI MISURA DEL MOTO ONDOSO (PROVE A PARATOIE ABBASSATE)

### 8.3. Bacino lato mare

Nell'area di interesse, si evidenziano le seguenti sonde:

- Sonda 25: all'ingresso del porto rifugio
- Sonda 9: al centro dell'avamporto
- Sonda 16: nel bacino interno
- Sonda 5: di fronte alle porte delle conche

Nella tabella seguente si riportano le altezze d'onda di breve ( $T < 33$  s) e di lungo periodo ( $T > 33$  s) misurate nelle sonde sopraelencate in tutte le prove eseguite, i valori misurati sono diagrammati in fig.1.2 in funzione dell'onda in generazione.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

TAB. 8.1 - ALTEZZE D'ONDA REGISTRATE ALL'INTERNO DEL PORTO RIFUGIO SU MODELLO FISICO

		ONDE IN GENERAZIONE					SONDA 25		SONDA 9		SONDA 16		SONDA 5		
nome prova	config. Para- toie	dir	livelli (m)		Tp	Hs di breve periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hmax lungo periodo
		(°N)	lag	mare	(s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
E78_30_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	7.78	2.96	0.77	0.15	0.25	0.23	0.09	0.29	0.06	0.40	0.89
E100_30_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	10.08	3.41	0.89	0.28	0.32	0.42	0.14	0.51	0.12	0.71	1.12
E87_44_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	8.81	4.42	1.04	0.30	0.34	0.47	0.15	0.61	0.11	0.82	1.16
E95_49_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	9.56	4.81	1.50	0.46	0.48	0.65	0.20	0.76	0.15	1.04	1.51
E101_52_20s80D3p3	soll	80	0.6	2.6	10.31	5.36	1.27	0.51	0.48	0.70	0.21	0.86	0.16	1.10	1.62
E95_49_10a80D3p3	abb	80	0.6	1.6	9.67	5.02	1.24	0.42	0.42	0.55	0.18	0.91	0.14	1.13	1.52
E101_52_10a80D3p3	abb	80	0.6	1.6	10.17	5.52	1.34	0.57	0.47	0.71	0.20	1.05	0.17	1.38	1.94
E122_56_00s115D3p3	soll	115	0.6	0.6	12.39	5.59	1.10	0.65	0.38	1.12	0.24	0.78	0.14	1.22	1.86
E80_30_10s115D3p3	soll	115	0.6	1.6	8.09	3.28	0.70	0.17	0.10	0.12	0.03	0.17	0.05	0.31	0.52
E101_36_10s115D3p3	soll	115	0.6	1.6	10.15	3.50	1.23	0.40	0.41	0.61	0.17	0.59	0.08	0.56	0.86
E107_44_20s115D3p3	soll	115	0.6	2.6	10.82	4.58	1.76	0.61	0.57	0.87	0.16	0.66	0.12	0.90	1.36
E122_56_00a115D3p3	abb	115	0.6	0.6	12.39	5.57	1.13	0.58	0.39	0.84	0.09	0.47	0.16	1.26	1.96
E106_49_00a115D3p3	abb	115	0.6	0.6	12.39	4.85	1.11	0.44	0.39	0.63	0.07	0.39	0.14	1.05	1.54

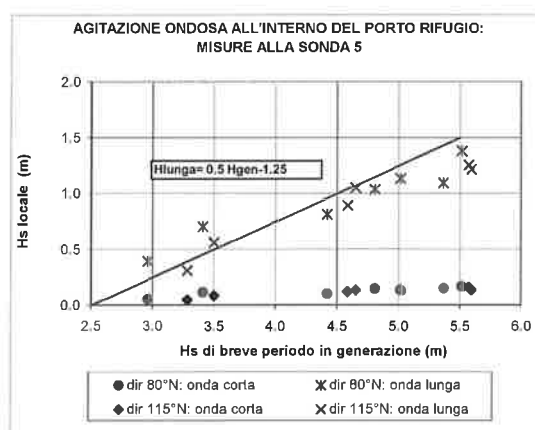
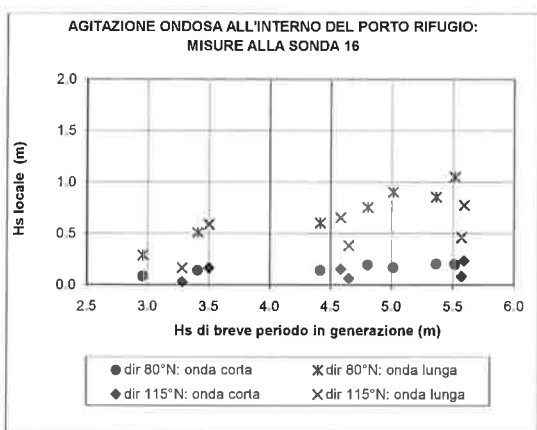
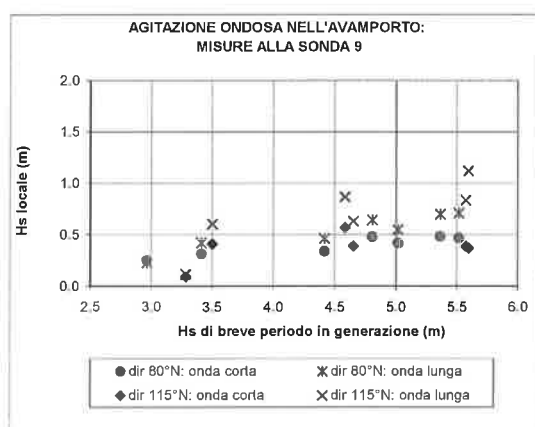
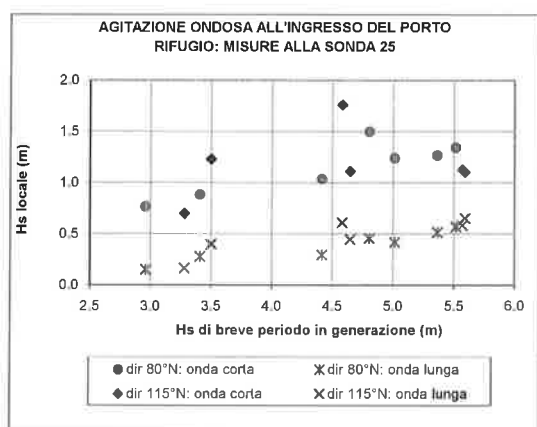



FIG. 8.5 - ALTEZZE D'ONDA REGISTRATE ALL'INTERNO DEL PORTO RIFUGIO IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA AL GENERATORE

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Si osserva che via via che si procede all'interno del porto rifugio, l'onda di breve periodo decresce, mentre aumenta quella di lungo periodo.

### 8.3.1. Onde di fronte alle conche lato mare

Di fronte alle conche l'onda di breve periodo è inferiore a 0.20 m, mentre l'onda lunga cresce all'aumentare dell'onda di breve periodo in generazione, raggiungendo in condizioni estreme il valore  $H_s=1.5$  m.

L'effetto delle onde di breve periodo ha effetto limitato e pertanto può essere considerato trascurabile, mentre l'effetto dell'onda di lungo periodo può essere considerata equivalente ad una variazione di livello, infatti i periodi di picco associati a tali onde sono dell'ordine dei 250 s ( 4 minuti).


Per il dimensionamento delle opere della porta della bocca di Chioggia si possono considerare le seguenti condizioni di moto ondoso e livelli (rif. tabella seguente).

TAB. 8.2 - STATISTICA COMBINATA ONDE-LIVELLI NEL PUNTO C2 (DI FRONTE ALLA BOCCA DI CHIOGGIA) E DAVANTI ALLE CONCHE DI CHIOGGIA

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			STATISTICA COMBINATA IN C2				DAVANTI ALLA CONCA 1%					
			BORA		SCIROCCO		SCIROCCO			BORA		
Ti (anni)	liv (m)	Hsptf (m)	Tp (s)	Hs C2 (m)	Tp (s)	Hs C2 (m)	Hs lunga (m)	livelli >0 (m)	livelli <0 (m)	Hs lunga (m)	livelli (m)	
5	<0.7	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/-	0.6
5	1.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
5	1.18	3.0	6.9	3.0	7.8	2.8	0.2	0.2	0.0	0.3	+/-	0.2
10	<0.75	4.7	8.7	4.4	9.8	4.2	0.9	0.7	-0.4	1.0	+/-	0.6
10	1.00	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/-	0.6
10	1.30	3.5	7.5	3.4	8.4	3.2	0.4	0.4	-0.1	0.5	+/-	0.3
100	<0.8	5.6	9.5	4.9	10.6	4.9	1.2	1.0	-0.6	1.2	+/-	0.8
100	1.30	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
100	1.50	4.6	8.6	4.3	9.7	4.1	0.8	0.7	-0.4	0.9	+/-	0.6
100	1.65	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
300	<1.00	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/-	0.8
300	1.50	5.5	9.4	4.8	10.6	4.7	1.1	0.9	-0.5	1.2	+/-	0.7
300	1.70	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
300	1.85	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
650	<1.2	6.2	10.0	5.2	11.2	5.4	1.5	1.2	-0.7	1.3	+/-	0.9
650	1.60	5.8	9.6	5.0	10.8	5.1	1.3	1.0	-0.6	1.3	+/-	0.8
650	1.90	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
650	2.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
1000	<1.25	6.4	10.1	5.2	11.4	5.5	1.5	1.2	-0.8	1.4	+/-	0.9
1000	1.70	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/-	0.8
1000	2.00	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
1000	2.05	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4

Nel dimensionamento delle opere ai livelli dovuti al moto ondoso occorre aggiungere quelli dovuti alla marea ed, eventualmente, quelli dovuti all'eustatismo.

Per una completa trattazione si veda l'allegato statistico delle onde (allegato [A]).

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

#### Periodo di ritorno delle azioni

Nel caso dello stato limite ultimo, il tempo di ritorno viene calcolato, salvo più precisa determinazione<sup>(1)</sup>, moltiplicando per 10 la durata in anni della vita di progetto dell'opera.

Nel caso dello stato limite di servizio, la normativa prescrive la considerazione di diverse combinazioni di carico: la rara, la frequente e la quasi-permanente. I valori delle azioni vengono combinati impiegando coefficienti parziali che hanno la funzione, nei diversi casi, di far passare l'azione variabile dal suo valore caratteristico a quello di combinazione, a quello frequente e a quello quasi-permanente. Tali coefficienti, però, sono codificati nelle normative solo per il caso degli edifici e possono essere penalizzanti per le opere di sostegno, specie per le azioni meteorologiche. In effetti, le azioni dovute ad agenti meteorologici sono, in genere, azioni statiche equivalenti, quindi sono tendenzialmente conservative nelle analisi di deformazione delle strutture).

Un approccio alternativo all'adozione tout court dei coefficienti  $\psi_{02}$  di normativa, consigliabile solo quando si stiano considerando delle fasi di costruzione o delle opere provvisorie (in quanto non apertamente codificato dalle norme), è quello di impiegare, per le verifiche nelle situazioni frequenti e quasi-permanenti, dei valori caratteristici delle azioni desunti da diagrammi o tabelle presentati che illustrino la ricorrenza dell'azione in relazione alla effettiva durata della situazione in analisi e di individuare direttamente quali valori di combinazione, frequente e quasi-permanenti adottare. Si ottiene in tal modo una verifica tarata sulla situazione di effettivo esercizio.

#### Livelli di marea nella situazione sismica

Nella situazione sismica, sia nelle situazioni allo stato limite ultimo sia in quelle nello stato limite di danno si considera, come effetto degli agenti meteorologici, l'azione della marea con tempo di ritorno di 100 anni.

### **8.4. Fouling**


Si elencano gli studi effettuati alla bocca di Chioggia tra gli anni 1988 -1991 e quelli del 2004:

**Studio B.6.14/III**, "Esercizio del modulo sperimentale - Sperimentazione di terza fase da condursi con il MOSE - Studio dell'insediamento di macro e microfouling sulle strutture sommerse del MOSE al termine del I° stralcio della IIIª fase sperimentale". **Relazione Finale (MAV-CVN 1991)**.

Periodo di immersione del MOSE alla Bocca di Lido: 15 mesi (da Marzo 1990 a Giugno 1991).

<sup>(1)</sup> La relazione rigorosa prevede che  $T_{rp} = T_v / [-\ln(1-P_f)]$ , dove  $T_{rp}$  è il periodo di ritorno dell'azione,  $T_v$  è la vita di progetto dell'opera,  $P_f$  è la probabilità di superamento del valore di progetto (o probabilità di danneggiamento dell'opera)



 <b>REGIONE VENETA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

La parte del modulo indagata che più si avvicina alle porte della conca in progetto, con particolare riguardo alla parte soggetta all'escursione di marea ed alla "splashing zone", è costituita dalla fascia intertidale delle colonne montanti. A tale fascia si riferiscono i valori di seguito riportati.

Valore ponderale fresco:  $3.3 \text{ kg/m}^2$

Spessore: 90 mm

Ricoprimento: 70%

Nella II<sup>a</sup> fase sperimentale del medesimo studio, sono stati invece misurati  $2.3 \text{ kg/m}^2$  di peso fresco, 57 mm di spessore ed un ricoprimento pari al 70%. Da notare che il numero di mesi di immersione del modulo è stato inferiore (6 contro i 15 della III<sup>a</sup> fase, da Giugno a Dicembre 1989); le differenze in peso fresco possono essere ricondotte anche a tale aspetto.

**Studio 2.2.6/I**, "Prima campagna di misure per la valutazione del micro e del macrofouling nelle zone di installazione delle paratoie". **Rapporto Finale macro/microfouling (MAV-CVN, 1989).**

Periodo di immersione dei pannelli alla Bocca di Chioggia: 10 mesi (da Luglio 1988 a Aprile 1989).

Quota di immersione dei pannelli: circa -10 m s.l.m.m., in prossimità del canale di Bocca.

Valore ponderale fresco:  $14 \text{ kg/m}^2$

Spessore: 70 mm

Ricoprimento: 100%.

Nella II<sup>a</sup> Fase dello Studio (da Dicembre 1989 a Dicembre 1990), caratterizzata da una annata con andamento climatico differente (da temperature invernali più rigide) sono stati invece misurati  $11.1 \text{ kg/mq}$  con spessori di 65 mm e ricoprimento del 100%; il numero di mesi di immersione è stato sempre pari a 12 (1 anno).

**Studio MELa1, Attività B2**, "Rilievo delle comunità incrostanti di substrato duro". **Rapporto Finale (MAV-CVN, 2004).**

La stazione di indagine prossima alla Bocca di Chioggia è la stazione 8C, ubicata lungo il Canale Poco Pesce.

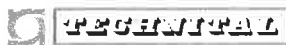
Quota di immersione del pannello: da 0.2 m s.l.m.m. a -0.6 m s.l.m.m.

Dimensioni del pannello: 20 cm (larghezza) x 80 cm (altezza): superficie di  $0.16 \text{ m}^2$

Periodo di immersione (monitoraggio di 3 anni): da Maggio a Ottobre 2000, da Febbraio a Ottobre 2001 e da Febbraio a Ottobre 2002

Valore ponderale fresco:  $555.55 \text{ g}/0.16 \text{ m}^2 = 3.5 \text{ kg/m}^2$

Spessore: non è stato misurato

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 42
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Ricoprimento: 60%

**Studio 2.2.6/I**, “Prima campagna di misure per la valutazione del micro e del macrofouling nelle zone di installazione delle paratoie”. Rapporto Finale macro/microfouling (MAV-CVN, 1989).

Periodo di immersione dei pannelli alla Bocca di Chioggia: 10 mesi (da Luglio 1988 a Aprile 1989). Quota di immersione dei pannelli: circa -10 m s.l.m.m., in prossimità del canale di Bocca.

Valore ponderale fresco: 14 kg/m<sup>2</sup>; Spessore: 70 mm; Ricoprimento: 100%.

### 8.5. Urto natanti in manovra

Si prevede che le imbarcazioni in attesa di uscire dalla conca possano, in fase di manovra, urtare contro le barriere.

Le caratteristiche delle imbarcazioni che possono provocare l'urto sono determinate sulla base degli studi di traffico disponibili.

### 8.6. Sisma

L'evento sismico viene trattato secondo quanto prescritto dal DM 14-01-08 “Norme tecniche per le costruzioni”.

#### 8.6.1. Zonazione dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia

Nel seguito si riportano le informazioni relative al Comune di Chioggia (Lat 45.225; Long 12.288) nella zona prossima alle conche di Navigazione. Si è ritenuto significativo concentrare l'attenzione sui valori di accelerazione di picco su suolo rigido, e riportare le diverse zonazioni in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che si verifichi in un certo intervallo temporale un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato.

Tutte le strutture del MOSE appartengono alla classe II (punto 2.4.2 della norma) a cui è attribuito un coefficiente  $C_u = 1$  (punto 2.4.3). La vita nominale (grandi opere infrastrutturali) è stabilita in  $V_n = 100$  anni (punto 2.4.1).


Il periodo di riferimento dell'azione sismica (punto 2.4.3) risulta dunque:

$$V_r = V_n \cdot C_u = 100 \text{ anni.}$$

La probabilità  $P_r$  di superamento dell'azione sismica nella vita  $V_R$  è data dalla tabella 3.2.I della norma.

Il periodo di ritorno  $T_R$  dell'azione sismica, da prendere in conto per verificare gli stati limite suddetti, è dato dalla relazione:

$$T_r = V_r / \ln(1 - P_r)$$

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

In conclusione per gli stati limite di danno e di salvaguardia della vita (SLV) rispettivamente utilizzati per le verifiche strutturali agli SLE ed agli SLU, si ha :

SLD                      Pr =    63%                      TR =    101 anni

SLV                      Pr =    10%                      TR =    949 anni

I parametri che definiscono la sismicità del sito (spettro di risposta elastico) su terreno tipo A sono dati dal INGV e sono riportati nel seguito.

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%

T<sub>R</sub>:    101 [anni]


a<sub>g</sub>:    0,037 g

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%

T<sub>R</sub>:    949 [anni]

a<sub>g</sub>:    0,069 g

 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 9. PASSERELLA

### 9.1. Modello

Il calcolo viene eseguito tramite un modello agli elementi finiti che schematizza il telaio della passerella con elementi tipo BEAM (programma di calcolo SAP2000).

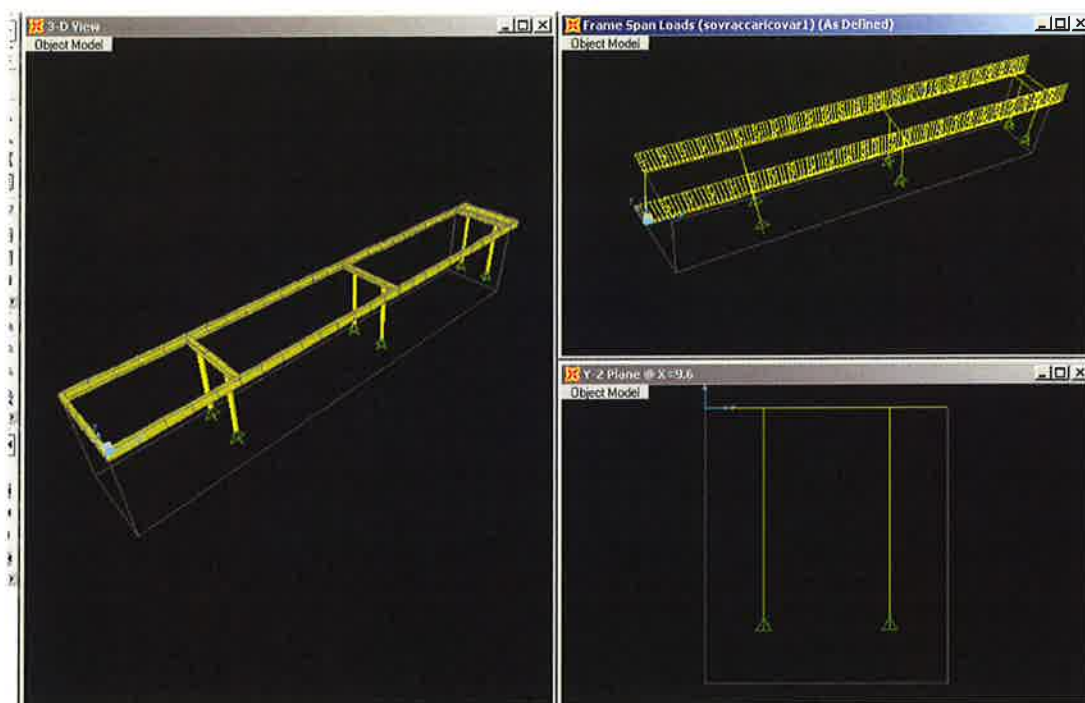



FIG. 9.1 - SCHEMATIZZAZIONE FEM DEL TELAIO DELLA PASSERELLA

La passerella ha lunghezza di 9.95 m e 1.50 m di larghezza e scarica (con luci 2.00-3.60-4.05-0.35) su coppie di tubolari  $\Phi 101.6$  di 1.30 circa di altezza posti ad un interasse di 0.78 metri tra loro.

### 9.2. Analisi dei carichi

Per il calcolo delle sollecitazioni vengono prese in considerazione le seguenti condizioni di carico elementari:

- 1) Carico permanente – peso proprio e sovraccarico permanente sulla struttura
- 2) Carico accidentale – carico uniformemente distribuito sulla passerella
- 3) Carico accidentale – carico uniformemente distribuito su un lato della passerella

 <b>TECHNITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 45
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- 4) Carico accidentale – carico uniformemente distribuito agente sul solo sbalzo della passerella
- 5) Carico accidentale – delta termico uniforme di +/- 20°C
- 6) Carico accidentale – spinta sul parapetto

Le condizioni di carico 2, 3 e 4 non vengono considerate concomitanti, bensì alternative.

Date le caratteristiche geometriche della passerella, l'azione del vento non induce significativi incrementi di tensione; si omettono pertanto nel seguito le verifiche relative.

#### 9.2.1. Peso proprio della struttura

Il peso degli elementi costitutivi della struttura di sostegno della passerella è il seguente:

– trave principale [UPN200]	253 N/m
– traverse [HEA100]	167 N/m
– montanti [Φ 101.6 sp 12.5]	275 N/m

#### 9.2.2. Sovraccarico permanente

Il peso dei sovraccarichi agenti sulle singole travi principali è il seguente:

– grigliato [ $p = 300 \text{ N/m}^2$ ]	450 N/m
– varie [parapetti, irrigidimenti, bulloneria]	100 N/m

TOTALE p = 550 N/m

#### 9.2.3. Carico accidentale su passerella

Si considera un carico accidentale agente sulla superficie praticabile pari a:


$$q = 5000 \text{ N/m}^2$$

Essendo la larghezza della passerella pari a 1500 mm, su ciascuna struttura di sostegno si ha:

$$q_1 = 5000 \cdot 1.5 / 2 = 3750 \text{ N/m}$$

#### 9.2.4. Carico termico

Si considera un carico termico uniformemente agente su tutta la struttura pari a:

 <b>TEGENITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 46
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

$$\Delta T = +/- 20^{\circ}\text{C}$$

#### 9.2.5. Carico accidentale sul parapetto

Per il dimensionamento dei mancorrenti dei parapetti si considera il carico orizzontale:


$$h = 1500 \text{ N/m}$$

### 9.3. Combinazioni di carico


COMB	P.PROPRIO	P. PERM	SOVR 1	SOVR 2	SOVR 3	$\Delta T 20^{\circ}\text{C}$
SLU 1	1.4	1.4	1.5	0	0	1.05
SLU 2	1.4	1.4	1.5	0	0	-1.05
SLU 3	1.4	1.4	0	1.5	0	1.05
SLU 4	1.4	1.4	0	1.5	0	-1.05
SLE 5	1.4	1.4	0	0	1.5	1.05
SLU 6	1.4	1.4	0	0	1.5	-1.05
SLE 1	1	1	1	0	0	0
SLE 2	1	1	0	1	0	0
SLE 2	1	1	0	0	1	0
SLE PROPRIO	1	1	0	0	0	0

### 9.4. Reazioni vincolari

el.	Caso di carico	Tx (kN)	Ny (kN)	Nz (kN)
1	DEAD	0.00	-0.20	1.98
1	sovraccaricoperm	0.00	-0.18	1.30
1	sovraccaricovar1	0.00	-2.03	15.03
1	sovraccaricovar2	-0.01	-1.01	21.99
1	sovraccaricovar3	-0.01	-1.31	9.70
1	DT20C	0.00	0.05	0.00
1	COMB1	0.00	-3.52	27.14
1	COMB2	-0.01	-3.61	27.14
1	COMB3	-0.01	-2.08	37.57
1	COMB4	-0.01	-2.08	37.57
1	COMB5	-0.02	-2.44	19.15
1	COMB6	-0.02	-2.53	19.14
1	COMBPPROPRIO	0.00	-0.37	3.28
1	SLE1	0.00	-2.40	18.31


 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 47
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

el.	Caso di carico	Tx (kN)	Ny (kN)	Nz (kN)
1	SLE3	-0.01	-1.68	12.98
2	DEAD	0.00	-0.13	1.45
2	sovraccaricoperm	0.00	-0.17	1.26
2	sovraccaricovar1	0.01	-1.97	14.58
2	sovraccaricovar2	0.01	-1.00	21.26
2	sovraccaricovar3	0.01	0.31	-2.31
2	DT20C	0.00	0.05	0.00
2	COMB1	0.02	-3.32	25.67
2	COMB2	0.02	-3.42	25.68
2	COMB3	0.01	-1.97	35.69
2	COMB4	0.01	-1.97	35.69
2	COMB5	0.01	0.10	0.34
2	COMB6	0.01	0.00	0.34
2	COMBPPROPRIO	0.00	-0.30	2.72
2	SLE1	0.01	-2.26	17.30
2	SLE2	0.01	-1.30	23.97
2	SLE3	0.01	0.01	0.41
3	DEAD	0.00	-0.11	1.33
3	sovraccaricoperm	0.00	-0.09	0.67
3	sovraccaricovar1	-0.01	-1.04	7.70
3	sovraccaricovar2	-0.01	-0.51	11.29
3	sovraccaricovar3	0.01	-0.01	0.11
3	DT20C	0.00	0.05	0.00
3	COMB1	-0.02	-1.79	14.35
3	COMB2	-0.01	-1.89	14.35
3	COMB3	-0.01	-1.10	19.73
3	COMB4	-0.01	-1.10	19.73
3	COMB5	0.00	-0.25	2.96
3	COMB6	0.01	-0.35	2.96
3	COMBPPROPRIO	0.00	-0.20	2.00
3	SLE1	-0.01	-1.24	9.70
3	SLE2	-0.01	-0.71	13.29
3	SLE3	0.00	-0.21	2.11
4	DEAD	0.00	0.20	1.98
4	sovraccaricoperm	0.00	0.18	1.30
4	sovraccaricovar1	0.00	2.03	15.03
4	sovraccaricovar2	0.00	1.02	-6.96
4	sovraccaricovar3	-0.01	1.31	9.70
4	DT20C	0.00	-0.05	0.00


 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

el.	Caso di carico	Tx (kN)	Ny (kN)	Nz (kN)
4	COMB1	0.00	3.52	27.14
4	COMB2	-0.01	3.61	27.14
4	COMB3	0.00	2.10	-5.85
4	COMB4	0.00	2.10	-5.85
4	COMB5	-0.02	2.44	19.14
4	COMB6	-0.02	2.53	19.14
4	COMBPPROPRIO	0.00	0.37	3.28
4	SLE1	0.00	2.40	18.31
4	SLE2	0.00	1.40	-3.68
4	SLE3	-0.01	1.68	12.98
5	DEAD	0.00	0.13	1.46
5	sovraccaricoperm	0.00	0.17	1.26
5	sovraccaricovar1	0.01	1.97	14.58
5	sovraccaricovar2	0.00	0.97	-6.68
5	sovraccaricovar3	0.01	-0.31	-2.31
5	DT20C	0.00	-0.05	0.00
5	COMB1	0.02	3.32	25.67
5	COMB2	0.02	3.42	25.68
5	COMB3	0.01	1.92	-6.21
5	COMB4	0.01	1.92	-6.21
5	COMB5	0.01	-0.10	0.34
5	COMB6	0.01	0.00	0.35
5	COMBPPROPRIO	0.00	0.30	2.72
5	SLE1	0.01	2.26	17.30
5	SLE2	0.00	1.26	-3.96
5	SLE3	0.01	-0.02	0.41
6	DEAD	0.00	0.11	1.33
6	sovraccaricoperm	0.00	0.09	0.67
6	sovraccaricovar1	-0.01	1.04	7.70
6	sovraccaricovar2	0.00	0.53	-3.59
6	sovraccaricovar3	0.01	0.02	0.11
6	DT20C	0.00	-0.05	0.00
6	COMB1	-0.02	1.79	14.35
6	COMB2	-0.01	1.89	14.35
6	COMB3	0.01	1.12	-2.59
6	COMB4	0.01	1.12	-2.59
6	COMB5	0.00	0.25	2.96
6	COMB6	0.01	0.35	2.96
6	COMBPPROPRIO	0.00	0.20	2.00



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

el.	Caso di carico	Tx (kN)	Ny (kN)	Nz (kN)
6	SLE1	-0.01	1.24	9.70
6	SLE2	0.00	0.73	-1.59
6	SLE3	0.00	0.22	2.10

 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 9.5. Deformazioni

In esercizio, lo spostamento massimo si misura in corrispondenza dello sbalzo di 2 metri della passerella, nella combinazione SLE3 :

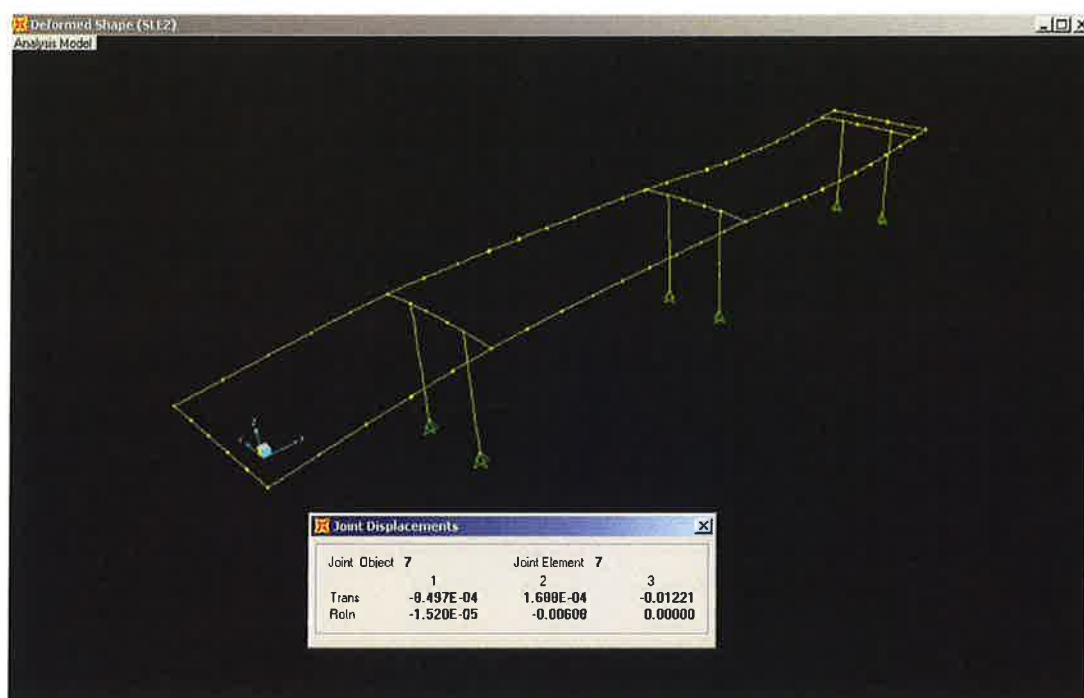



FIG. 9.2 - DEFORMAZIONE MASSIMA IN ESERCIZIO DELLA PASSERELLA

Al nodo 7 (al bordo dello sbalzo di 2 metri della passerella) Lo spostamento massimo verticale misurato è pari a :

$$U_{z1} = -12.21 \text{ mm} = L / 160$$

Tale feccia massima allo sbalzo è considerato accettabile data la snellezza della struttura.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 9.6. Sollecitazioni e verifiche elementi

Per gli elementi del traliccio le convenzioni dei segni delle sollecitazioni sono le seguenti :

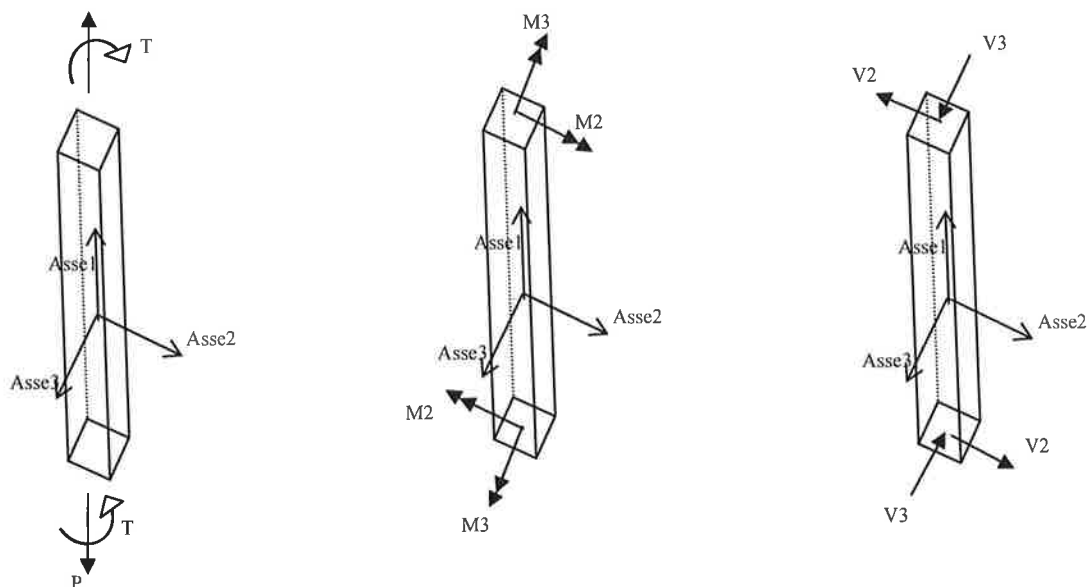
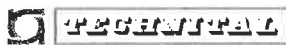


FIG. 9.3 - FORZE INTERNE DEGLI ELEMENTI FRAME

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### Elementi principali – UPN 200

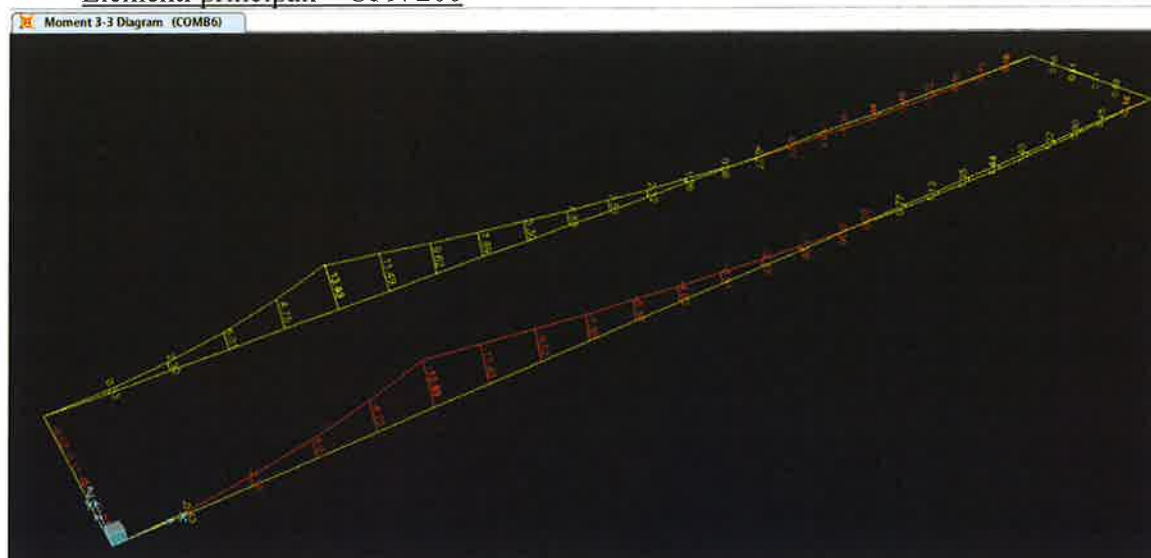


FIG. 9.4 - COMB 3 – MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO VERTICALE

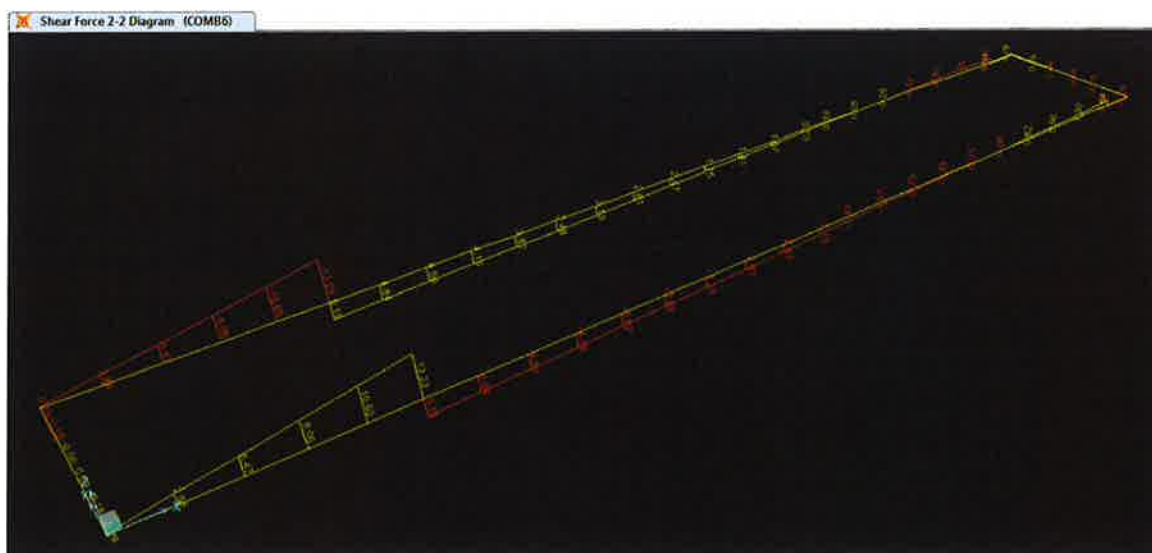
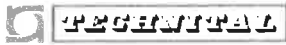


FIG. 9.5 - COMB 3 – ANDAMENTO DEL TAGLIO SUL PIANO VERTICALE

La verifica sezionale secondo EC3 risulta soddisfatta :

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

# **Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**

Units : kN, m, C

Frame : 20	X Mid: 1.800	Combo: COMB6	Design Type: Beam
Length: 0.400	Y Mid: 0.000	Shape: UPN200	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0.400	Z Mid: 0.000	Class: Class 1	Rolled : No

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No

GammaM0=1.00	GammaM1=1.00	GammaM2=1.25	
An/Ag=1.00	RLLF=1.000	PLLF=0.750	D/C Lim=0.950

Aeff=0.003	eNy=0.000	eNz=0.000	
A=0.003	Iyy=1.427E-05	Iyy=0.077	Wpl,yy=1.927E-04
It=0.000	Ixz=1.706E-06	Ixz=0.023	Wpl,zz=3.220E-05
Iw=0.000	Iyz=0.000	h=0.200	Wpl,yy=2.292E-04
E=206000000.0	fy=355000.000	fu=44815.926	Wpl,zz=5.804E-05
			Av,z=0.002
			Av,y=0.002

## **STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.400	0.000	-13.526	-0.002	13.234	0.000	0.585

## **PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)**

D/C Ratio: 0.288 = 0.000 + 0.287 + 0.000 < 0.950 OK

= NED / (Chi\_z NK / GammaM1) + Kzy (My,Ed + NED eNy) / (Chi\_LT My,Rk / GammaM1) + Kzz (Mz,Ed + NED eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

## **AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc,Rd	Nl,Rd
Force	Capacity	Capacity	
Axial	0.000	1146.473	104.208

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1146.473	104.208	1606.803	1604.349	1.000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0.490	244868.243	0.068	0.470	1146.473
MajorB (y-y)	c	0.490	244868.243	0.068	0.470	1146.473
Minor (z-z)	c	0.490	867.182	1.150	1.394	525.563
MinorB (z-z)	c	0.490	867.182	1.150	1.394	525.563
Torsional TF	c	0.490	1604.349	0.845	1.015	726.556

## **MOMENT DESIGN**

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
Moment	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-13.526	-13.526	81.350	81.350	81.350	47.050
Minor (z-z)	-0.002	-0.002	20.606	20.606	20.606	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0.760	0.802	1.051	0.578	1.164

	kyy	kyy	kzy	kzz
Factors	0.859	0.600	1.000	1.000

## **SHEAR DESIGN**

	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted
Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion	
Major (z)	13.234	370.033	0.036	OK	0.585
Minor (y)	0.000	353.555	0.000	OK	0.585


  

	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	370.033	1.200	0.296

## **CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	10.645	13.234

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
20	0.0	-13.5	0.0	0.29	13.5	0.06

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 54
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### Elementi secondari – HEA 100

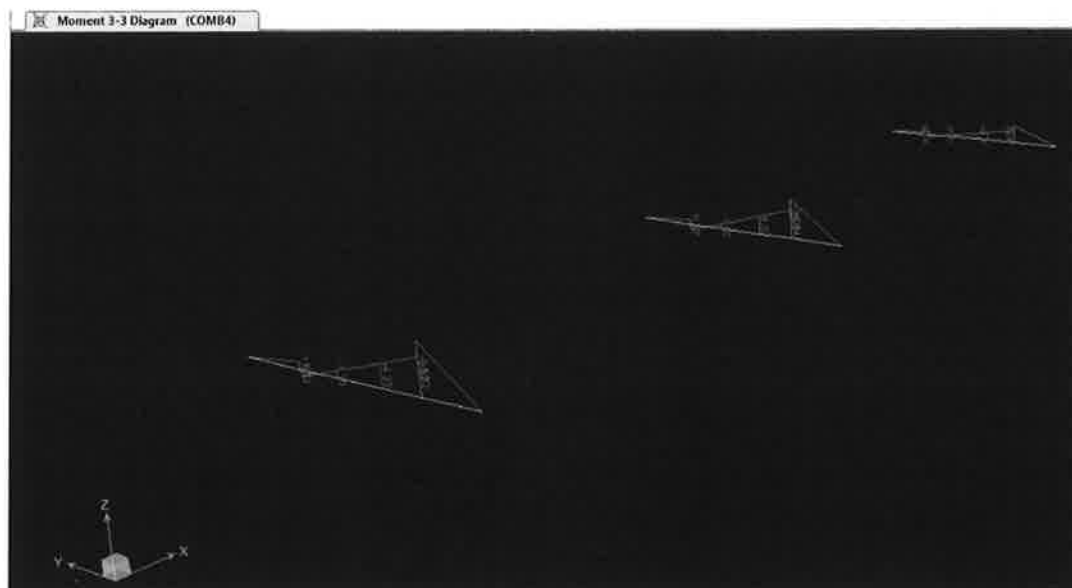


FIG. 9.6 - COMB 2 – MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO VERTICALE

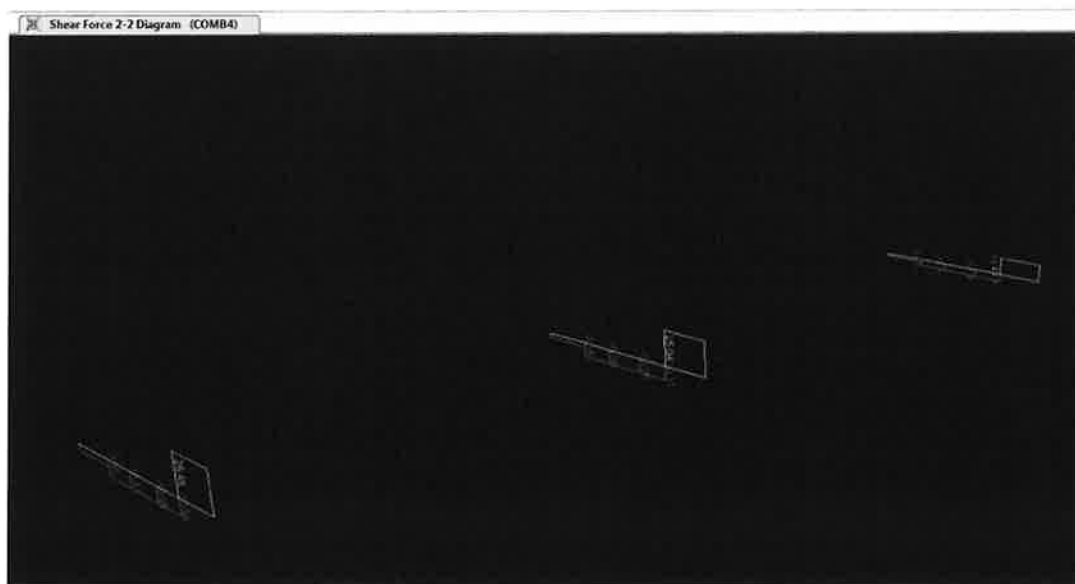



FIG. 9.7 - COMB 2 – ANDAMENTO DEL TAGLIO SUL PIANO VERTICALE

 <b>REGISTRAR</b>	Rev.	Data:	EL MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 55
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

La verifica sezionale secondo EC3 risulta soddisfatta :

**Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**

Units : KN, m, C

Frame : 22	X Mid: 2.000	Combo: COMB4	Design Type: Beam
Length: 0.360	Y Mid: 0.180	Shape: HEA100	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0.360	Z Mid: 0.000	Class: Class 1	Rolled : No

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No

GammaM0=1.00	GammaM1=1.00	GammaM2=1.25	
An/Ag=1.00	RLLF=1.000	PLLF=0.750	D/C Lim=0.950

Aeff=0.002	eNy=0.000	eNz=0.000		
A=0.002	Iyy=3.319E-06	iyy=0.041	Wel, yy=6.916E-05	Weff, yy=6.916E-05
It=0.000	Izz=1.334E-06	izz=0.026	Wel, zz=2.668E-05	Weff, zz=2.668E-05
Iw=0.000	Iyz=0.000	h=0.096	Wpl, yy=7.040E-05	Av, z=0.002
E=206000000.0	fy=355000.000	Iu=44815.926	Wpl, zz=4.050E-05	Av, y=4.800E-04

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.360	0.009	-9.519	-0.020	26.484	-0.032	0.018

**PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)**

D/C Ratio: 0.391 = 0.000 + 0.389 + 0.002 < 0.950 OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi\_LT My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	0.009	710.000	64.535			

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag	
	710.000	64.535	2215.820	2215.820	1.000	

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.340	52075.120	0.117	0.493	1.000	710.000
MajorB (y-y)	b	0.340	52075.120	0.117	0.493	1.000	710.000
Minor (z-z)	c	0.490	1205.576	0.767	0.933	0.683	484.658
MinorB (z-z)	c	0.490	1205.576	0.767	0.933	0.683	484.658
Torsional TF	c	0.490	2215.820	0.566	0.750	0.805	571.773

**MOMENT DESIGN**

	Med	Med, span	Mc, Rd	Mv, Rd	Mn, Rd	Mb, Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-9.519	-9.519	27.832	27.832	27.832	24.480
Minor (z-z)	-0.020	-0.032	14.378	14.378	14.378	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0.490	0.433	0.651	0.880	1.880	148.219

	kyy	kyz	kzy	kzz		
Factors	1.000	0.600	1.000	1.000		

**SHEAR DESIGN**

	Ved	Vc, Rd	Stress	Status	Ted
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major (z)	26.484	98.380	0.269	OK	0.018
Minor (y)	0.032	327.935	9.758E-05	OK	0.018


  

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW		
Reduction	98.380	1.200	0.228		

**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	26.410	26.497

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
22	-0.0	-9.5	0.0	0.40	26.5	0.27

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 56
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Montanti-  $\Phi$  101.6

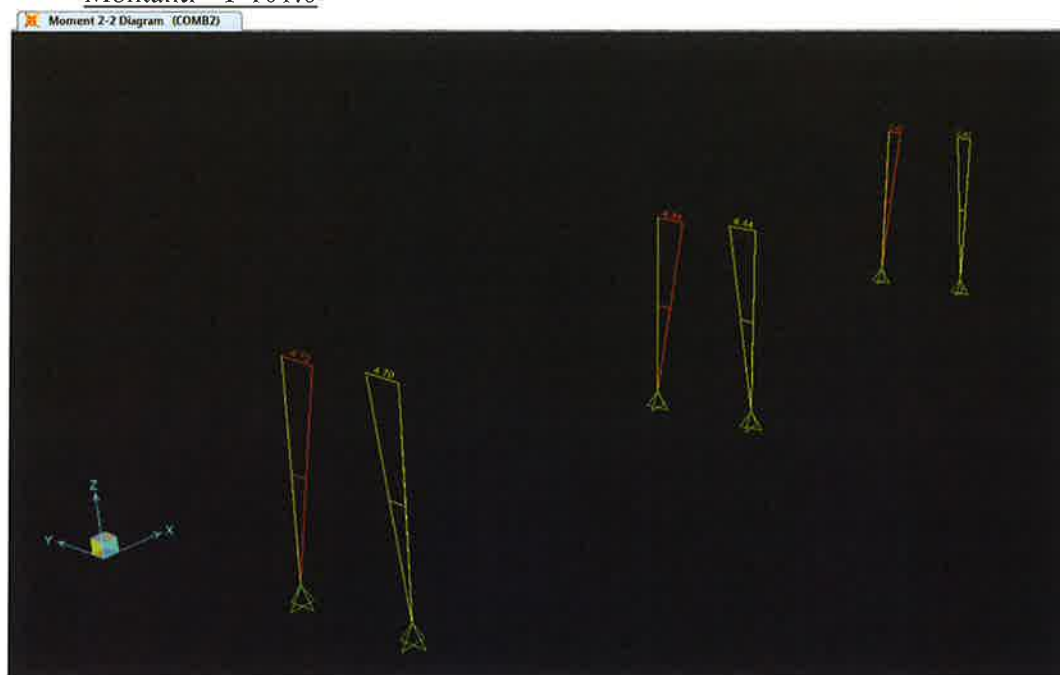


FIG. 9.8 - COMB 2 – MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO TRASVERSALE DELLA PASSELLA

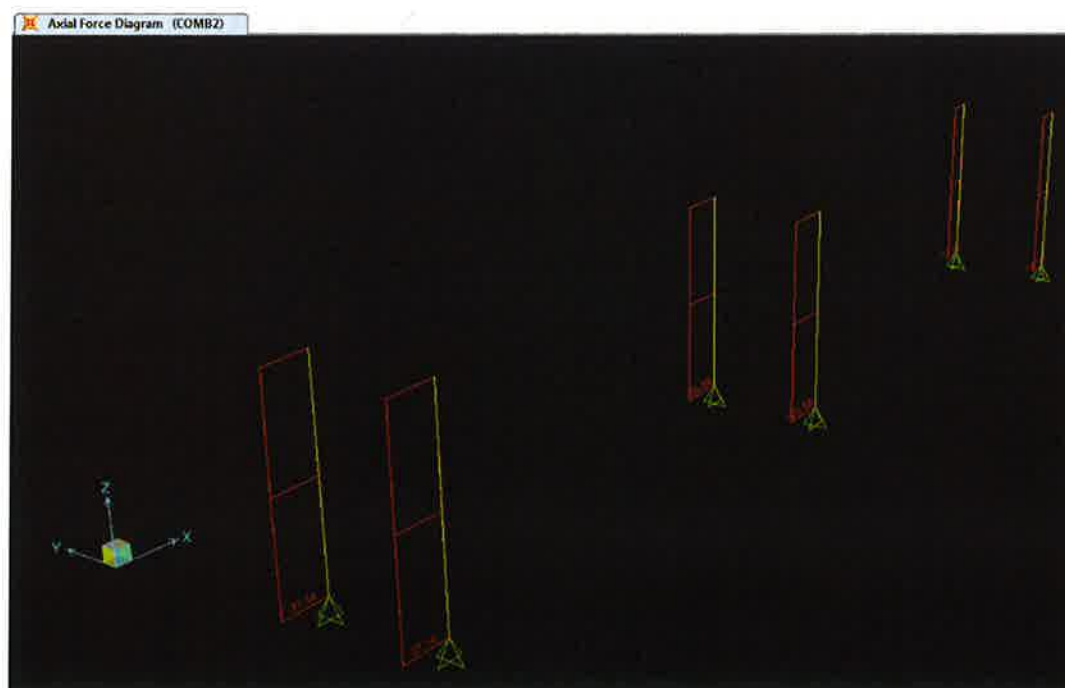



FIG. 9.9 - COMB 2 – ANDAMENTO DELL'AZIONE ASSIALE



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 57
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

La verifica sezionale secondo EC3 risulta soddisfatta :

**Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)**

Units : KN, m, C

Frame : 1	X Mid: 2.000	Combo: COMB2	Design Type: Column
Length: 1.300	Y Mid: 0.360	Shape: F101.6SP12.5	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0.000	Z Mid: -0.650	Class: Class 1	Rolled : No

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No

GammaM0=1.00	GammaM1=1.00	GammaM2=1.25	
An/Ag=1.00	RLLF=1.000	PLLF=0.750	D/C Lim=0.950

Aeff=0.003	eNy=0.000	eNz=0.000	
A=0.003	Iyy=3.541E-06	iyy=0.032	Wel,yy=6.970E-05
It=7.081E-06	Izz=3.541E-06	izz=0.032	Wel,zz=6.970E-05
Iw=0.000	Iyz=0.000	h=0.102	Wpl,yy=9.989E-05
E=206000000.0	fy=355000.000	fu=44815.926	Wpl,zz=9.989E-05

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.000	-26.588	-0.012	4.696	-0.009	3.613	0.000

**PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))**

D/C Ratio: 0.154 =  $0.021 + \sqrt{(0.000)^2 + (0.132)^2}$  < 0.950 OK  
= (Ned/NRd) +  $\sqrt{(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2}$  (EC3 6.2.1(7))

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-26.588	1242.127	112.902			

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	1242.127	112.902	277224.406	871.278	1.000	

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0.490	4259.395	0.540	0.729	0.820	1018.971
MajorB(y-y)	c	0.490	4259.395	0.540	0.729	0.820	1018.971
Minor (z-z)	c	0.490	871.278	1.194	1.456	0.437	542.365
MinorB(z-z)	c	0.490	6039.324	0.454	0.665	0.869	1078.946
Torsional TF	c	0.490	871.278	1.194	1.456	0.437	542.365

**MOMENT DESIGN**

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-0.012	-0.012	35.460	35.460	35.460	35.460
Minor (z-z)	4.696	4.696	35.460	35.460	35.460	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0.760	0.164	0.500	1.000	1.380	1314.413

	kyy	kyz	kzy	kzz		
Factors	0.605	0.362	0.363	0.604		


**SHEAR DESIGN**

	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major (z)	0.009	456.547	2.007E-05	OK	0.000
Minor (y)	3.613	456.547	0.008	OK	0.000

	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW		
Reduction	456.547	1.200	0.000		

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
1	-26.6	0.0	4.7	0.15	3.6	0.01

 <b>TEGENTAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 10. TELAIO REGGI -FENDER

### 10.1. Modello

Il calcolo viene eseguito tramite un modello agli elementi finiti che schematizza il telaio reggi fender con elementi tipo BEAM (programma di calcolo SAP2000).

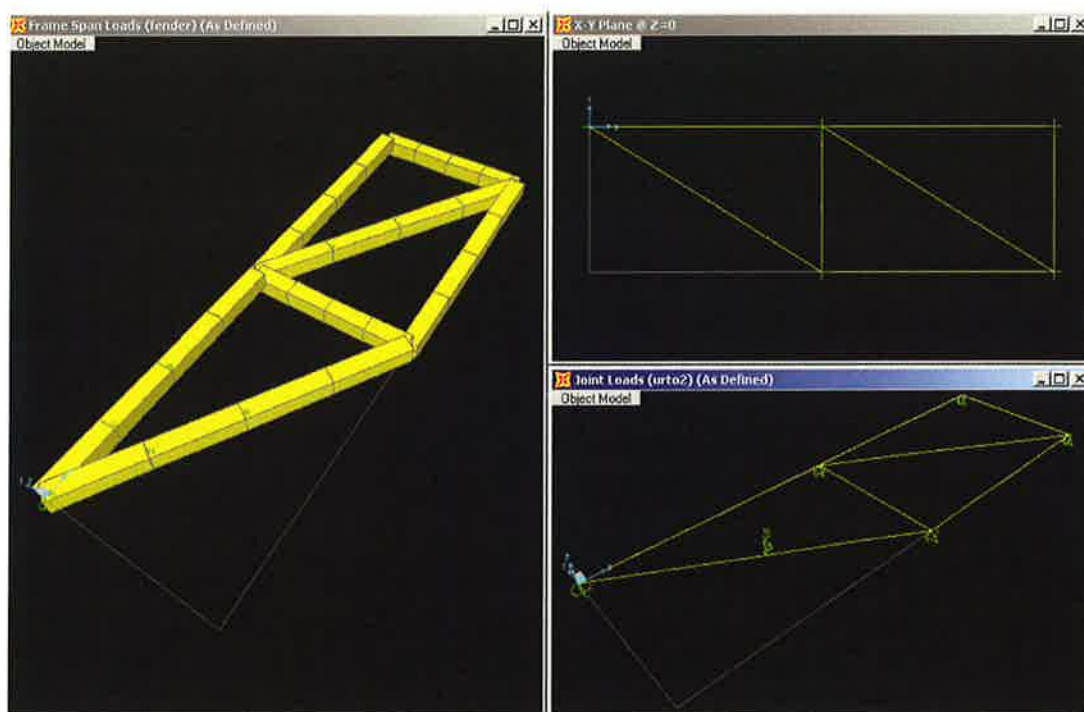
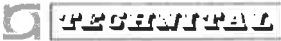


FIG. 10.1 - SCHEMATIZZAZIONE FEM DEL TELAIO REGGI FENDER

Il telaio reggi fender è formato da tubolari 260x260x8 rigidamente saldati che coprono i tubolari del traliccio spaziale della porta lato interno conca posti sopra il livello del mare. La lunghezza totale del telaio è quindi di circa 8.3 m ed altezza di 3.325 metri.

Il telaio è vincolato alla porta tramite collegamenti bullonati posti in corrispondenza dei nodi rigidi del telaio spaziale.

Sul telaio come schematizzato vengono fissati fender di tipo D (di 250x200) che sono in grado di assorbire l'energia provocata dagli urti per accosto di imbarcazioni che sono in grado di navigare all'interno delle conche per pescherecci di Chioggia.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

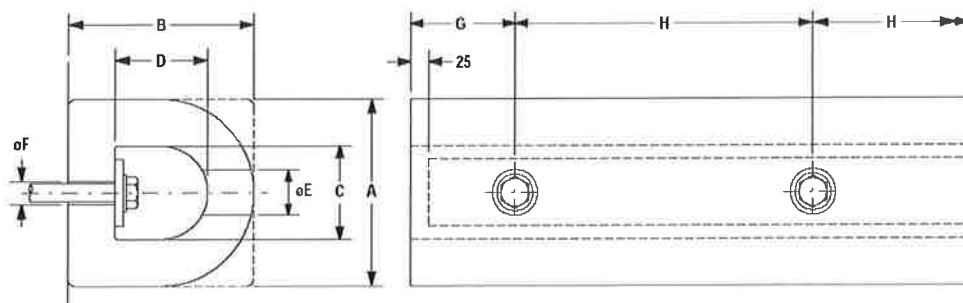


FIG. 10.2 - SCHEMATIZZAZIONE FEM DEL TELAIO REGGI FENDER

## 10.2. Analisi dei carichi

Per il calcolo delle sollecitazioni vengono prese in considerazione le seguenti condizioni di carico elementari:

- 1) Carico permanente – peso proprio del telaio e peso proprio dei fender
- 2) Carico accidentale – urto tipo 1
- 3) Carico accidentale – urto tipo 2
- 4) Carico accidentale – urto tipo 3
- 5) Carico accidentale – urto tipo 4

Le condizioni di carico accidentali di urto non vengono considerate concomitanti, in quanto si presuppone che l'urto del natante sia concentrato in un solo punto per massimizzare l'effetto concentrato sugli scarichi.

### 10.2.1. Peso proprio della struttura


Il peso degli elementi costitutivi del telaio reggi - fender è il seguente:

- tubolare [260x260x8]      633 N/m

### 10.2.2. Sovraccarico permanente

Il peso dei fender tipo D fissati al telaio è di :

- fender [250x200]      460 N/m

 <b>FENTEK</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 60
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 10.2.3. Carico accidentale - urti

Data la massima energia assorbita dal fender in progetto si ottiene la reazione che l'elemento fender cede alla struttura di supporto. Per ottenere tale dato si fa riferimento ai valori forniti ad esempio dalla Fentek per il "DD fender" 250x200 in grado di assorbire un energia di  $E = 8.9 \text{ kNm}$  e che rilascia sulla struttura di supporto una reazione di :

$$P = 191 \text{ kN}$$


Tale azione concentrata viene collocata in 4 punti per verificare il corretto dimensionamento del telaio :

Urto 1 : carico  $P = 191 \text{ kN}$  posto sull'asta diagonale esterno in prossimità dell'appoggio per verificare a taglio l'elemento ed il massimo scarico sulla porta.

Urto 2 : carico  $P = 191 \text{ kN}$  posto sull'asta diagonale esterno in mezzzeria per verificare a flessione l'elemento.

Urto 3 : carico  $P = 191 \text{ kN}$  posto sull'asta corrente esterno in mezzzeria per verificare a flessione l'elemento.

Urto 4 : carico  $P = 191 \text{ kN}$  posto sull'asta verticale interna in mezzzeria per verificare a flessione l'elemento.

 <b>FEGESTAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 10.3. Combinazioni di carico

COMB	P.PROPRIO	P. PERM	URTO 1	URTO 2	URTO 3	URTO 4
PESO PERM	1	1	1	0	0	0
COMBURTO 1	1.4	1.4	1.5	0	0	0
COMBURTO 2	1.4	1.4	0	1.5	0	0
COMBURTO 3	1.4	1.4	0	0	1.5	0
COMBURTO 4	1.4	1.4	0	0	0	1.5

### 10.4. Reazioni vincolari

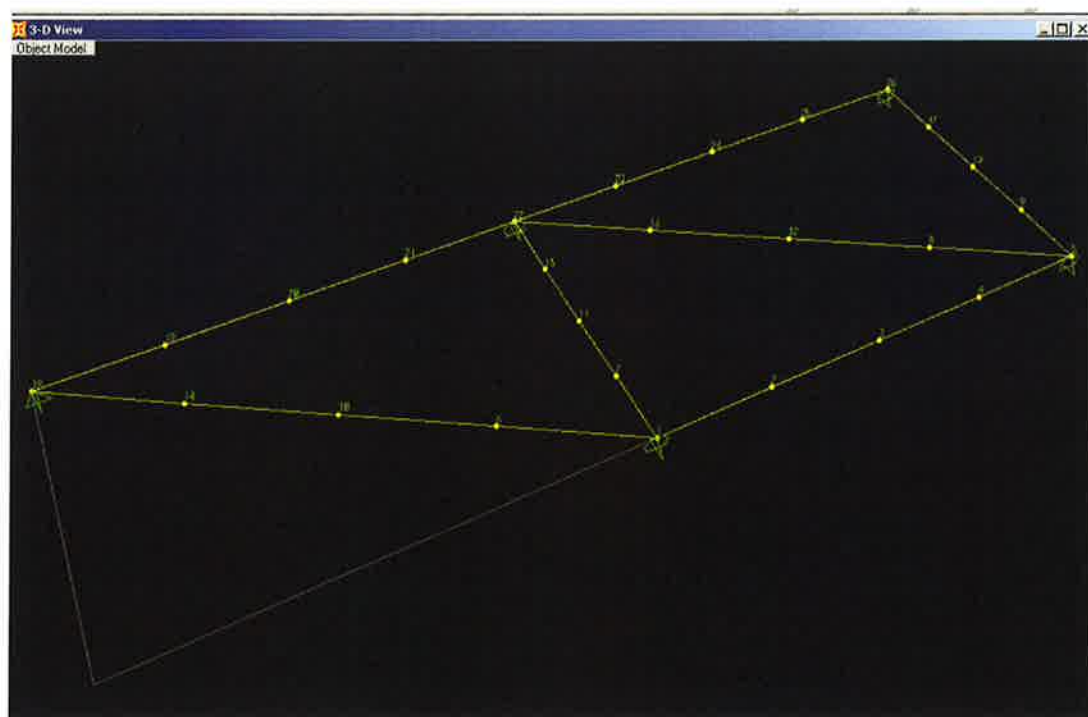
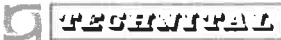



FIG. 10.3 - NODI DEL MODELLO TELAIO REGGI FENDER


	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

el.	Caso di carico	Tx (kN)	Ny (kN)	Nz (kN)
1	DEAD	0.000	3.848	0.000
1	urto1	0.000	0.000	188.916
1	urto2	0.000	0.000	114.681
1	urto3	0.000	0.000	6.010
1	urto4	0.000	0.000	-3.656
1	fender	0.000	2.852	0.000
1	combpesiperm	0.000	6.699	0.000
1	COMBURTO1	0.000	9.379	283.374
1	COMBURTO2	0.000	9.379	172.021
1	COMBURTO3	0.000	9.379	9.015
1	COMBURTO4	0.000	9.379	-5.485
5	DEAD	0.000	2.935	0.000
5	urto1	0.000	0.000	-2.691
5	urto2	0.000	0.000	-19.181
5	urto3	0.000	0.000	-6.010
5	urto4	0.000	0.000	99.156
5	fender	0.000	2.366	0.000
5	combpesiperm	0.000	5.301	0.000
5	COMBURTO1	0.000	7.421	-4.036
5	COMBURTO2	0.000	7.421	-28.771
5	COMBURTO3	0.000	7.421	-9.015
5	COMBURTO4	0.000	7.421	148.735
18	DEAD	-1.193E-15	2.146	0.000
18	urto1	0.000	0.000	2.147
18	urto2	0.000	0.000	74.052
18	urto3	0.000	0.000	75.193
18	urto4	0.000	0.000	-0.203
18	fender	5.301E-15	1.590	0.000
18	combpesiperm	4.108E-15	3.737	0.000
18	COMBURTO1	5.751E-15	5.231	3.220
18	COMBURTO2	5.751E-15	5.231	111.078
18	COMBURTO3	5.751E-15	5.231	112.789
18	COMBURTO4	5.751E-15	5.231	-0.304
22	DEAD	0.000	5.475	0.000
22	urto1	0.000	0.000	2.566
22	urto2	0.000	0.000	23.715
22	urto3	0.000	0.000	130.105
22	urto4	0.000	0.000	4.062
22	fender	0.000	4.057	0.000
22	combpesiperm	0.000	9.532	0.000
22	COMBURTO1	0.000	13.344	3.849
22	COMBURTO2	0.000	13.344	35.573

 <b>TECNITALIA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

el.	Caso di carico	Tx (kN)	Ny (kN)	Nz (kN)
22	COMBURTO3	0.000	13.344	195.157
22	COMBURTO4	0.000	13.344	6.092
26	DEAD	0.000	2.005	0.000
26	urto1	0.000	0.000	0.062
26	urto2	0.000	0.000	-2.267
26	urto3	0.000	0.000	-14.297
26	urto4	0.000	0.000	91.641
26	fender	0.000	1.513	0.000
26	combpesiperm	0.000	3.518	0.000
26	COMBURTO1	0.000	4.925	0.094
26	COMBURTO2	0.000	4.925	-3.401
26	COMBURTO3	0.000	4.925	-21.446
26	COMBURTO4	0.000	4.925	137.461

La reazione massima sarà comunque determinata dal carico di  $N = 191 \text{ kN}$  concentrato sulle singole connessioni tra telaio reggi – fender e telaio della porta.

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 64
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 10.5. Deformazioni

In esercizio, freccia massima misurata sotto il carico URTO 2 è il seguente :

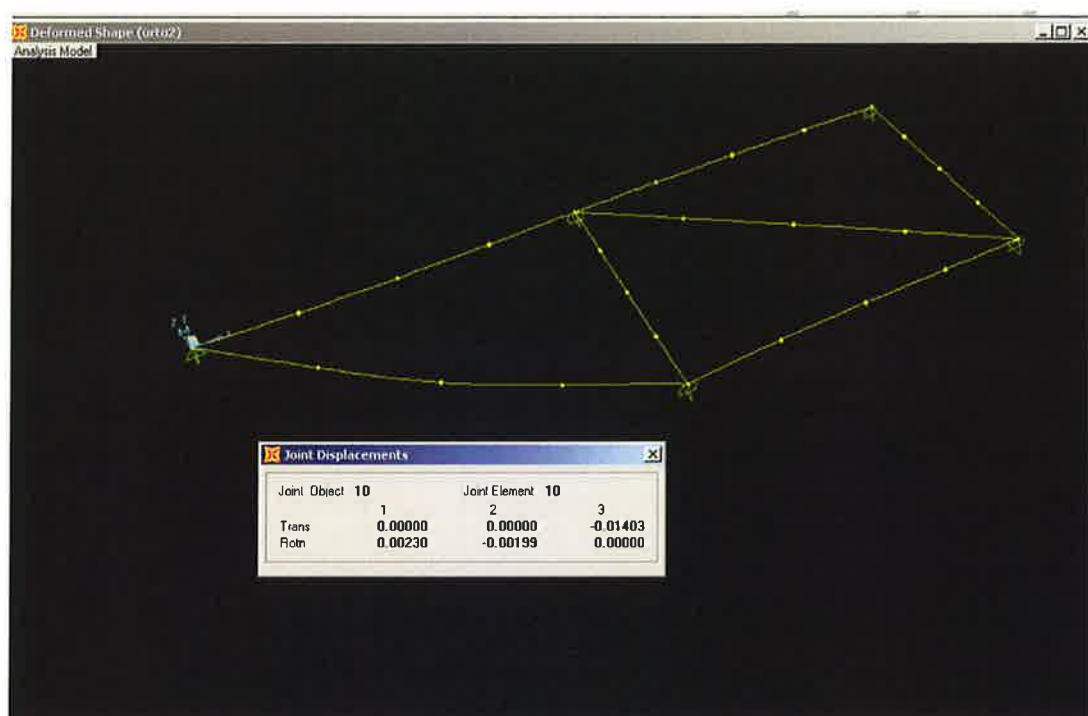
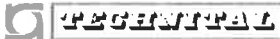


FIG. 10.4 - DEFORMAZIONE MASSIMA IN ESERCIZIO DEL TELAIO REGGI – FENDER

Al nodo 10, lo spostamento massimo verticale misurato è pari a :

$$U_{z1} = -14.03 \text{ mm} = L / 360$$



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 10.6. Sollecitazioni e verifiche elementi

Per gli elementi del traliccio le convenzioni dei segni delle sollecitazioni sono le seguenti :

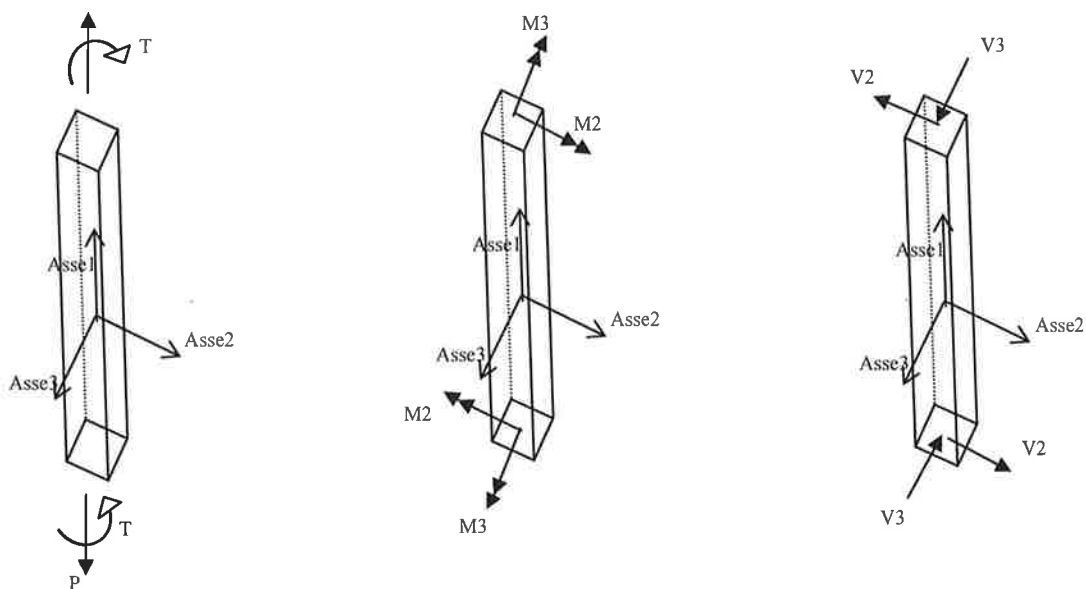
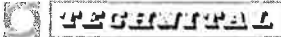


FIG. 10.5 - FORZE INTERNE DEGLI ELEMENTI FRAME

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### Verifica elemento diagonale $L = 4.72 \text{ m}$

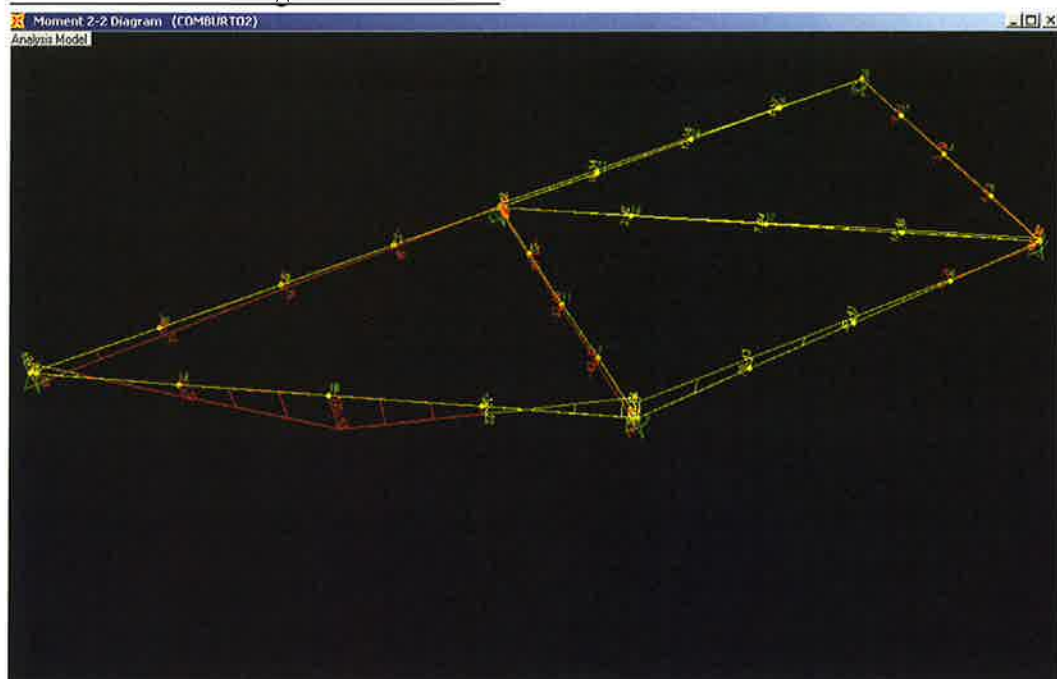


FIG. 10.6 - COMBURTO 2 – MOMENTO FLETTENTE

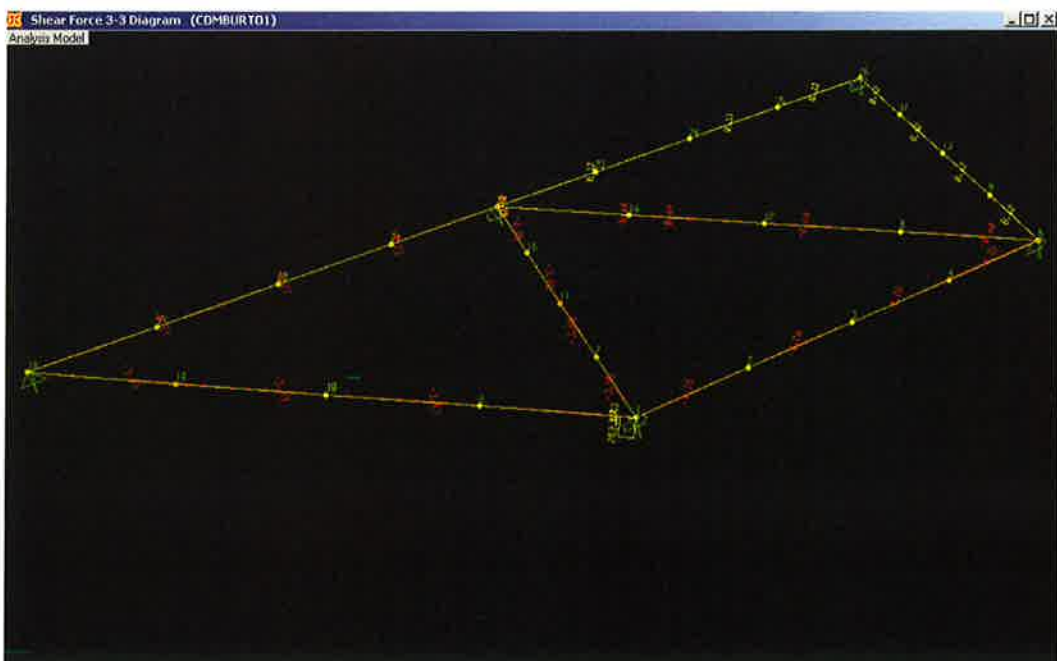



FIG. 10.7 - COMBURTO 1 – ANDAMENTO DELL'AZIONE TAGLIANTE

 <b>VENEZIA</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 67
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Inviluppo delle verifiche sezionali secondo EC 3 :

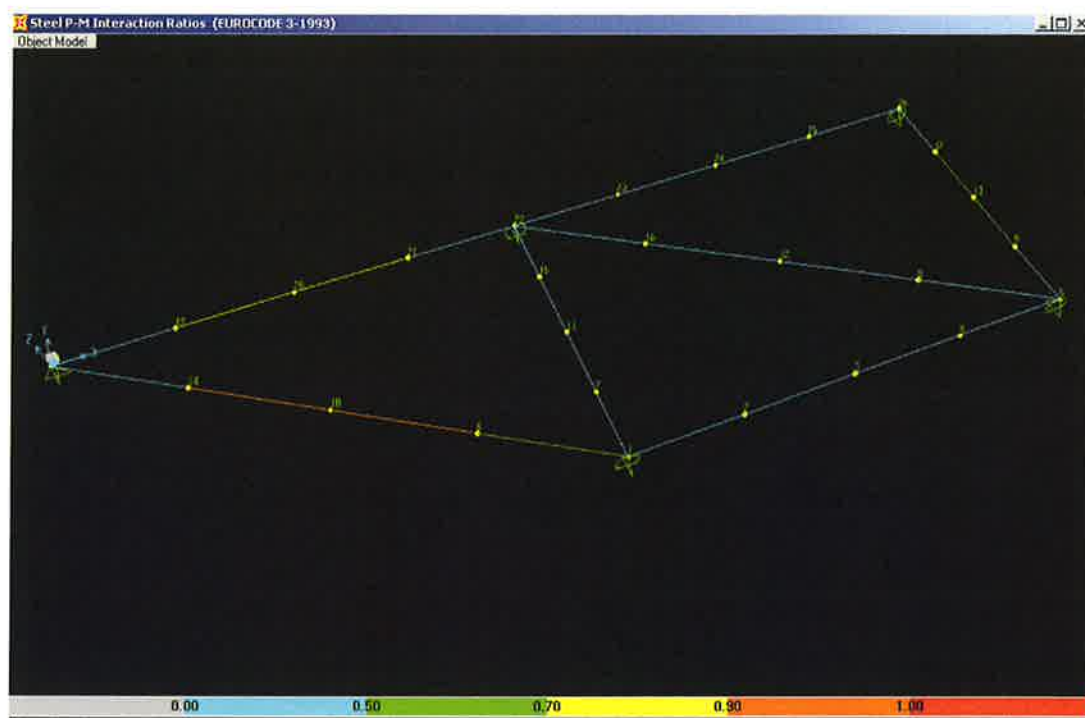



FIG. 10.8 - COEFFICIENTI DI VERIFICA DEGLI SINGOLI ELEMENTI

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 68
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### Verifica per elemento a max flessione :

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMBURI02

Units : KN, m, C

Frame : 13                      Design Sect: 260X260SP8  
 X Mid : 1.500                  Design Type: Beam  
 Y Mid : -0.938                Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 0.000                Sect Class : Class 2  
 Length : 1.175              Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 0.000                  RLLF : 1.000  
  
 Area : 0.008                  SMajor : 6.572E-04              rMajor : 0.103                  AVMajor: 0.004  
 IMajor : 8.544E-05          SMinor : 6.572E-04              rMinor : 0.103                  AVMinor: 0.004  
 IMinor : 8.544E-05          ZMajor : 7.623E-04              E : 199947978.80  
 Ixy : 0.000                  ZMinor : 7.623E-04              Fy : 355000.000

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	0.261	1.767	-235.425	-0.534	-129.450	-13.646

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(5.4.8.1)	0.920	= 0.000	+ 0.007	+ 0.913	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	0.261	2411.110	2726.400	2411.110	2411.110

#### MOMENT DESIGN


	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	1.767	257.731	257.731	257.731
Minor Moment	-235.425	257.731	257.731	

	K Factor	L Factor	k Factor	klt Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	4.000	1.000	1.000	1.000
Minor Moment	1.000	4.000	1.000		

#### SHEAR DESIGN

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.534	812.029	0.001	OK	0.000
Minor Shear	129.450	812.029	0.159	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/R_{Rd}$ )
13	0.3	1.8	-235.4	<b>0.92</b>	129.5	<b>0.16</b>

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 69
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### Verifica per elemento a max taglio :

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMBURTO1

Units : KN, m, C

```

Frame : 5          Design Sect: 260X260SP8
X Mid : 3.500      Design Type: Beam
Y Mid : -2.188     Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.000      Sect Class : Class 1
Length : 1.179     Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000        RLLF : 1.000

Area : 0.008       SMajor : 6.572E-04      rMajor : 0.103      AVMajor: 0.004
IMajor : 8.544E-05 SMinor : 6.572E-04      rMinor : 0.103      AVMinor: 0.004
IMinor : 8.544E-05 ZMajor : 7.623E-04      E : 199947978.80
Ixy : 0.000        ZMinor : 7.623E-04      Fy : 355000.000

```

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-1.630	-3.061	19.784	-3.560	283.065	-0.400

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.089	= 0.000	+ 0.012	+ 0.077	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	-1.630	2411.110	2726.400	2411.110	2411.110

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	-3.061	257.731	257.731	257.731
Minor Moment	19.784	257.731	257.731	


  

	K	L	k	klt	C1
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.000	4.000	1.001	1.000	1.000
Minor Moment	1.000	4.000	1.001		

#### SHEAR DESIGN

	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	3.560	812.029	0.004	OK	0.000
Minor Shear	283.065	812.029	0.349	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
5	-1.6	-3.1	19.8	0.09	283	0.35

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 70
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

### 10.7. Verifica connessione telaio reggi-fender porta

Il collegamento tra telaio reggi fender e telaio della porta viene realizzata tramite 2 bulloni F30 che lavorando a taglio assicura la connessione tra i due elementi; le verifiche vengono condotte secondo EC3-1-8 par. 3.13.

Caratteristiche bulloni M30 inox classe A4-70 :

$$F_y = 450 \text{ MPa}$$

$$F_u = 700 \text{ MPa}$$

$$A = 561 \text{ mm}^2$$

$$W = 2650 \text{ mm}^3$$

Taglio sollecitante su ogni bullone :

$$F_{Ed} = 1.5 \times 191/2 = 143.3 \text{ kN}$$

Larghezza del foro da spessore piatto  $t=20 \text{ mm}$  :

$$d_0 < 2.5 t = 50 \text{ mm}$$

Si prevedono fori  $d_0 = 32 \text{ mm}$  :

distanze dal bordo :

$$a = c = 34 \text{ mm}$$

spessori di piastra  $b = 20 \text{ mm}$  per la piastra principale e  $a = 15 \text{ mm}$  per i 2 piatti di collegamento al telaio della porta;

tra i 3 piatti è quindi previsto  $c = 1 \text{ mm}$  di aria.

Momento sollecitante :

$$M_{Ed} = F_{Ed}/8 \times (b+4c+2a) = 143300 / 8 \times (20 + 4 \times 1 + 2 \times 15) = 0.97 \text{ kNm}$$


Resistenza a taglio :

Resistenza a taglio e momento dell'elemento :

$$F_{v,Rd} = 0.6 \times A \times F_u / \gamma_{M2} = 196.4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 1.5 \times W \times F_y / \gamma_{M0} = 1.70 \text{ kNm}$$

$$\left( \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left( \frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 = 0.86 < 1$$

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 71
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica di resistenza combinata piatto - perno:

$$F_{b,Rd} = 1.5 \times t \times d \times f_y / \gamma_{M0} = 304.3 \text{ kN}$$


Verifica delle connessioni agli SLS:

$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Rd} \text{ (EC3-1-8, par. 3.13.2)}$$

$$F_{Ed,ser} = 143.3 / 1.5 = 95.5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,ser} = 0.97 / 1.5 = 0.65 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{h,Ed} = 0.591 \sqrt{\frac{E x F_{Ed,ser} (d_0 - d)}{d^2 x t}} = 882 \text{ MPa} < f_{h,Rd} = 2.5 f_y / \gamma_{M6,ser} = 1125 \text{ MPa}$$

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 11. VERIFICHE NODI TELAIO DELLA PORTA

### 11.1. Verifiche saldature tubolari

Si riportano le verifiche delle saldature dei profili tubolari sui piatti.

Le giunzioni tra i vari elementi strutturali sono realizzate mediante saldatura a cordone d'angolo dei profili tubolari su piatti metallici. La sezione terminale del tubo viene preparata in modo tale da presentare un apposito intaglio all'interno del quale viene inserito il piatto di collegamento.

Considerando l'azione assiale massima sui tubolari si procede alla verifica delle saldature ai piatti degli elementi. La sezione di gola da garantire è  $a=9$  mm pari allo spessore dei piatti di collegamento.

Per il tubolare  $\Phi 177.8$  alla COMB 3 si ha l'azione assiale maggiore :  $N = 1017$  kN

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\text{dove : } F_{w,Rd} = f_{vw,a} a$$

$$\text{e } f_{vw,a} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad \beta_w = 0.9 \text{ e } \gamma_{M2} = 1.25 \text{ e } a = 12 \text{ mm}$$

$$F_{w,Ed} = N / L_{eff}$$

Da cui la lunghezza necessaria delle saldature sarà :

$$L_{eff} = \frac{N}{f_{vw,a} \times a} = 489 \text{ mm}$$


Le saldature a cordone d'angolo saranno continue ed a completa sigillatura su entrambi i lati della piastra; esse saranno quindi 4 ed avranno lunghezza tipologica di 200 mm ( $L = 800$  mm).

### 11.2. Verifiche nodi secondo EC 1993-1-8

I nodi del telaio spaziale sono realizzati tramite fazzoletti di collegamento tra i vari tubolari circolari, tale scelta permette, oltre ad una maggiore facilità di assemblaggio del telaio, di evitare che le pareti degli elementi principali vengano sollecitate a flessione in modo apprezzabile; le azioni normali degli elementi secondari vengono infatti ripartite direttamente dalla piastra senza arrivare alle pareti degli elementi principali.

Vengono qui riportate le verifiche dei nodi maggiormente sollecitati secondo quanto prescritto dall'Eurocode 3 :Design of steel structures – Part 1-8 Design of joints.



 <b>TRENTINO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 73
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Vengono effettuate le verifiche delle singole piastre, delle saldature delle piastre agli elementi, e le verifiche di rottura dell'elemento principale del nodo e di punching shear secondo quanto prescritto per i collegamenti di sezioni cave (capitolo 7).


I nodi degli elementi di collegamento tra gli elementi del telaio spaziale e gli irrigidimenti del fasciame sono ottenuti sempre tramite fazzoletti che connettono elementi tubolari circolari con travi HEB200 e tubolari rettangolari 200 x100; anche per la verifica di questi elementi si è fatto riferimento al EC3 parte 1-8.

Le verifiche sono sempre state effettuate riducendo lo spessore dei piatti e delle sezioni del sovrappessore di sacrificio per la corrosione, in tal modo ad esempio i piatti di 12 mm hanno spessore 10 mm nelle verifiche.

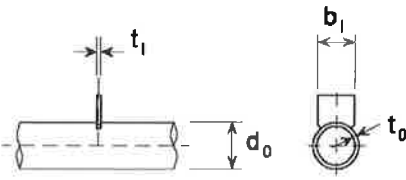
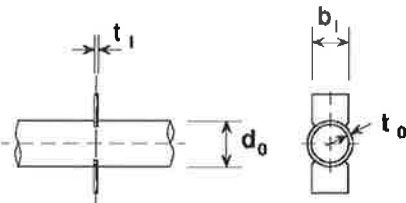
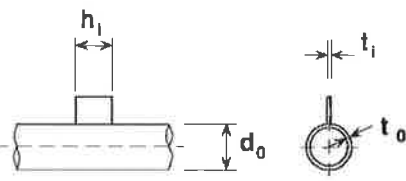
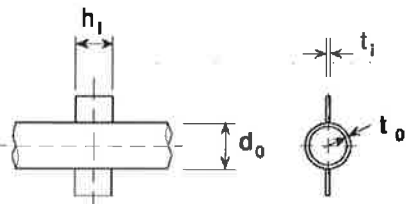
Si riportano qui di seguito le tabelle del EC3 parte 1-8 relative alle verifiche alla rottura degli elementi principali ed a punching shear richieste per gli elementi circolari cavi (CHS) connessi con piatti e per gli elementi rettangolari cavi (RHS) con piatti.


Per i nodi coinvolti da piatti orizzontali e verticali, si è assunto che la somma dei coefficienti di sicurezza dei piatti verticali e orizzontali alla rottura dell'elemento principale debba essere  $< 1$ .

Ulteriori analisi numeriche dei nodi più significativi sono inoltre presentate nella relazione di calcolo dei nodi delle tralicciature porte (doc. MV048P-PE-CAR-6028).

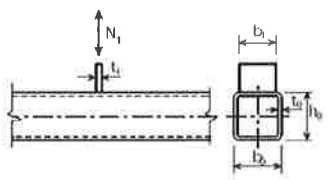
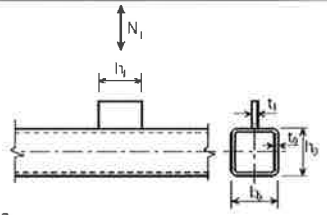
	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 74
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	


**Table 7.3: Design resistances of welded joints connecting gusset plates to CHS members**

Chord face failure	
	$N_{i,Rd} = k_p f_{y0} t_0^2 (4 + 20\beta^2) / \gamma_{M5}$ $M_{ip,i,Rd} = 0$ $M_{op,i,Rd} = 0.5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = \frac{5k_p f_{y0} t_0^2}{1 - 0.81\beta} / \gamma_{M5}$ $M_{ip,i,Rd} = 0$ $M_{op,i,Rd} = 0.5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = 5k_p f_{y0} t_0^2 (1 + 0.25\eta) / \gamma_{M5}$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd}$ $M_{op,i,Rd} = 0$
	$N_{i,Rd} = 5k_p f_{y0} t_0^2 (1 + 0.25\eta) / \gamma_{M5}$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd}$ $M_{op,i,Rd} = 0$
Punching shear failure	
$\sigma_{\max} t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) t_i \leq 2t_0 (f_{y0} / \sqrt{3}) / \gamma_{M5}$	
Range of validity	Factor $k_p$
In addition to the limits given in Table 7.1:	For $n_p > 0$ (compression):
$\beta \geq 0.4$ and $\eta \leq 4$	$k_p = 1 - 0.3 n_p (1 + n_p)$ but $k_p \leq 1.0$
where $\beta = b_i / d_0$ and $\eta = h_i / d_0$	For $n_p \leq 0$ (tension): $k_p = 1.0$

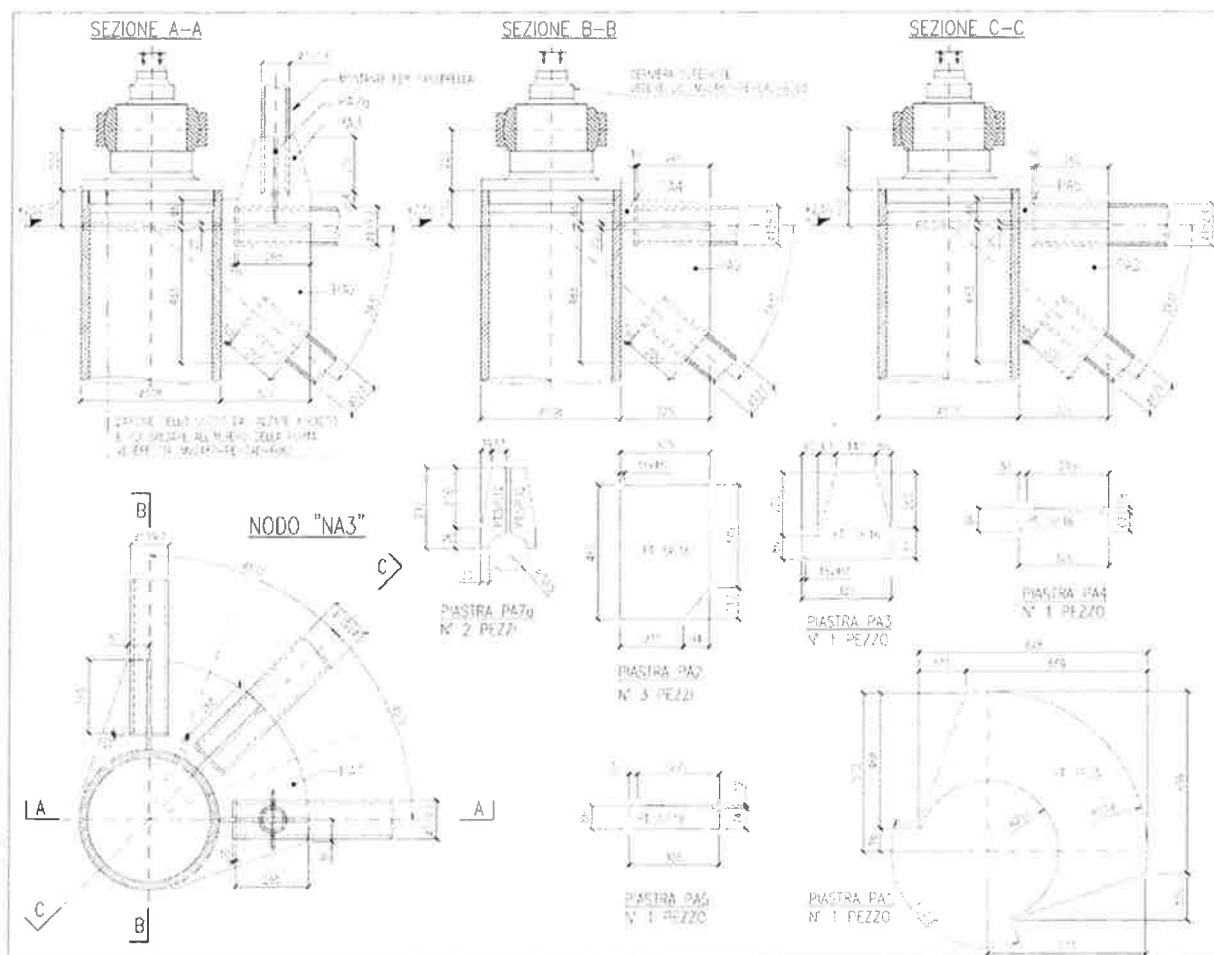
 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

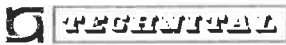
**Table 7.13: Design resistances of welded joints connecting gusset plates or I or H sections to RHS members**

Transverse plate	Brace failure [ $i = 1$ ]
	$N_{1,Rd} = f_{y1} t_1 b_{eff} / \gamma_{M5}$ *)
	Chord side wall crushing when $h_1 \geq b_0 - 2t_0$
	$N_{1,Rd} = f_{y0} t_0 (2t_1 + 10t_0) / \gamma_{M5}$
	Punching shear when $h_1 \leq b_0 - 2t_0$
	$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3}} (2t_1 + 2b_{e,p}) / \gamma_{M5}$
Longitudinal plate	Chord face failure
 <p><math>t_1/b_0 \leq 0,2</math></p>	$N_{1,Rd} = \frac{k_m f_{y0} t_0^2}{1 - t_1/b_0} (2h_1/b_0 + 4\sqrt{1 - t_1/b_0}) / \gamma_{M5}$
I or H section	<p>As a conservative approximation, if <math>\eta \geq 2\sqrt{1 - \beta}</math>, <math>N_{1,Rd}</math> for an I or H section may be assumed to be equal to the design resistance of two transverse plates of similar dimensions to the flanges of the I or H section, determined as specified above.</p> <p>If <math>\eta &lt; 2\sqrt{1 - \beta}</math>, a linear interpolation between one and two plates should be made.</p> <p><math>M_{ip,1,Rd} = N_{1,Rd} (h_1 - t_1)</math></p>
Range of validity	
In addition to the limits given in Table 7.8:	
$0,5 \leq \beta \leq 1,0$ $b_0/t_0 \leq 30$	
Parameters $b_{eff}$ , $b_{e,p}$ and $k_m$	
$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1$ but $b_{eff} \leq b_1$	For $n > 0$ (compression):
	$k_m = 1,3(1 - n)$
	but $k_m \leq 1,0$
$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1$ but $b_{e,p} \leq b_1$	For $n \leq 0$ (tension):
	$k_m = 1,0$
*) Fillet welded connections should be designed in accordance with 4.10.	

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- Nodo "NA" quota +2.50 slm



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 77
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi CHS  
Tabella 7.3 EC 1993-1-8

**NODO "NA" - QUOTA + 2.50 SLM**  
**PIATTO ORIZZONTALE**  
**COMB 4**

	kN	kNm	°
F 1 =	356	M 1 =	0 Angolo su orizz. -45
F 2 =	553	M 2 =	0 Angolo su orizz. 0
F 3 =	347	M 3 =	0 Angolo su orizz. 45
F 4 =	0	M 4 =	0 Angolo su orizz. 0
		M tot =	0

	kN	kN
N1 =	252	T1 =
N2 =	553	T2 =
N3 =	245	T3 =
N4 =	0	T4 =
N tot =	1050	T tot =

**Verifica piatto**

	mm		
L =	1020	A =	23400 mm <sup>2</sup>
S <sub>p</sub> =	23	W =	89930 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	44.77 N/mm <sup>2</sup>	Sigma tot = (SN <sup>2</sup> + SM <sup>2</sup> + ST <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup> = <b>44.77</b> < 338 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	-0.27 N/mm <sup>2</sup>	
SM = MW =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	

**Verifica saldatura del piatto :**  
Par. 4.5.3.3  
F<sub>w,Ed</sub> < F<sub>w,Rd</sub>  
F<sub>w,Rd</sub> = a x f<sub>w,d</sub> x a  
f<sub>w,d</sub> = f<sub>y</sub> / 3 < 0.5 f<sub>y</sub> M2/Bw

L <sub>a</sub> =	2040 mm	F <sub>w,Ed</sub> =	514.65 N/mm
a =	14 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>w,d</sub> =	182.10 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
B <sub>w</sub> =	0.9		
	514.65 =	2550.61	

**Verifica parete tubolare :**

N<sub>rd,i</sub> = k<sub>p</sub> x f<sub>y</sub> x 10<sup>-2</sup> x (4 + 20 B<sup>2</sup>/2) / y M5  
M<sub>rd,i</sub> = 0.5 x N<sub>rd,i</sub> x b<sub>i</sub>

N (COMB 4) = 1050 kN  
M (COMB 4) = 9 kNm

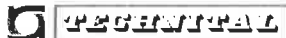
N<sub>led</sub> / N<sub>rd</sub> = M<sub>led</sub> / M<sub>rd</sub> < 1

y M5 =	1	
b <sub>i</sub> =	20 mm	
b <sub>i</sub> =	1020 mm	
d <sub>0</sub> =	508 mm	
B =	2.01	
f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>	
k <sub>p</sub> =	1 Trazione	
N <sub>rd,i</sub> =	25267056.35 N	25267.06 kN
M <sub>rd,i</sub> =	12888198739 Nmm	12888.20 kNm

coefficient = **0.94**

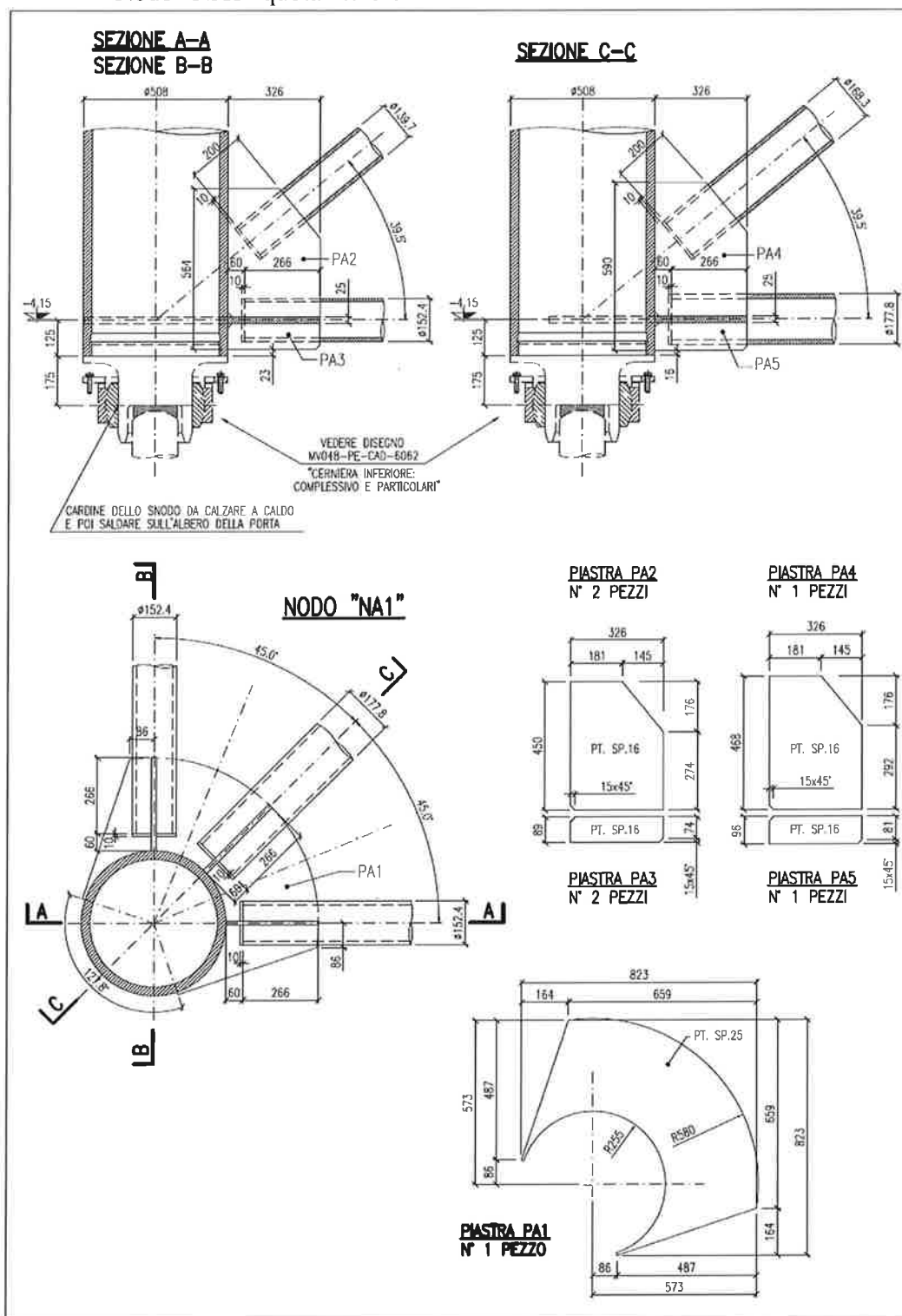
**Punching shear**  
σ x t < 2 x 10 x (f<sub>y</sub> / 3 < 0.5) / y M5


σ <sub>res</sub> =	11887.64 N/mm <sup>2</sup>	Punching shear <b>OK</b>
t <sub>i</sub> =	23 mm	
A =	23400 mm <sup>2</sup>	
σ = N/A =	44.77 N/mm <sup>2</sup>	
σ x t =	1029.76 N/mm	

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 78
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

<b>NODO "NA" - QUOTA + 2.50 SLM</b> <b>PIATTO VERTICALE</b> <b>COMB 4</b>		<table border="1"> <tr><td>F 1 =</td><td>0 kN</td><td>M 1 =</td><td>17.3 kNm</td><td>Angolo su orizz.</td><td>0</td></tr> <tr><td>F 2 =</td><td>425 kN</td><td>M 2 =</td><td>0</td><td>Angolo su orizz.</td><td>39.5</td></tr> <tr><td>F 3 =</td><td>0 kN</td><td>M 3 =</td><td>0</td><td>Angolo su orizz.</td><td>0</td></tr> <tr><td>F 4 =</td><td>0 kN</td><td>M 4 =</td><td>0</td><td>Angolo su orizz.</td><td>0</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>M tot =</td><td>17.3</td><td colspan="2"></td></tr> </table>	F 1 =	0 kN	M 1 =	17.3 kNm	Angolo su orizz.	0	F 2 =	425 kN	M 2 =	0	Angolo su orizz.	39.5	F 3 =	0 kN	M 3 =	0	Angolo su orizz.	0	F 4 =	0 kN	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0			M tot =	17.3			<table border="1"> <tr><td>N 1 =</td><td>0 kN</td><td>T 1 =</td><td>0</td></tr> <tr><td>N 2 =</td><td>328 kN</td><td>T 2 =</td><td>270</td></tr> <tr><td>N 3 =</td><td>0 kN</td><td>T 3 =</td><td>0</td></tr> <tr><td>N 4 =</td><td>0 kN</td><td>T 4 =</td><td>0</td></tr> <tr><td>N tot =</td><td>328 kN</td><td>T tot =</td><td>270</td></tr> </table>	N 1 =	0 kN	T 1 =	0	N 2 =	328 kN	T 2 =	270	N 3 =	0 kN	T 3 =	0	N 4 =	0 kN	T 4 =	0	N tot =	328 kN	T tot =	270
F 1 =	0 kN	M 1 =	17.3 kNm	Angolo su orizz.	0																																																
F 2 =	425 kN	M 2 =	0	Angolo su orizz.	39.5																																																
F 3 =	0 kN	M 3 =	0	Angolo su orizz.	0																																																
F 4 =	0 kN	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0																																																
		M tot =	17.3																																																		
N 1 =	0 kN	T 1 =	0																																																		
N 2 =	328 kN	T 2 =	270																																																		
N 3 =	0 kN	T 3 =	0																																																		
N 4 =	0 kN	T 4 =	0																																																		
N tot =	328 kN	T tot =	270																																																		
<b>Verifica piatto</b> <table border="1"> <tr><td>L =</td><td>550 mm</td><td>A =</td><td>5500 mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>S<sub>p</sub> =</td><td>10</td><td>W =</td><td>504166.67 mm<sup>3</sup></td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>SN = N/A =</td><td>59.64 N/mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>ST = V/A =</td><td>49.13 N/mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>SM = M/W =</td><td>34.31 N/mm<sup>2</sup></td></tr> </table>		L =	550 mm	A =	5500 mm <sup>2</sup>	S <sub>p</sub> =	10	W =	504166.67 mm <sup>3</sup>	SN = N/A =	59.64 N/mm <sup>2</sup>	ST = V/A =	49.13 N/mm <sup>2</sup>	SM = M/W =	34.31 N/mm <sup>2</sup>	Sigme tot = (SN <sup>2</sup> + SM <sup>2</sup> + ST <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup> = <b>109.44</b> < 338 N/mm <sup>2</sup>																																					
L =	550 mm	A =	5500 mm <sup>2</sup>																																																		
S <sub>p</sub> =	10	W =	504166.67 mm <sup>3</sup>																																																		
SN = N/A =	59.64 N/mm <sup>2</sup>																																																				
ST = V/A =	49.13 N/mm <sup>2</sup>																																																				
SM = M/W =	34.31 N/mm <sup>2</sup>																																																				
<b>Verifica saldatura del piatto :</b> Per 4.5.3.3 $F_w \leq F_w R_d$ $F_w R_d = a \times f_w \times d \times a$ $f_w \times d = f_y / (3 \times 0.5 \times \gamma_{M2} / \phi_w)$		<table border="1"> <tr><td>L<sub>p</sub> =</td><td>1100 mm</td><td>F<sub>w</sub> Ed =</td><td>543.87 N/mm</td></tr> <tr><td>a =</td><td>10 mm</td><td>f<sub>y</sub> =</td><td>355 N/mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>f<sub>w</sub> d =</td><td>182.19 N/mm<sup>2</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>φ<sub>w</sub> =</td><td>0.9</td><td>γ<sub>M2</sub> =</td><td>1.25</td></tr> <tr><td colspan="2">543.87 &lt; 1821.88</td><td colspan="2"></td></tr> </table>		L <sub>p</sub> =	1100 mm	F <sub>w</sub> Ed =	543.87 N/mm	a =	10 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>w</sub> d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>			φ <sub>w</sub> =	0.9	γ <sub>M2</sub> =	1.25	543.87 < 1821.88																																	
L <sub>p</sub> =	1100 mm	F <sub>w</sub> Ed =	543.87 N/mm																																																		
a =	10 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>																																																		
f <sub>w</sub> d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>																																																				
φ <sub>w</sub> =	0.9	γ <sub>M2</sub> =	1.25																																																		
543.87 < 1821.88																																																					
<b>Verifica parete tubolare :</b> $N_{rd,i} = 5 \times k_p \times f_y \times 10^{-2} \times (1 + 0.25 \eta) / \gamma_{M5}$ $M_{rd,i} = 0.5 \times N_{rd,i} \times b_i$ N (COMB 4) = 328 kN M (COMB 4) = 17.3 kNm η = op.Ed/f <sub>y</sub> γ <sub>M5</sub> = <b>0.41</b>		<table border="1"> <tr><td>γ<sub>M5</sub> =</td><td>1</td></tr> <tr><td>i<sub>0</sub> =</td><td>29 mm</td></tr> <tr><td>b<sub>i</sub> =</td><td>550 mm</td></tr> <tr><td>d<sub>0</sub> =</td><td>508 mm</td></tr> <tr><td>η = N/d<sub>0</sub> =</td><td>1.06</td></tr> <tr><td>f<sub>y</sub> =</td><td>355 N/mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>φ<sub>p</sub> =</td><td>0.83</td></tr> <tr><td colspan="2">N<sub>rd,i</sub> = 1587857.29 N      1587.86 kN</td></tr> <tr><td colspan="2">M<sub>rd,i</sub> = 431160751.3 Nmm      431.16 kNm</td></tr> </table>		γ <sub>M5</sub> =	1	i <sub>0</sub> =	29 mm	b <sub>i</sub> =	550 mm	d <sub>0</sub> =	508 mm	η = N/d <sub>0</sub> =	1.06	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>	φ <sub>p</sub> =	0.83	N <sub>rd,i</sub> = 1587857.29 N      1587.86 kN		M <sub>rd,i</sub> = 431160751.3 Nmm      431.16 kNm																																	
γ <sub>M5</sub> =	1																																																				
i <sub>0</sub> =	29 mm																																																				
b <sub>i</sub> =	550 mm																																																				
d <sub>0</sub> =	508 mm																																																				
η = N/d <sub>0</sub> =	1.06																																																				
f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>																																																				
φ <sub>p</sub> =	0.83																																																				
N <sub>rd,i</sub> = 1587857.29 N      1587.86 kN																																																					
M <sub>rd,i</sub> = 431160751.3 Nmm      431.16 kNm																																																					
<b>Punching shear</b> $\sigma \times (1 + 2 \times 10 \times (\gamma_y / 3 \times 0.5)) / \gamma_{M5}$		<table border="1"> <tr><td>σ<sub>res</sub> =</td><td>11887.64 N/mm<sup>2</sup></td><td rowspan="4">Punching shear</td></tr> <tr><td>t<sub>i</sub> =</td><td>18 mm</td></tr> <tr><td>A =</td><td>5500 mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>σ = N/A =</td><td>109.44 N/mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>σ × b =</td><td>1099.84 N/mm</td><td>OK!</td></tr> </table>		σ <sub>res</sub> =	11887.64 N/mm <sup>2</sup>	Punching shear	t <sub>i</sub> =	18 mm	A =	5500 mm <sup>2</sup>	σ = N/A =	109.44 N/mm <sup>2</sup>	σ × b =	1099.84 N/mm	OK!																																						
σ <sub>res</sub> =	11887.64 N/mm <sup>2</sup>	Punching shear																																																			
t <sub>i</sub> =	18 mm																																																				
A =	5500 mm <sup>2</sup>																																																				
σ = N/A =	109.44 N/mm <sup>2</sup>																																																				
σ × b =	1099.84 N/mm	OK!																																																			

- Nodo "NA1" quota -4.15 slm



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 80
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi CHS  
Table 7.3 EC 1993-1-8

NODO "NA" - QUOTA - 4.16 SLM  
PIATTO ORIZZONTALE  
COMB 3

	kN	kNm	°
F 1 =	-518	M 1 =	0 Angolo su orizz. -45
F 2 =	-1008	M 2 =	0 Angolo su orizz. 0
F 3 =	-518	M 3 =	0 Angolo su orizz. 45
F 4 =	0	M 4 =	0 Angolo su orizz. 0
		M tot =	0

	kN		kN
N1 =	-366	T1 =	366
N2 =	-1008	T2 =	0
N3 =	-366	T3 =	-366
N4 =	0	T4 =	0
N tot =	-1739	T tot =	0

Verifica piatto

	mm		
L =	1020	A =	23460 mm <sup>2</sup>
Sp =	23	W =	89930 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	-74.14 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	0.08 N/mm <sup>2</sup>
SM = M/W =	0.00 N/mm <sup>2</sup>

$$\text{Sigma tot} = (SN^2 + SM^2 + ST^2)^{0.5} = \mathbf{74.14} < 338 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto :  
Par. 4.5.3.3  
Fw,Ed < Fw,Rd  
Fw,Rd = a x f<sub>w,d</sub> x a  
f<sub>w,d</sub> = f<sub>y</sub> / 3 \* 0.5 / y M2 / β<sub>w</sub>

L =	2040 mm	Fw,Ed	852.67 N/mm
a =	14 mm	f <sub>y</sub>	355 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>w,d</sub>	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
β <sub>w</sub>	0.9		
	852.67 <	2550.61	

Verifica parete tubolare :

$$N_{rd} = k_p \times f_y \times 10^{-2} \times (4 + 20 B^2) / y M5$$

$$M_{rd} = 0.5 \times N_{rd} \times b$$

$$N \text{ (COMB 3)} = -1739 \text{ kN}$$

$$M \text{ (COMB 3)} = 0 \text{ kNm}$$

$$n = p = op. Ed / f_y / y M5 = \mathbf{0.41}$$

$$N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} = 1$$

y M5 =	1
t <sub>0</sub> =	29 mm
b <sub>1</sub> =	1020 mm
d <sub>0</sub> =	508 mm
B =	2.01
f <sub>y</sub>	355 N/mm <sup>2</sup>
k <sub>p</sub>	0.83
N <sub>rd</sub>	20834890.77 N
M <sub>rd</sub>	10651345292 Nmm
	20884.99 kN
	10651.35 kNm

$$\text{coeff.} = \mathbf{0.08}$$

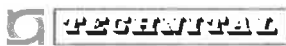
Punching shear  
 $\sigma \times l < 2 \times 10 \times (f_y / 3 \times 0.5) / y M5$

$\sigma_{res} =$	11687.64 N/mm	Punching shear
$t_1 =$	23 mm	
$A =$	23460 mm <sup>2</sup>	
$\sigma = N/A =$	74.14 N/mm <sup>2</sup>	OK!
$\sigma \times b =$	1705.33 N/mm	

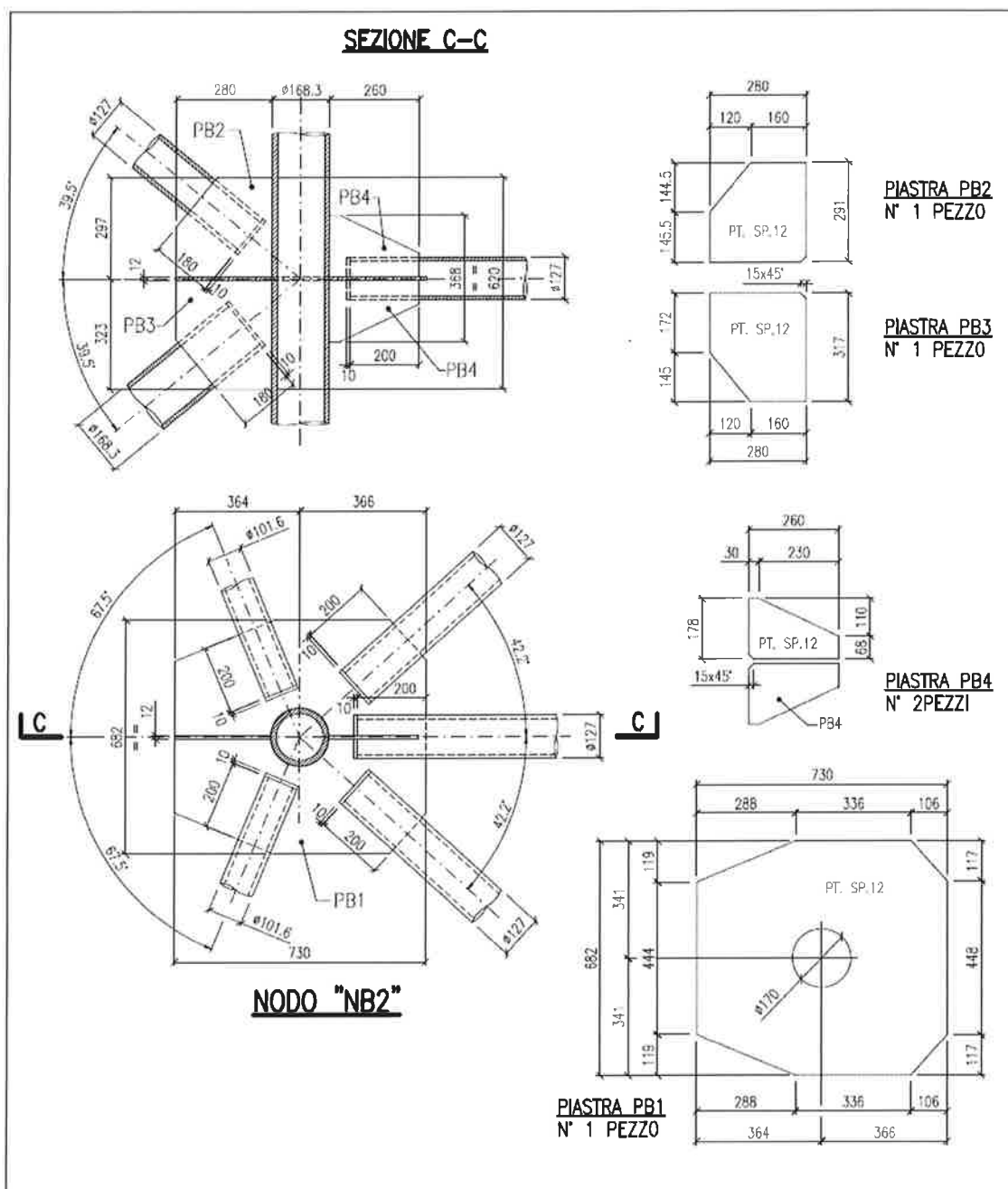
OK






	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 82
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Nodo “NB2” quota -0.825 slm



 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 83
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi CHS  
Table 7.3 EC 1993-1-8

NODO "NB" - QUOTA - 0.825 SLM  
PIATTO ORIZZONTALE  
COMB 3

	kN		kNm		
F 1 =	-189	M 1 =	0	Angolo su orizz.	42.2
F 2 =	-128	M 2 =	0	Angolo su orizz.	0
F 3 =	-189	M 3 =	0	Angolo su orizz.	-42.2
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0
		M tot =	0		

	kN		kN
N 1 =	-140	T 1 =	-127
N 2 =	-128	T 2 =	0
N 3 =	-140	T 3 =	127
N 4 =	0	T 4 =	0
N tot =	-408	T tot =	0

Verifica piatto

L =	mm	A =	mm <sup>2</sup>
Sp =	10	W =	mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	-154.59 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	0.00 N/mm <sup>2</sup>
SM = M/W =	0.00 N/mm <sup>2</sup>

$$\text{Sigma tot} = (SN^2 + SM^2 + ST^2)^{0.5} = 154.59 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto :

Par. 4.5.3.3

Fw,Ed < Fw,Rd

Fw,Rd = a x fvw,d x a

fvw,d = fy / (3 \* 0.5 \* yM2 / βw)

L =	528 mm	Fw,Ed	772.95 N/mm
a =	10 mm	fy	355 N/mm <sup>2</sup>
fvw,d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
βw =	0.9		
	772.95 <	1821.86	

Verifica parete tubolare :

Nrd,i = 5 X kp x fy x t0<sup>2</sup> / (1 - 0.81 B) / yM5

Mrd,i = 0.5 x Nrd,i x bi

N (COMB 3) =

M (COMB 3) =

n p = σp,Ed / fy / yM5 =


408 kN  
0 kNm  
0.1

y M5 =	1
t0 =	15 mm
bi =	168.3 mm
d0 =	168.3 mm
B =	1
fy =	355 N/mm <sup>2</sup>
kp =	0.97
	coeff = 0.20
Nrd,i =	2032808.563 N
	2032.61 kN
Mrd,i =	171044009.7 Nmm
	171.04 kNm

Punching shear

σ x t1 < 2 x t0 x (fy / 3 \* 0.5) / yM5

$\sigma_{res} =$	6148.76 N/mm	Punching shear
$t_f =$	10 mm	
$A =$	2640 mm <sup>2</sup>	
$\sigma = N/A =$	154.59 N/mm <sup>2</sup>	OK!
$\sigma \times \beta =$	1545.91 N/mm	

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 84
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

**NODO "NB" - QUOTA - 0.825 SLM**  
**PIATTO VERTICALE**  
**COMB 3**

	kN		kNm		°
F 1 =	-179	M 1 =	0	Angolo su orizz	-39.5
F 2 =	-518	M 2 =	0	Angolo su orizz	39.5
F 3 =	0	M 3 =	-26.2	Angolo su orizz	0
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz	0
		M tot =	-26.2		

	kN		kN
N1 =	-138	T1 =	114
N2 =	-400	T2 =	-329
N3 =	0	T3 =	0
N4 =	0	T4 =	0
N tot =	-538	T tot =	-218

**Verifica piatto**

	mm		
L =	680	A =	6800 mm <sup>2</sup>
Sp =	10	W =	770666.67 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	-79.11 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	-31.70 N/mm <sup>2</sup>
SM = M/W =	-33.95 N/mm <sup>2</sup>

Sigma tot = (SN<sup>2</sup>+SM<sup>2</sup>+ST<sup>2</sup>)\*0.5 = **102.11** < 338 N/mm<sup>2</sup>

**Verifica saldatura del piatto:**  
Par. 4.5.3.3  
Fw,Ed < Fw,Rd  
Fw,Rd = a x fvw,d x a  
fvw,d = fy / 3\*0.5/yM2/bw

L =	1380 mm	Fw,Ed	554.06 N/mm
a =	10 mm	fy =	355 N/mm <sup>2</sup>
fvw,d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>		
bw =	0.9	y M2 =	1.25
	554.06 <		1821.88

**Verifica parete tubolare:**

Nrd,i = 5 x kp x fy x 10<sup>-2</sup> x (1 + 0.25 η) / yM5  
Nrd,i = 0.5 x Nrd,i x bi

N (COMB 3) = 538 kN  
M (COMB 3) = -26.165608 kNm  
η = op,Ed/fy / yM5 = **0.1**

γ M5 =	1
i0 =	15 mm
hi =	680 mm
d0 =	168.3 mm
η = hi/d0 =	4.04
fy =	355 N/mm <sup>2</sup>
kp =	0.97
Nrd,i =	776292.22 N
Mrd =	263939353.4 Nmm


776.29 kN  
263.94 kNm

coefficient = **0.59**

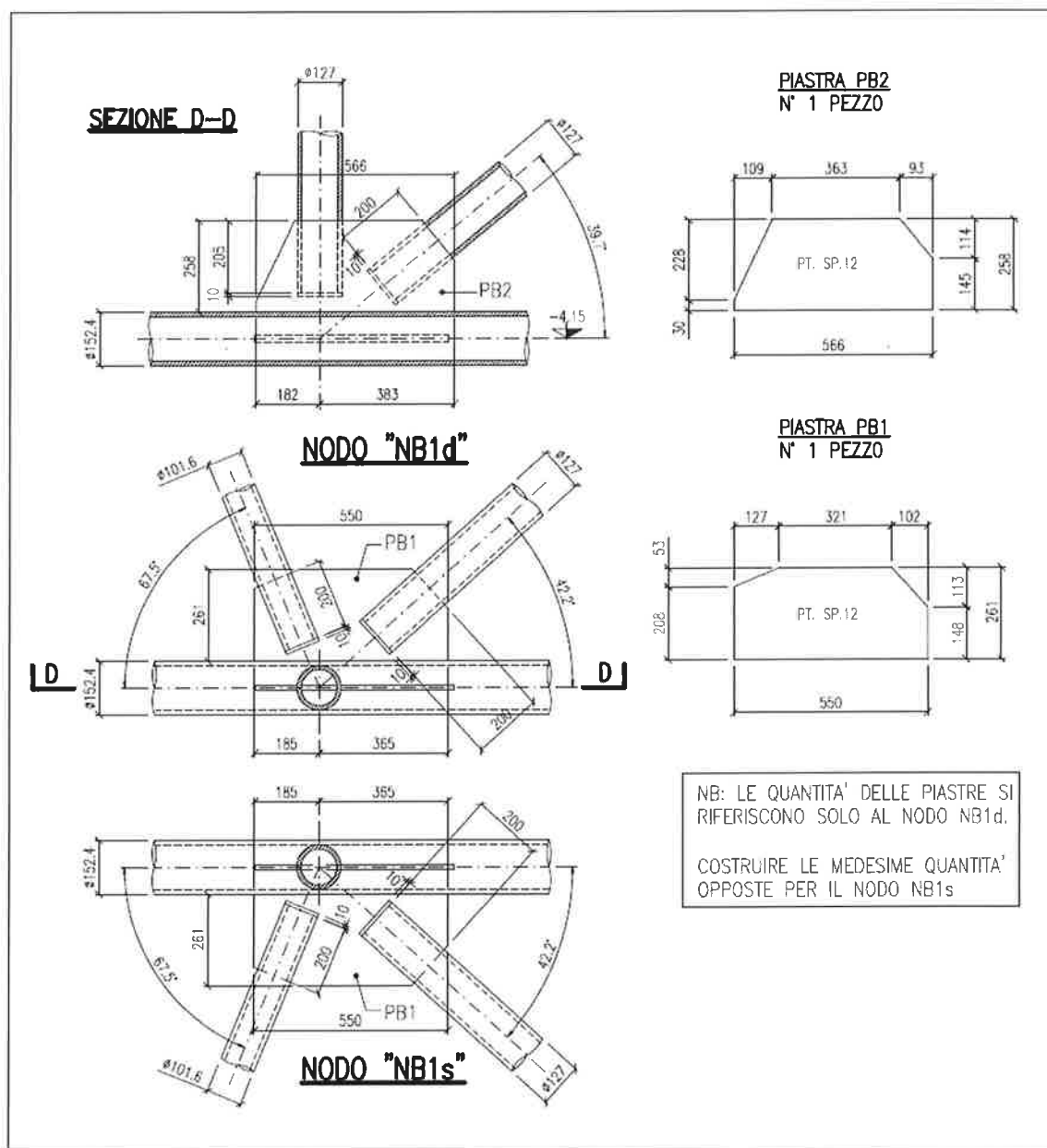
**Punching shear**  
σ x ti < 2 x 10 x (fy / 3\*0.5) / yME


σ res =	8148.78 N/mm
ti =	10 mm
A =	6800 mm <sup>2</sup>
σ = N/A =	102.11 N/mm <sup>2</sup>
σ x ti =	1021.07 N/mm

**Punching shear**  
**OK!**

 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 85
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- Nodo "NB1d" quota -4.15 slm



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 86
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi CHS  
Table 7.3 EC 1993-1-8

**NODO "NBd" - QUOTA - 4.15 SLM**  
**PIATTO ORIZZONTALE**  
**COMB 3**

	kN		kNm		°
F 1 =	-147	M 1 =	0	Angolo su orizz.	-47.6
F 2 =	176	M 2 =	0	Angolo su orizz.	22.5
F 3 =	0	M 3 =	39.2	Angolo su orizz.	0
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0
		M tot =	39.2		

	kN		kN
N 1 =	-99	T 1 =	109
N 2 =	163	T 2 =	67
N 3 =	0	T 3 =	0
N 4 =	0	T 4 =	0
N tot =	64	T tot =	176

Verifica piatto

	mm		
L =	550	A =	5500 mm <sup>2</sup>
S <sub>p</sub> =	10	W =	504166.8667 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	11.60 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	32.03 N/mm <sup>2</sup>
SM = M/W =	77.77 N/mm <sup>2</sup>

Sigma tot = (SN<sup>2</sup> + SM<sup>2</sup> + ST<sup>2</sup>)<sup>0.5</sup> = **96.24** < 338 N/mm<sup>2</sup>

Verifica saldatura del piatto :

Par. 4.8.3.3  
F<sub>w,Ed</sub> < F<sub>w,Rd</sub>  
F<sub>w,Rd</sub> = a x f<sub>w,d</sub> x a  
f<sub>w,d</sub> = f<sub>y</sub> / 3 \* 0.5 / y M2 / β<sub>w</sub>

L =	1100 mm	F <sub>w,Ed</sub>	218.19 N/mm
a =	10 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>w,d</sub> =	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
β <sub>w</sub> =	0.8		
	218.19 <	1821.86	

Verifica parete tubolare :

N<sub>rd,i</sub> = 5 x k<sub>p</sub> x f<sub>y</sub> x I<sub>0</sub><sup>2</sup> x (1 + 0.25 η) / y M5  
M<sub>rd,i</sub> = 0.5 x N<sub>rd,i</sub> x b<sub>i</sub>

N (COMB 3) = 64 kN  
M (COMB 3) = 39.21 kNm  
η = F<sub>w,Ed</sub> / y M5 = **0.26**

y M5 =	1	
I <sub>0</sub> =	11.5 mm	
b <sub>i</sub> =	550 mm	
d <sub>0</sub> =	152.4 mm	
η = h <sub>i</sub> / d <sub>0</sub> =	3.61	
f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>	
k <sub>p</sub> =	0.90	
N <sub>rd,i</sub> =	402651.19 N	402.65 kN
M <sub>rd,i</sub> =	110729077.7 Nmm	110.73 kNm


Coeff. = **0.51**

Punching shear


σ<sub>x11</sub> < 2 x I<sub>0</sub> x (f<sub>y</sub> / 3 \* 0.5) / y M5

σ <sub>res</sub> =	4714.08 N/mm	Punching shear
I <sub>0</sub> =	10 mm	
A =	5500 mm <sup>2</sup>	
σ = N/A =	96.24 N/mm <sup>2</sup>	<b>OK!</b>
σ x 5 =	962.37 N/mm	

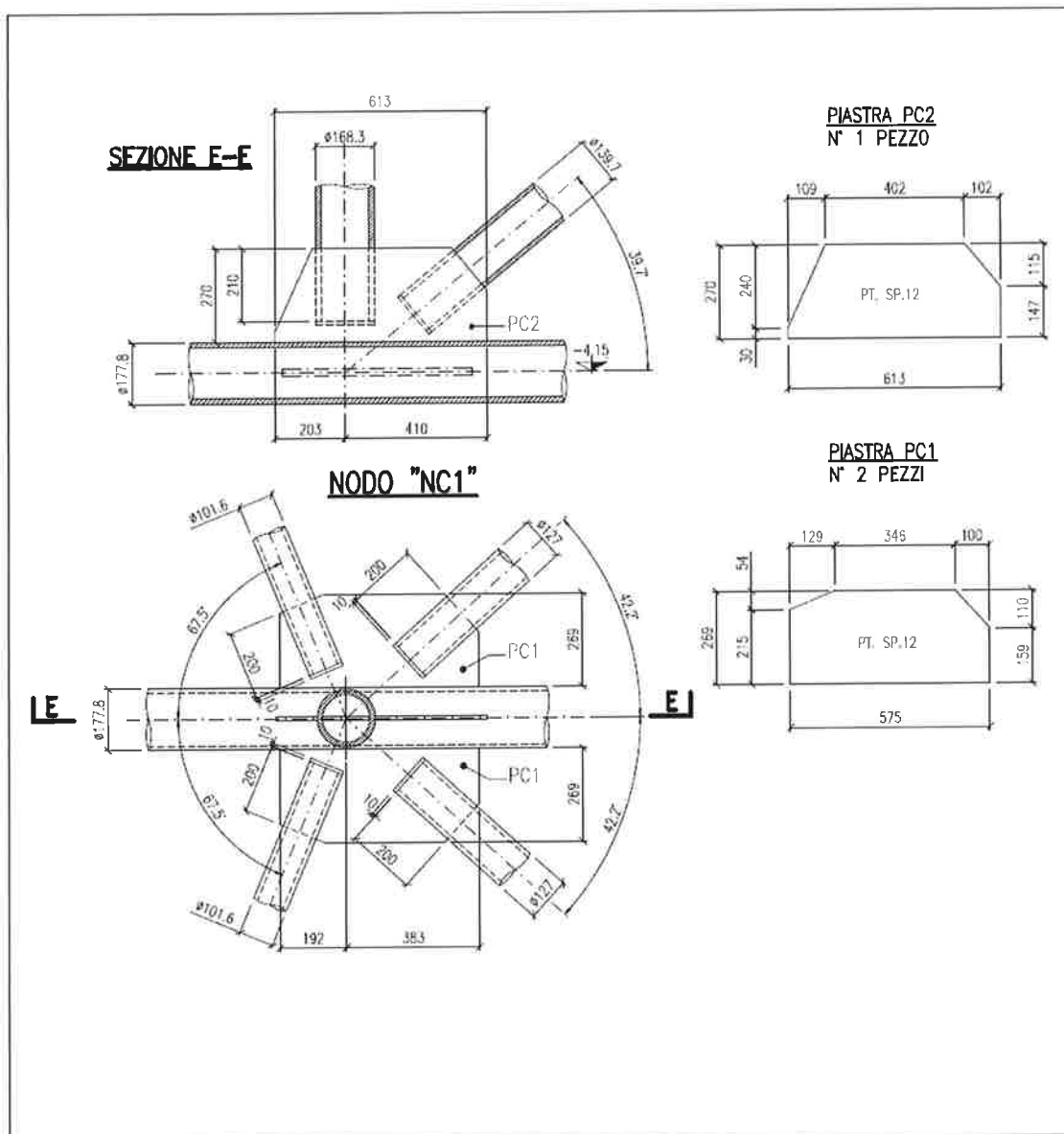


 <b>REGIONAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	


<b>NODO "NBd" - QUOTA - 4.15 SLM</b> <b>PIATTO VERTICALE</b> <b>COMB 3</b>		<table border="1"> <tr> <th></th> <th>kN</th> <th></th> <th>kNm</th> <th></th> <th>°</th> </tr> <tr> <td>F 1 =</td> <td>95</td> <td>M 1 =</td> <td>0</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>F 2 =</td> <td>-241</td> <td>M 2 =</td> <td>0</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>50.3</td> </tr> <tr> <td>F 3 =</td> <td>0</td> <td>M 3 =</td> <td>24.90</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>F 4 =</td> <td>0</td> <td>M 4 =</td> <td>0</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>M tot =</td> <td>24.90</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		kN		kNm		°	F 1 =	95	M 1 =	0	Angolo su orizz.	0	F 2 =	-241	M 2 =	0	Angolo su orizz.	50.3	F 3 =	0	M 3 =	24.90	Angolo su orizz.	0	F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0			M tot =	24.90			<table border="1"> <tr> <th></th> <th>kN</th> <th></th> <th>kN</th> </tr> <tr> <td>N1 =</td> <td>95</td> <td>T1 =</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N2 =</td> <td>-154</td> <td>T2 =</td> <td>-185</td> </tr> <tr> <td>N3 =</td> <td>0</td> <td>T3 =</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N4 =</td> <td>0</td> <td>T4 =</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N tot =</td> <td>-59</td> <td>T tot =</td> <td>-185</td> </tr> </table>		kN		kN	N1 =	95	T1 =	0	N2 =	-154	T2 =	-185	N3 =	0	T3 =	0	N4 =	0	T4 =	0	N tot =	-59	T tot =	-185
	kN		kNm		°																																																										
F 1 =	95	M 1 =	0	Angolo su orizz.	0																																																										
F 2 =	-241	M 2 =	0	Angolo su orizz.	50.3																																																										
F 3 =	0	M 3 =	24.90	Angolo su orizz.	0																																																										
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0																																																										
		M tot =	24.90																																																												
	kN		kN																																																												
N1 =	95	T1 =	0																																																												
N2 =	-154	T2 =	-185																																																												
N3 =	0	T3 =	0																																																												
N4 =	0	T4 =	0																																																												
N tot =	-59	T tot =	-185																																																												
<b>Verifica piatto</b>		<table border="1"> <tr> <th></th> <th>mm</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>L =</td> <td>566</td> <td>A =</td> <td>5660 mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Sp =</td> <td>10</td> <td>W =</td> <td>533926.67 mm<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>SN = N/A =</td> <td>-10.43 N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>ST = V/A =</td> <td>-32.75 N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>SM = M/W =</td> <td>46.64 N/mm<sup>2</sup></td> </tr> </table> Sigma tot = (SN <sup>2</sup> + SM <sup>2</sup> + ST <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup> = <b>74.17</b> < 338 N/mm <sup>2</sup>			mm			L =	566	A =	5660 mm <sup>2</sup>	Sp =	10	W =	533926.67 mm <sup>3</sup>	SN = N/A =	-10.43 N/mm <sup>2</sup>	ST = V/A =	-32.75 N/mm <sup>2</sup>	SM = M/W =	46.64 N/mm <sup>2</sup>																																										
	mm																																																														
L =	566	A =	5660 mm <sup>2</sup>																																																												
Sp =	10	W =	533926.67 mm <sup>3</sup>																																																												
SN = N/A =	-10.43 N/mm <sup>2</sup>																																																														
ST = V/A =	-32.75 N/mm <sup>2</sup>																																																														
SM = M/W =	46.64 N/mm <sup>2</sup>																																																														
<b>Verifica saldatura del piatto :</b> Par. 4.8.3.3 Fw,Ed < Fw,Rd Fw,Rd = a x f <sub>w</sub> ,d x a f <sub>w</sub> ,d = f <sub>y</sub> / 3 * 0.5 * yM2 / βw		<table border="1"> <tr> <td>L =</td> <td>1132 mm</td> <td>Fw,Ed</td> <td>215.89 N/mm</td> </tr> <tr> <td>a =</td> <td>10 mm</td> <td>f<sub>y</sub> =</td> <td>355 N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>f<sub>w</sub>,d =</td> <td>182.19 N/mm<sup>2</sup></td> <td>y M2 =</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>βw =</td> <td>0.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>215.89 &lt;</td> <td>1821.86</td> <td></td> </tr> </table>		L =	1132 mm	Fw,Ed	215.89 N/mm	a =	10 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>w</sub> ,d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25	βw =	0.9				215.89 <	1821.86																																									
L =	1132 mm	Fw,Ed	215.89 N/mm																																																												
a =	10 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>																																																												
f <sub>w</sub> ,d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25																																																												
βw =	0.9																																																														
	215.89 <	1821.86																																																													
<b>Verifica parete tubolare :</b> Nrd,i = 5 x k <sub>p</sub> x f <sub>y</sub> x 10 <sup>-2</sup> x (1 - 0.25 n) / yM5 Mrd,i = 0.5 x Nrd,i x b N (COMB 3) = 29 kN M (COMB 3) = 24.90 kNm n p = op.Ed / f <sub>y</sub> / yM5 = <b>0.26</b>		<table border="1"> <tr> <td>y M5 =</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>h0 =</td> <td>11.5 mm</td> </tr> <tr> <td>h i =</td> <td>568 mm</td> </tr> <tr> <td>d 0 =</td> <td>152.4 mm</td> </tr> <tr> <td>n = h0/d0 =</td> <td>3.71</td> </tr> <tr> <td>f<sub>y</sub> =</td> <td>355 N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>k<sub>p</sub> =</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Nrd,i =</td> <td>408206.92 N</td> <td>408.21 kN</td> </tr> <tr> <td>Mrd,i =</td> <td>115522557.5 Nmm</td> <td>115.52 kNm</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>σ<sub>res</sub> =</td> <td>4714.05 N/mm</td> <td>Punching shear</td> </tr> <tr> <td>t i =</td> <td>10 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A =</td> <td>5660 mm<sup>2</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <td>σ = N/A =</td> <td>74.17 N/mm<sup>2</sup></td> <td><b>OK!</b></td> </tr> <tr> <td>σ x β =</td> <td>741.72 N/mm</td> <td></td> </tr> </table>		y M5 =	1	h0 =	11.5 mm	h i =	568 mm	d 0 =	152.4 mm	n = h0/d0 =	3.71	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>	k <sub>p</sub> =	0.90	Nrd,i =	408206.92 N	408.21 kN	Mrd,i =	115522557.5 Nmm	115.52 kNm	σ <sub>res</sub> =	4714.05 N/mm	Punching shear	t i =	10 mm		A =	5660 mm <sup>2</sup>		σ = N/A =	74.17 N/mm <sup>2</sup>	<b>OK!</b>	σ x β =	741.72 N/mm																										
y M5 =	1																																																														
h0 =	11.5 mm																																																														
h i =	568 mm																																																														
d 0 =	152.4 mm																																																														
n = h0/d0 =	3.71																																																														
f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>																																																														
k <sub>p</sub> =	0.90																																																														
Nrd,i =	408206.92 N	408.21 kN																																																													
Mrd,i =	115522557.5 Nmm	115.52 kNm																																																													
σ <sub>res</sub> =	4714.05 N/mm	Punching shear																																																													
t i =	10 mm																																																														
A =	5660 mm <sup>2</sup>																																																														
σ = N/A =	74.17 N/mm <sup>2</sup>	<b>OK!</b>																																																													
σ x β =	741.72 N/mm																																																														

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 88
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- Nodo "NC1" quota -4.15 slm





 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 89
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi CHS  
Table 7.3 EC 1993-1-8

NODO "NC" - QUOTA - 4.15 SLM  
PIATTO ORIZZONTALE  
COMB 3

	kN		kNm		
F 1 =	-209	M 1 =	0	Angolo su orizz.	-47.8
F 2 =	176	M 2 =	0	Angolo su orizz.	22.5
F 3 =	0	M 3 =	45.5	Angolo su orizz.	0
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0
		M tot =	45.5		

	kN		kN
N1 =	-140	F1 =	155
N2 =	163	F2 =	67
N3 =	0	F3 =	0
N4 =	0	F4 =	0
N tot =	22	F tot =	222

Verifica piatto

	mm		
L =	675	A =	6750 mm <sup>2</sup>
S <sub>p</sub> =	10	W =	551041.6667 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	3.88 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	38.62 N/mm <sup>2</sup>
SM = M/W =	82.50 N/mm <sup>2</sup>

$$\text{Sigma tot} = (SN^2 + SM^2 + ST^2)^{0.5} = 106.28 \pm 338 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto :

Par. 4.5.3.3

$F_w, E_d \leq F_w, R_d$

$F_w, R_d = a \times f_{w,d} \times a$

$f_{w,d} = f_y / 3 \times 0.5 / y M_2 / \beta_w$

L =	1150 mm	$F_w, E_d$	212.39 N/mm
a =	10 mm	f y =	355 N/mm <sup>2</sup>
$f_{w,d}$	182.19 N/mm <sup>2</sup>		
$\beta_w$	0.9	y M2 =	1.25
	212.39 =	1821.86	

Verifica parete tubolare :

$N_{rd,i} = 5 \times k_p \times f_y \times 10^2 \times (1 + 0.25 \eta) / y M_5$   
 $M_{rd,i} = 0.5 \times N_{rd,i} \times b$

N (COMB 3) =

22 kN

M (COMB 3) =

45.46 kNm

$\eta = \sigma_p \times E_d / f_y / y M_5 =$

0.27

y M5 =	1
t <sub>0</sub> =	15 mm
h <sub>1</sub> =	575 mm
d <sub>0</sub> =	177.8 mm
$\eta = h_1 / 90 =$	3.23
f y =	355 N/mm <sup>2</sup>
k p =	0.90
N <sub>rd, i</sub> =	647997.19 N
M <sub>rd, i</sub> =	186290565.7 Nmm
	647.97 kN
	186.29 kNm


coeff. = 0.28

Punching shear


$\sigma \times t \leq 2 \times 10 \times (f_y / 3 \times 0.5) / y M_5$

$\sigma_{res} =$	6148.78 N/mm	Punching shear
$t_j =$	10 mm	
$A =$	5750 mm <sup>2</sup>	
$\sigma = N/A =$	106.28 N/mm <sup>2</sup>	OK!
$\sigma \times t_j =$	1062.85 N/mm	

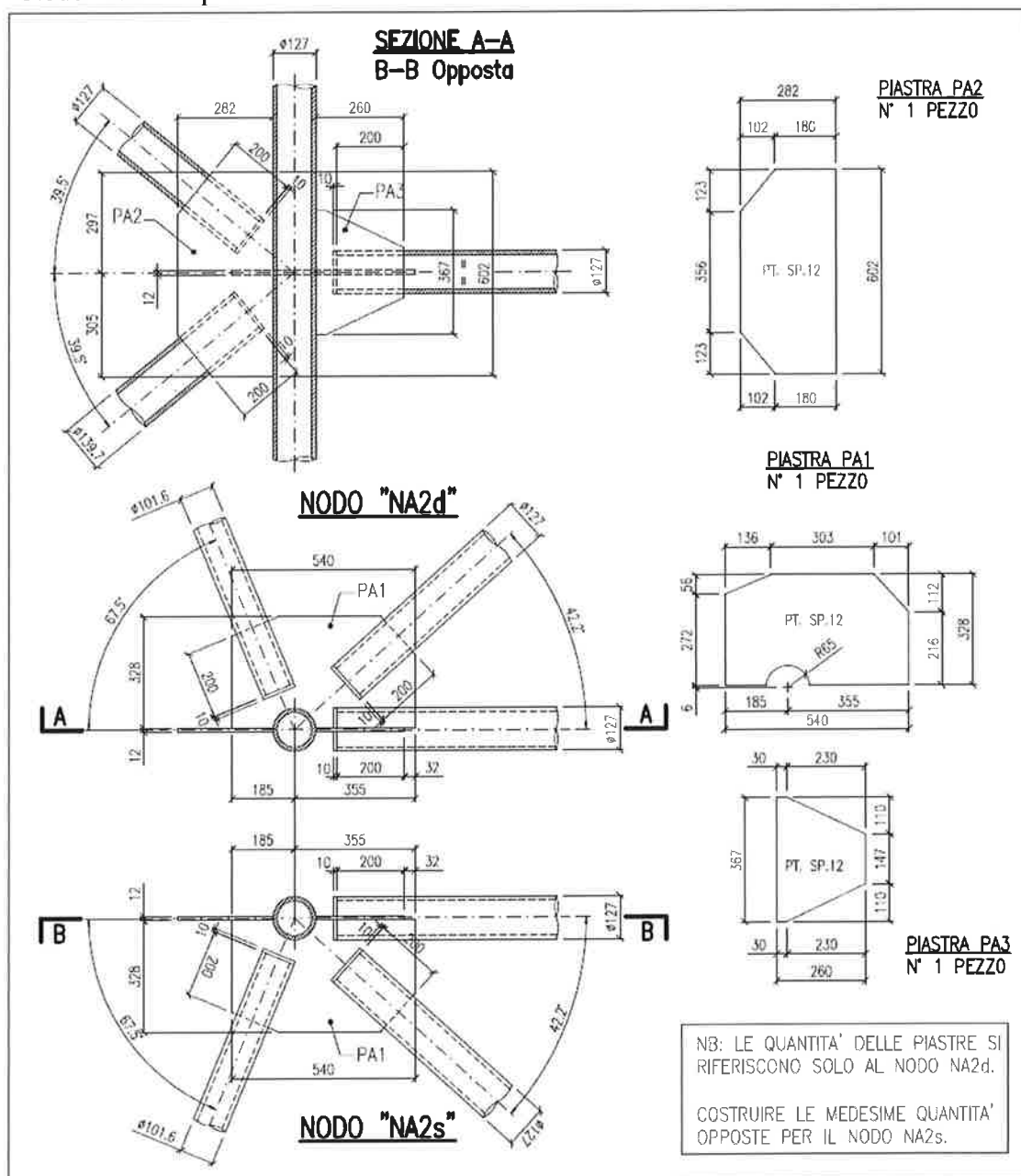
OK!

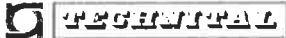
	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 90
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

<b>NODO "NC" - QUOTA - 4.15 9LM</b> <b>PIATTO VERTICALE</b> <b>COMB 3</b>		<table border="1"> <tr> <th></th> <th>kN</th> <th></th> <th>kNm</th> <th></th> <th>°</th> </tr> <tr> <td>F 1 =</td> <td>146</td> <td>M 1 =</td> <td>0</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>F 2 =</td> <td>-249</td> <td>M 2 =</td> <td>0</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>50.3</td> </tr> <tr> <td>F 3 =</td> <td>0</td> <td>M 3 =</td> <td>30.51</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>F 4 =</td> <td>0</td> <td>M 4 =</td> <td>0</td> <td>Angolo su orizz.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>M tot =</td> <td>30.51</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		kN		kNm		°	F 1 =	146	M 1 =	0	Angolo su orizz.	0	F 2 =	-249	M 2 =	0	Angolo su orizz.	50.3	F 3 =	0	M 3 =	30.51	Angolo su orizz.	0	F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0			M tot =	30.51			<table border="1"> <tr> <th></th> <th>kN</th> <th></th> <th>kN</th> </tr> <tr> <td>N1 =</td> <td>146</td> <td>T1 =</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N2 =</td> <td>-159</td> <td>T2 =</td> <td>-192</td> </tr> <tr> <td>N3 =</td> <td>0</td> <td>T3 =</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N4 =</td> <td>0</td> <td>T4 =</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N tot =</td> <td>-13</td> <td>T tot =</td> <td>-192</td> </tr> </table>		kN		kN	N1 =	146	T1 =	0	N2 =	-159	T2 =	-192	N3 =	0	T3 =	0	N4 =	0	T4 =	0	N tot =	-13	T tot =	-192
	kN		kNm		°																																																										
F 1 =	146	M 1 =	0	Angolo su orizz.	0																																																										
F 2 =	-249	M 2 =	0	Angolo su orizz.	50.3																																																										
F 3 =	0	M 3 =	30.51	Angolo su orizz.	0																																																										
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0																																																										
		M tot =	30.51																																																												
	kN		kN																																																												
N1 =	146	T1 =	0																																																												
N2 =	-159	T2 =	-192																																																												
N3 =	0	T3 =	0																																																												
N4 =	0	T4 =	0																																																												
N tot =	-13	T tot =	-192																																																												
<b>Verifica piatto</b>																																																															
<table border="1"> <tr> <th></th> <th>mm</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>L =</td> <td>566</td> <td>A =</td> <td>6660</td> <td>mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>S<sub>p</sub> =</td> <td>10</td> <td>W =</td> <td>633926.67</td> <td>mm<sup>3</sup></td> </tr> </table>						mm				L =	566	A =	6660	mm <sup>2</sup>	S <sub>p</sub> =	10	W =	633926.67	mm <sup>3</sup>																																												
	mm																																																														
L =	566	A =	6660	mm <sup>2</sup>																																																											
S <sub>p</sub> =	10	W =	633926.67	mm <sup>3</sup>																																																											
<table border="1"> <tr> <td>SN = N/A =</td> <td>-2.32</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>ST = V/A =</td> <td>-33.84</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>SM = MW =</td> <td>57.15</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> </table>					SN = N/A =	-2.32	N/mm <sup>2</sup>	ST = V/A =	-33.84	N/mm <sup>2</sup>	SM = MW =	57.15	N/mm <sup>2</sup>																																																		
SN = N/A =	-2.32	N/mm <sup>2</sup>																																																													
ST = V/A =	-33.84	N/mm <sup>2</sup>																																																													
SM = MW =	57.15	N/mm <sup>2</sup>																																																													
Sigma tot = (SN <sup>2</sup> + SM <sup>2</sup> + ST <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup> = <b>81.89</b> < 338 N/mm <sup>2</sup>																																																															
<b>Verifica saldatura del piatto:</b> <b>Par. 4.5.3.3</b> $F_{w,Ed} < F_{w,Rd}$ $F_{w,Rd} = e \times f_{w,d} \times e$ $f_{w,d} = f_y / 3 \times 0.5 \times y M2 / \beta_w$																																																															
<table border="1"> <tr> <td>L =</td> <td>1132</td> <td>mm</td> <td>F<sub>w,Ed</sub></td> <td>180.78</td> <td>N/mm</td> </tr> <tr> <td>a =</td> <td>10</td> <td>mm</td> <td>f<sub>y</sub></td> <td>355</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>f<sub>w,d</sub> =</td> <td>182.19</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> <td>y M2 =</td> <td>1.25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>β<sub>w</sub> =</td> <td>0.9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>180.78</td> <td>&lt;</td> <td>1821.86</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					L =	1132	mm	F <sub>w,Ed</sub>	180.78	N/mm	a =	10	mm	f <sub>y</sub>	355	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>w,d</sub> =	182.19	N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25		β <sub>w</sub> =	0.9						180.78	<	1821.86																															
L =	1132	mm	F <sub>w,Ed</sub>	180.78	N/mm																																																										
a =	10	mm	f <sub>y</sub>	355	N/mm <sup>2</sup>																																																										
f <sub>w,d</sub> =	182.19	N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25																																																											
β <sub>w</sub> =	0.9																																																														
	180.78	<	1821.86																																																												
<b>Verifica parete tubolare:</b> $N_{rd,i} = 5 \times k_p \times f_y \times 10^2 \times (1 + 0.25 \eta) / y M5$ $M_{rd,i} = 0.5 \times N_{rd,i} \times b_i$ N (COMB 3) = 13 kN M (COMB 3) = 30.51 kNm η = $\sigma_{p,Ed} / f_y$ / y M5 = 0.27																																																															
<table border="1"> <tr> <td>y M5 =</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>t<sub>0</sub> =</td> <td>15</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>h<sub>i</sub> =</td> <td>568</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>d<sub>0</sub> =</td> <td>177.8</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>η = h<sub>i</sub> / d<sub>0</sub> =</td> <td>3.18</td> </tr> <tr> <td>f<sub>y</sub> =</td> <td>355</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>k<sub>p</sub> =</td> <td>0.90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>N<sub>rd,i</sub> =</td> <td>643433.13</td> <td>N</td> <td>643.43</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td>M<sub>rd,i</sub> =</td> <td>182091676.1</td> <td>Nmm</td> <td>182.09</td> <td>kNm</td> </tr> </table>					y M5 =	1	t <sub>0</sub> =	15	mm	h <sub>i</sub> =	568	mm	d <sub>0</sub> =	177.8	mm	η = h <sub>i</sub> / d <sub>0</sub> =	3.18	f <sub>y</sub> =	355	N/mm <sup>2</sup>	k <sub>p</sub> =	0.90		N <sub>rd,i</sub> =	643433.13	N	643.43	kN	M <sub>rd,i</sub> =	182091676.1	Nmm	182.09	kNm																														
y M5 =	1																																																														
t <sub>0</sub> =	15	mm																																																													
h <sub>i</sub> =	568	mm																																																													
d <sub>0</sub> =	177.8	mm																																																													
η = h <sub>i</sub> / d <sub>0</sub> =	3.18																																																														
f <sub>y</sub> =	355	N/mm <sup>2</sup>																																																													
k <sub>p</sub> =	0.90																																																														
N <sub>rd,i</sub> =	643433.13	N	643.43	kN																																																											
M <sub>rd,i</sub> =	182091676.1	Nmm	182.09	kNm																																																											
<b>Punching shear</b> $\sigma \times l_i < 2 \times 10 \times (f_y / 3 \times 0.5) / y M5$																																																															
<table border="1"> <tr> <td>σ<sub>res</sub> =</td> <td>6148.78</td> <td>N/mm</td> <td>Punching shear</td> </tr> <tr> <td>t<sub>i</sub> =</td> <td>10</td> <td>mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A =</td> <td>6660</td> <td>mm<sup>2</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <td>σ = N/A =</td> <td>81.89</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> <td>OK!</td> </tr> <tr> <td>σ × l<sub>i</sub> =</td> <td>818.90</td> <td>N/mm</td> <td></td> </tr> </table>					σ <sub>res</sub> =	6148.78	N/mm	Punching shear	t <sub>i</sub> =	10	mm		A =	6660	mm <sup>2</sup>		σ = N/A =	81.89	N/mm <sup>2</sup>	OK!	σ × l <sub>i</sub> =	818.90	N/mm																																								
σ <sub>res</sub> =	6148.78	N/mm	Punching shear																																																												
t <sub>i</sub> =	10	mm																																																													
A =	6660	mm <sup>2</sup>																																																													
σ = N/A =	81.89	N/mm <sup>2</sup>	OK!																																																												
σ × l <sub>i</sub> =	818.90	N/mm																																																													

 <b>TECNITALIA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 91
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- Nodo "NA2d" quota -0.825 slm



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 92
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi CH8  
Tabella 7.3 EC 1993-1-8

NODO "NAD" - QUOTA - 0.825 SLM PIATTO ORIZZONTALE COMB 3	kN		kNm		°		kN		kN	
	F 1 =	-228	M 1 =	0	Angolo su orizz.	-47.8	N 1 =	-154	T 1 =	170
	F 2 =	165	M 2 =	0	Angolo su orizz.	22.2	N 2 =	153	T 2 =	62
	F 3 =	0	M 3 =	30.67	Angolo su orizz.	0	N 3 =	0	T 3 =	0
	F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0	N 4 =	0	T 4 =	0
			M tot =	30.67			N tot =	-1	T tot =	232

Verifica piatto

L =	mm	540	A =	mm <sup>2</sup>	5400
S <sub>p</sub> =	mm	10	W =	mm <sup>3</sup>	488000

SN = N/A =	N/mm <sup>2</sup>	-0.21
ST = V/A =	N/mm <sup>2</sup>	42.94
SM = MW =	N/mm <sup>2</sup>	63.10

$$\text{Sigma tot} = (SN^2 + SM^2 + ST^2)^{0.5} = 97.54 < 338 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto:

Par. 4.5.3.3

$$F_{w,Ed} < F_{w,Rd}$$

$$F_{w,Rd} = a \times f_{vw,d} \times a$$

$$f_{vw,d} = f_y / 3 \times 0.5 / y M2 / \beta_w$$

L =	1080 mm	F <sub>w,Ed</sub>	213.68 N/mm
a =	10 mm	f <sub>y</sub>	355 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>vw,d</sub> =	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
β <sub>w</sub> =	0.8		
	213.68 <		1821.88

Verifica parete tubolare:

$$N_{rd,i} = k_p \times f_y \times 10^2 \times (4 + 20 B^2) / y M5$$

$$M_{rd,i} = 0.5 \times N_{rd,i} \times b_i$$

N (COMB 3) =	-1 kN
M (COMB 3) =	30.67 kNm

$$N_{i,Ed} / N_{i,Rd} + M_{i,Ed} / M_{i,Rd} < 1$$

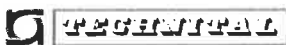
y M5 =	1	
t0 =	13.2 mm	
b i =	127.5 mm	
d 0 =	127.5 mm	
B =	1.00	
f y =	355 N/mm2	
k p =	1	coeff. = 0.32
Nrd , i =	1484524.80 N	1484.5248 kN
Mrd =	94638458 Nmm	94.64 kNm

$$\text{coef.} = 0.32$$


Punching shear

$$\sigma \times t_i < 2 \times 10 \times (f_y / 3 \times 0.5) / y M5$$

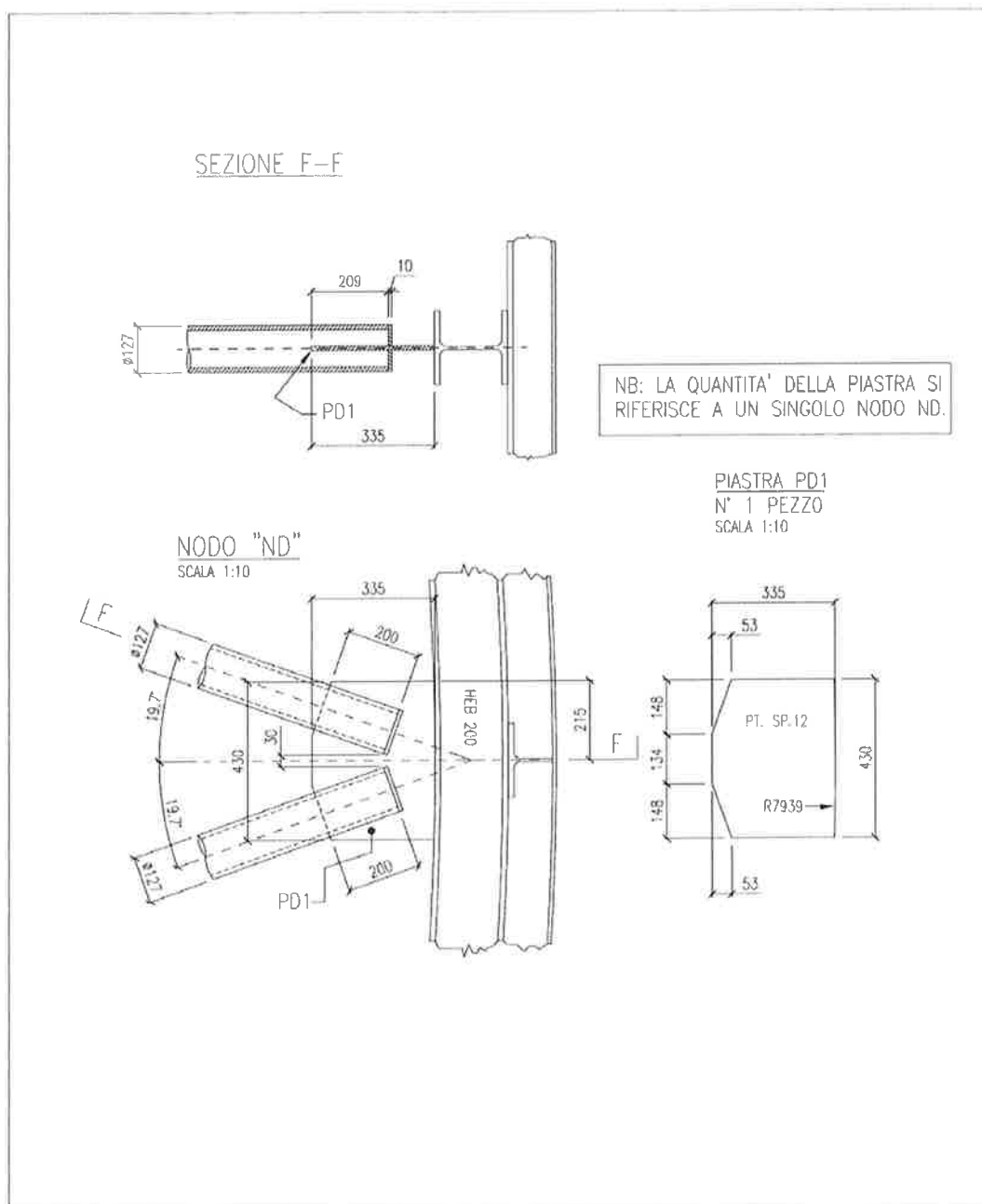
$\sigma_{res} =$	5410.93 N/mm	Punching shear
$t_i =$	10 mm	
$A =$	5400 mm <sup>2</sup>	
$\sigma = N/A =$	97.54 N/mm <sup>2</sup>	OK!
$\sigma \times t_i =$	975.41 N/mm	

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 93
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	


<b>NODO "NAD" - QUOTA - 0.825 SLM</b> <b>PIATTO VERTICALE</b> <b>COMB 3</b>																																											
<table border="1"> <tr><td>F 1 =</td><td>kN</td><td>-78</td></tr> <tr><td>F 2 =</td><td>kN</td><td>-355</td></tr> <tr><td>F 3 =</td><td>kN</td><td>0</td></tr> <tr><td>F 4 =</td><td>kN</td><td>0</td></tr> </table>	F 1 =	kN	-78	F 2 =	kN	-355	F 3 =	kN	0	F 4 =	kN	0	<table border="1"> <tr><td>M 1 =</td><td>kNm</td><td>0</td></tr> <tr><td>M 2 =</td><td>kNm</td><td>0</td></tr> <tr><td>M 3 =</td><td>kNm</td><td>-21.4</td></tr> <tr><td>M 4 =</td><td>kNm</td><td>0</td></tr> <tr><td>M tot =</td><td>kNm</td><td>-21.4</td></tr> </table>	M 1 =	kNm	0	M 2 =	kNm	0	M 3 =	kNm	-21.4	M 4 =	kNm	0	M tot =	kNm	-21.4	<table border="1"> <tr><td>Angolo su orizz.</td><td>°</td><td>-39.5</td></tr> <tr><td>Angolo su orizz.</td><td>°</td><td>39.5</td></tr> <tr><td>Angolo su orizz.</td><td>°</td><td>0</td></tr> <tr><td>Angolo su orizz.</td><td>°</td><td>0</td></tr> </table>	Angolo su orizz.	°	-39.5	Angolo su orizz.	°	39.5	Angolo su orizz.	°	0	Angolo su orizz.	°	0		
F 1 =	kN	-78																																									
F 2 =	kN	-355																																									
F 3 =	kN	0																																									
F 4 =	kN	0																																									
M 1 =	kNm	0																																									
M 2 =	kNm	0																																									
M 3 =	kNm	-21.4																																									
M 4 =	kNm	0																																									
M tot =	kNm	-21.4																																									
Angolo su orizz.	°	-39.5																																									
Angolo su orizz.	°	39.5																																									
Angolo su orizz.	°	0																																									
Angolo su orizz.	°	0																																									
<table border="1"> <tr><td>N 1 =</td><td>kN</td><td>-60</td></tr> <tr><td>N 2 =</td><td>kN</td><td>-274</td></tr> <tr><td>N 3 =</td><td>kN</td><td>0</td></tr> <tr><td>N 4 =</td><td>kN</td><td>0</td></tr> <tr><td>N tot =</td><td>kN</td><td>-334</td></tr> </table>		N 1 =	kN	-60	N 2 =	kN	-274	N 3 =	kN	0	N 4 =	kN	0	N tot =	kN	-334	<table border="1"> <tr><td>T 1 =</td><td>kN</td><td>50</td></tr> <tr><td>T 2 =</td><td>kN</td><td>-226</td></tr> <tr><td>T 3 =</td><td>kN</td><td>0</td></tr> <tr><td>T 4 =</td><td>kN</td><td>0</td></tr> <tr><td>T tot =</td><td>kN</td><td>-176</td></tr> </table>			T 1 =	kN	50	T 2 =	kN	-226	T 3 =	kN	0	T 4 =	kN	0	T tot =	kN	-176									
N 1 =	kN	-60																																									
N 2 =	kN	-274																																									
N 3 =	kN	0																																									
N 4 =	kN	0																																									
N tot =	kN	-334																																									
T 1 =	kN	50																																									
T 2 =	kN	-226																																									
T 3 =	kN	0																																									
T 4 =	kN	0																																									
T tot =	kN	-176																																									
<b>Verifica piatto</b>																																											
<table border="1"> <tr><td>L =</td><td>mm</td><td>602</td></tr> <tr><td>S<sub>p</sub> =</td><td>mm</td><td>10</td></tr> <tr><td>A =</td><td>mm<sup>2</sup></td><td>6020</td></tr> <tr><td>W =</td><td>mm<sup>3</sup></td><td>604008.67</td></tr> </table>					L =	mm	602	S <sub>p</sub> =	mm	10	A =	mm <sup>2</sup>	6020	W =	mm <sup>3</sup>	604008.67																											
L =	mm	602																																									
S <sub>p</sub> =	mm	10																																									
A =	mm <sup>2</sup>	6020																																									
W =	mm <sup>3</sup>	604008.67																																									
<table border="1"> <tr><td>SN = N/A =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>-55.62</td></tr> <tr><td>ST = V/A =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>-29.26</td></tr> <tr><td>SM = M/W =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>-35.40</td></tr> </table>					SN = N/A =	N/mm <sup>2</sup>	-55.62	ST = V/A =	N/mm <sup>2</sup>	-29.26	SM = M/W =	N/mm <sup>2</sup>	-35.40																														
SN = N/A =	N/mm <sup>2</sup>	-55.62																																									
ST = V/A =	N/mm <sup>2</sup>	-29.26																																									
SM = M/W =	N/mm <sup>2</sup>	-35.40																																									
Signia tot = (SN <sup>2</sup> + SM <sup>2</sup> + ST <sup>2</sup> ) <sup>0.5</sup> = <b>83.08</b> < 338 N/mm <sup>2</sup>																																											
<b>Verifica saldatura del piatto :</b> Par. 4.5.3.3 F <sub>w,Ed</sub> < F <sub>w,Rd</sub> F <sub>w,Rd</sub> = a x f <sub>w,d</sub> x a f <sub>w,d</sub> = f <sub>y</sub> / 3 * 0.6 / y M2 / β <sub>w</sub>																																											
<table border="1"> <tr><td>L =</td><td>mm</td><td>1204</td></tr> <tr><td>a =</td><td>mm</td><td>10</td></tr> <tr><td>f<sub>w,d</sub> =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>182.10</td></tr> <tr><td>β<sub>w</sub> =</td><td></td><td>0.9</td></tr> <tr><td>F<sub>w,Ed</sub></td><td>N/mm</td><td>423.88</td></tr> <tr><td>f<sub>y</sub> =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>355</td></tr> <tr><td>y M2 =</td><td></td><td>1.25</td></tr> <tr><td>F<sub>w,Rd</sub></td><td>N/mm</td><td>1821.66</td></tr> </table>					L =	mm	1204	a =	mm	10	f <sub>w,d</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	182.10	β <sub>w</sub> =		0.9	F <sub>w,Ed</sub>	N/mm	423.88	f <sub>y</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	355	y M2 =		1.25	F <sub>w,Rd</sub>	N/mm	1821.66															
L =	mm	1204																																									
a =	mm	10																																									
f <sub>w,d</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	182.10																																									
β <sub>w</sub> =		0.9																																									
F <sub>w,Ed</sub>	N/mm	423.88																																									
f <sub>y</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	355																																									
y M2 =		1.25																																									
F <sub>w,Rd</sub>	N/mm	1821.66																																									
<b>Verifica parete tubolare :</b> N <sub>rd,i</sub> = 5 x k <sub>p</sub> x f <sub>y</sub> x t <sup>2</sup> x (1 + 0.25 η) / y M5 M <sub>rd,i</sub> = 0.5 x N <sub>rd,i</sub> x b <sub>i</sub> N (COMB 3) = 334 kN M (COMB 3) = -21.38 kNm n <sub>p</sub> = σ <sub>p,Ed</sub> / f <sub>y</sub> M5 = <b>0.1</b>																																											
<table border="1"> <tr><td>γ M5 =</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>t<sub>0</sub> =</td><td>mm</td><td>13.2</td></tr> <tr><td>h<sub>i</sub> =</td><td>mm</td><td>602</td></tr> <tr><td>d<sub>0</sub> =</td><td>mm</td><td>127.5</td></tr> <tr><td>η = h<sub>i</sub> / d<sub>0</sub> =</td><td></td><td>4.72</td></tr> <tr><td>f<sub>y</sub> =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>355</td></tr> <tr><td>k<sub>p</sub> =</td><td></td><td>0.97</td></tr> <tr><td>N<sub>rd,i</sub> =</td><td>N</td><td>652089.65</td></tr> <tr><td>M<sub>rd,i</sub> =</td><td>Nmm</td><td>196278983.7</td></tr> <tr><td>N<sub>rd,i</sub> =</td><td>kN</td><td>652.09</td></tr> <tr><td>M<sub>rd,i</sub> =</td><td>kNm</td><td>196.28</td></tr> </table>					γ M5 =		1	t <sub>0</sub> =	mm	13.2	h <sub>i</sub> =	mm	602	d <sub>0</sub> =	mm	127.5	η = h <sub>i</sub> / d <sub>0</sub> =		4.72	f <sub>y</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	355	k <sub>p</sub> =		0.97	N <sub>rd,i</sub> =	N	652089.65	M <sub>rd,i</sub> =	Nmm	196278983.7	N <sub>rd,i</sub> =	kN	652.09	M <sub>rd,i</sub> =	kNm	196.28						
γ M5 =		1																																									
t <sub>0</sub> =	mm	13.2																																									
h <sub>i</sub> =	mm	602																																									
d <sub>0</sub> =	mm	127.5																																									
η = h <sub>i</sub> / d <sub>0</sub> =		4.72																																									
f <sub>y</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	355																																									
k <sub>p</sub> =		0.97																																									
N <sub>rd,i</sub> =	N	652089.65																																									
M <sub>rd,i</sub> =	Nmm	196278983.7																																									
N <sub>rd,i</sub> =	kN	652.09																																									
M <sub>rd,i</sub> =	kNm	196.28																																									
<b>Punching shear</b> σ <sub>x,t,i</sub> < 2 x t <sub>0</sub> x (f <sub>y</sub> / 3 * 0.5) / y M5																																											
<table border="1"> <tr><td>σ<sub>res</sub> =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>5410.33</td></tr> <tr><td>t<sub>i</sub> =</td><td>mm</td><td>10</td></tr> <tr><td>A =</td><td>mm<sup>2</sup></td><td>6020</td></tr> <tr><td>σ = N/A =</td><td>N/mm<sup>2</sup></td><td>83.08</td></tr> <tr><td>σ x t<sub>i</sub> =</td><td>N/mm</td><td>830.83</td></tr> </table>					σ <sub>res</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	5410.33	t <sub>i</sub> =	mm	10	A =	mm <sup>2</sup>	6020	σ = N/A =	N/mm <sup>2</sup>	83.08	σ x t <sub>i</sub> =	N/mm	830.83																								
σ <sub>res</sub> =	N/mm <sup>2</sup>	5410.33																																									
t <sub>i</sub> =	mm	10																																									
A =	mm <sup>2</sup>	6020																																									
σ = N/A =	N/mm <sup>2</sup>	83.08																																									
σ x t <sub>i</sub> =	N/mm	830.83																																									
<b>Punching shear</b> <b>OK!</b>																																											

 <b>TECENITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- Nodo "ND" quota -4.15 slm





	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 95
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi telaio su HEB 200

NODO "ND" - QUOTA - 4.15 BLM  
PIATTO ORIZZONTALE  
COMB 1

	kN		kNm		°
F 1 =	-202	M 1 =	0	Angolo su orizz.	-19.7
F 2 =	-247	M 2 =	0	Angolo su orizz.	19.7
F 3 =	0	M 3 =	-6.4	Angolo su orizz.	0
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0
		M tot =	-6.4		

	kN		kN
N 1 =	-190	T 1 =	68
N 2 =	-233	T 2 =	-83
N 3 =	0	T 3 =	0
N 4 =	0	T 4 =	0
N tot =	-423	T tot =	-15

Verifica piatto

	mm		
L =	430	A =	4300 mm <sup>2</sup>
Sp =	10	W =	308166.6607 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	-98.31 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	-3.53 N/mm <sup>2</sup>
SM = MW =	-20.62 N/mm <sup>2</sup>

$$\text{Sigma tot} = \{SN^2 + SM^2 + ST^2\}^{0.5} = 100.54 < 338 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto:

Par. 4.5.3.3

Fw,Ed < Fw,Rd

Fw,Rd = a x fvw,d x a

fvw,d = fy / 3 \* 0.5 / yM2 / Bw

L =	850 mm	Fw,Ed	509.20 N/mm
a =	10 mm	fy	355 N/mm <sup>2</sup>
fvw,d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>		
Bw =	0.9	y M2 =	1.25
	509.20 <	1821.86	

Verifica anima HEB200:

Nrd,i = 5 x kp x fy x 10<sup>-2</sup> x (1 + 0.25 n) / yM5

Mrd,i = 0.5 x Nrd,i x bi

N (COMB 1) =

M (COMB 1) =

coeff.:

423 kN
-6.36 kNm
2.97

y M2 = 1.05

tw = 7 mm

h = 85 mm

he = 252.63 mm


Av = 1768.38 mm<sup>2</sup>

fy = 355 N/mm<sup>2</sup>

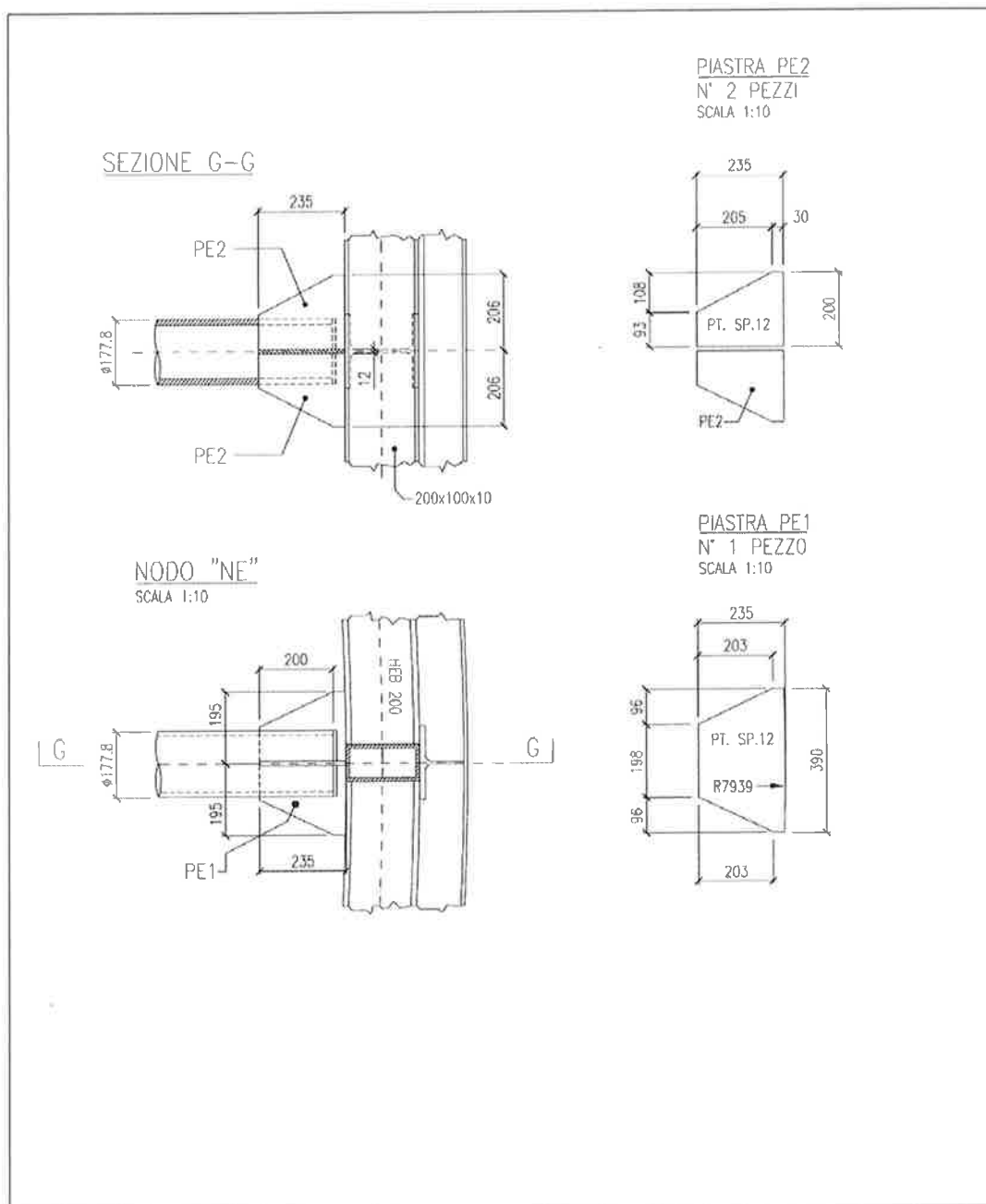
coeff. = 0.46

Nrd,i = 597880.82 N 597.88 kN


Mrd = 25409934.82 Nmm 25.41 kNm

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 96
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

- Nodo "NE" quota -4.15 slm





 <b>REGIONE VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 97
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi RHS  
Table 7.13 EC 1993-1-8

<b>NODO "NE" - QUOTA - 4.15 SLM</b>									
<b>PIATTO VERTICALE</b>									
<b>COMB 1</b>									
F 1 =	kN	-368	M 1 =	kNm	0	Angolo su orizz.	0	N 1 =	kN
F 2 =	0	M 2 =	0	Angolo su orizz.	0	N 2 =	0	T 1 =	kN
F 3 =	0	M 3 =	0	Angolo su orizz.	0	N 3 =	0	T 2 =	0
F 4 =	0	M 4 =	0	Angolo su orizz.	0	N 4 =	0	T 3 =	0
		M tot =	0			N tot =	-368	T tot =	0

Verifica piatto

L =	mm	390	A =	mm <sup>2</sup>	3900
Sp =	mm	10	W =	mm <sup>3</sup>	6500

SN = N/A =	-94.36	N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	0.00	N/mm <sup>2</sup>
SM = MW =	0.00	N/mm <sup>2</sup>

$$\text{Sigma tot} = (SN^2 + SM^2 + ST^2)^{0.5} = 94.36 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto :

Par. 4.5.3.3

Fw,Ed < Fw,Rd

Fw,Rd = a x fvw,d x a

fvw,d = fy / (3 \* 0.5 / yM2 / βw)

L =	780 mm	Fw,Ed	471.79 N/mm
a =	10 mm	fy =	355 N/mm <sup>2</sup>
fvw,d =	182.19 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
βw =	0.9		
	471.79 <	1821.86	

Verifica parete tubolare :

Nrd,i = kp x fy x 10<sup>-2</sup> x (4 + 20 B<sup>2</sup>) / yM5

Mrd,i = 0.5 x Nrd,i x bi

N (COMB 1) =

M (COMB 1) =

n = 0.0, Ed / yM5 =

Ni,ed / Ni,rd + Mi,ed / Mi,rd < 1

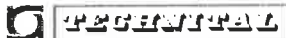
-368 kN
0 kNm
0.23

y M5 =	1
t0 =	9 mm
b 0 =	100 mm
t 1 =	10 mm
h 1 =	390 mm
fy =	355 N/mm <sup>2</sup>
km =	1.00
Nrd,i =	370822.18 N
Mrd =	18541108.85 Nmm
	370.82218 kN
	18.54 kNm
coef =	0.99

NB : IN AGGIUNTA VIENE PREVISTO UN PIATTO IRRIGIDENTE DI COLLEGAMENTO TRA IL NODO E HEB 200

Vengono aggiunti piatti irrigidenti trasversali aggiuntivi di collegamento tra nodo e HEB200.



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 99
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica nodi su elementi RHS  
Table 7.13 EC 1993-1-8

NODO "ND" - QUOTA - 0.825 SLM  
PIATTO VERTICALE  
COMB 1

	kN		kNm		°
F 1 =	63.5	M 1 =	0	Angolo su orizz.	39.7
F 2 =	-128	M 2 =	0	Angolo su orizz.	0
F 3 =	-247.5	M 3 =	0	Angolo su orizz.	-39.7
F 4 =	0	M 4 =	-14.16	Angolo su orizz.	0
		M tot =	-14.16		

	kN		kN
N1 =	40	T1 =	41
N2 =	-128	T2 =	0
N3 =	-190	T3 =	198
N4 =	0	T4 =	0
N tot =	-270	T tot =	199

Verifica piatto

	mm		
L =	656	A =	6560 mm <sup>2</sup>
Sp =	10	W =	717228.6687 mm <sup>3</sup>

SN = N/A =	-41.10 N/mm <sup>2</sup>
ST = V/A =	30.27 N/mm <sup>2</sup>
SM = MW =	-19.74 N/mm <sup>2</sup>

$$\text{Sigma tot} = (SN^2 + SM^2 + ST^2)^{0.5} = 69.48 < 339 \text{ N/mm}^2$$

Verifica saldatura del piatto :  
Par. 4.5.3.3  
Fw,Ed < Fw,Rd  
Fw,Rd = a x f<sub>w</sub>,d x a  
f<sub>w</sub>,d = f<sub>y</sub> / 3 \* 0.5 \* y M2 / βw

L =	1312 mm	Fw,Ed	356.85 N/mm
a =	10 mm	f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>w</sub> ,d =	182.18 N/mm <sup>2</sup>	y M2 =	1.25
βw =	0.9		
	356.85 =	1821.86	

Verifica parete tubolare :

N<sub>rd</sub> = k<sub>p</sub> x f<sub>y</sub> x 10<sup>-2</sup> x (4 + 20 B<sup>2</sup>) / y M5  
M<sub>rd</sub> = 0.5 x N<sub>rd</sub> / x b


N (COMB 1) = -270 kN  
M (COMB 1) = -14.16 kNm  
n = 0.0, Ed / f<sub>y</sub> y M5 = 0.23

N<sub>ed</sub> / N<sub>rd</sub> + M<sub>ed</sub> / M<sub>rd</sub> < 1

y M5 =	t
b 0 =	9 mm
b 0 =	100 mm
t 1 =	10 mm
	h t = 656 mm
f <sub>y</sub> =	355 N/mm <sup>2</sup>
k m =	1.00
	coeff. = 1.02
N <sub>rd</sub> =	540968.15 N
M <sub>rd</sub> =	27048307.58 Nmm
	54096815 kN
	27.05 kNm

NB : IN AGGIUNTA VIENE PREVISTO UN PIATTO IRRIGIDENTE DI COLLEGAMENTO TRA IL NODO E HEB 200

Vengono aggiunti piatti irrigidenti trasversali aggiuntivi di collegamento tra nodo e HEB200.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 100
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

## 12. VERIFICHE CHIAVISTELLO DI FISSAGGIO

Il chiavistello di fissaggio dovrà essere in grado di rispondere ad un'azione in direzione X perpendicolare all'asse conca in grado di equilibrare il momento dato dall'urto di un natante in corrispondenza del telaio reggi-fender,  $P = 191 \text{ kN}$  (si veda a tal proposito la relazione di calcolo MV048P-PE-CAR-6024).

Il chiavistello è realizzato tramite un cilindro oleodinamico con corsa di circa 240 mm che innesta un elemento cilindrico  $\Phi 140$  che va in contatto con una piastra inghisata nelle opere civili della conca nei pressi della battuta laterale della porta a quota +2.60 slmm. L'eventuale azione che tende ad aprire la porta trova riscontro nell'elemento che blocca l'apertura della porta.

Il cilindro che avrà un angolo di  $40^\circ$  rispetto all'asse X lavorerà, grazie alla presenza di una piastra di contrasto ed un anello di guida del chiavistello, sostanzialmente sotto azioni assiali, mentre gli effetti di taglio e flessione saranno invece assorbiti dagli elementi guida solidali alle porte.

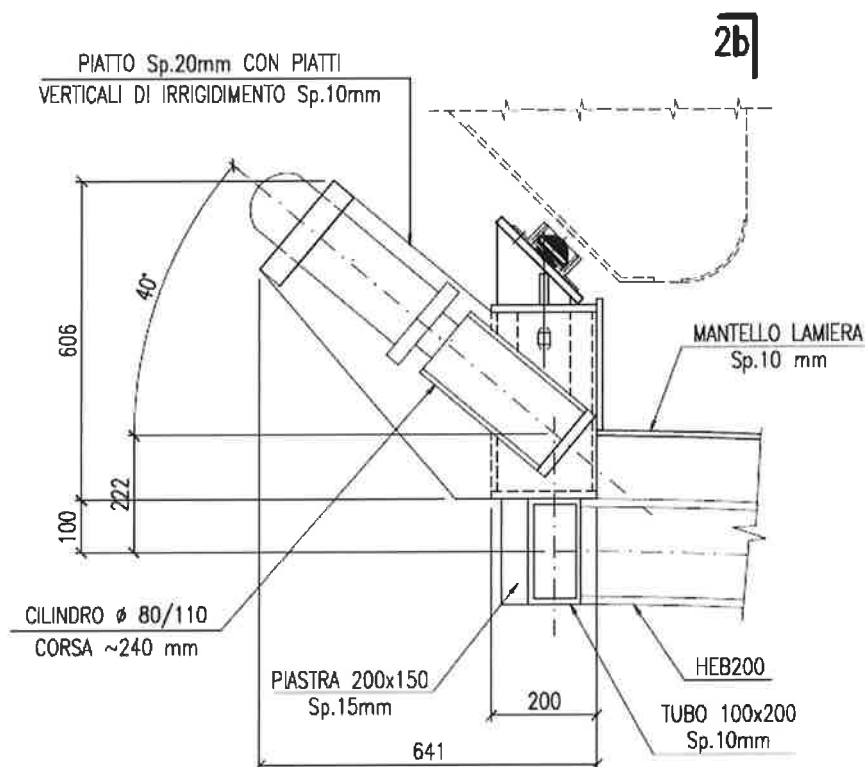



FIG. 12.1 - CHIAVISTELLO DI BLOCCO DELLE PORTE

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 101
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Verifica chiavistello :

$\Phi$  140 :

$$A = 15400 \text{ mm}^2$$

$$W_{PL} = 457000 \text{ mm}^3$$

$$f_y = 240 \text{ N/mm}^2$$

Azione assiale :

$$N_{Sd} = 1.5 \times 191 \times \sin 50^\circ = 219.5 \text{ kN}$$

Azione di taglio :

$$V_{Sd} = 1.5 \times 191 \times \sin 40^\circ = 184.1 \text{ kN}$$

Considerando un braccio di circa 40 cm (all'incastro della piastra di guida) :

$$M_{Sd} = V_{Sd} \times 0.4 = 73.6 \text{ kNm}$$

$N_{Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0} = 3520 \text{ kN} > 0.25 N_{Sd}$  non si considerano riduzioni alla resistenza plastica flessionale


$V_{sd} = A \times f_y / \sqrt{3} \gamma_{M0} = 2032 \text{ kN} < 0.5 V_{Sd}$  non è necessario tenere conto degli effetti del taglio nella verifica della sezione

$$M_{Rd} = W_{PL} \times f_y / \gamma_{M0} = 104 \text{ kNm} > M_{Sd}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} + M_{Sd} / M_{Rd} = 0.77 < 1$$

In caso di azioni sensibilmente superiori, anche al fine di evitare danni alla struttura della porta, dovrà essere prevista una valvola di massima pressione per lo stacco del martinetto.



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 103
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

I piatti di tenuta saranno sottoposti ad azioni derivate dal dislivello idraulico di monte e di valle e dalle reazioni alle pressioni determinate dalle guarnizioni.

In particolare considerando una pressione massima di gonfiaggio di 3 bar, per un piatto sp 8 mm (2 mm sono spessori di sacrificio) con 20 cm di sbalzo si avrà su 1 metro di lunghezza :

$$W = b \times h^2 / 6 = 10666 \text{ mm}^3; A = 1000 \times 8 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$p = 0.3 \text{ N/mm}^2$$

$$M = 1.5 \times 0.3 \times 1000 \times 200 / 2 = 45000 \text{ Nmm}$$

$$T = 1.5 \times 0.3 \times 1000 \times 200 = 90000 \text{ N}$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{W}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{A}\right)^2} \ll f_y / \gamma_{M0}$$

I supporti sono connessi con bullonature A4-70 M14/500 mm considerando Ares = 115 mm<sup>2</sup>, si avrà, per una tenuta gonfiabile larga 100 mm:

$$F_{Ed} = 1.5 \times 0.3 \times 500 \times 100 = 22.5 \text{ kN}$$

Resistenza a taglio dell'elemento :

$$F_{v,Rd} = 0.6 \times A \times F_u / \gamma_{M2} = 40.3 \text{ kN} < F_{Ed}$$

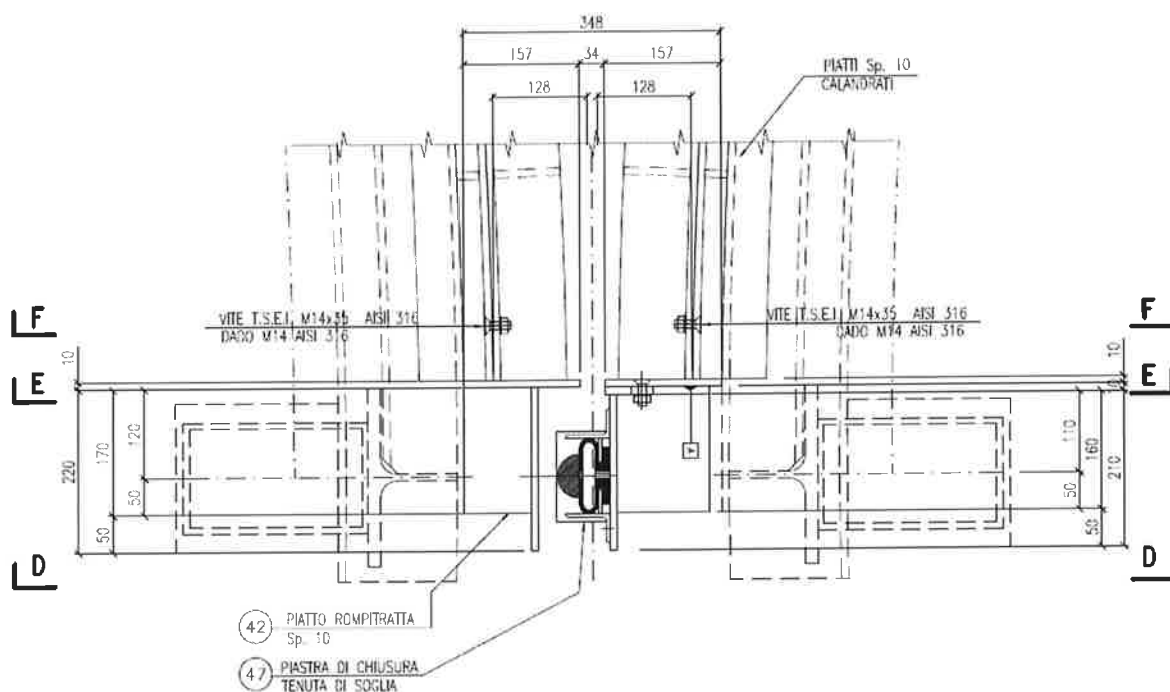



Fig. 13.2 - Tenute verticale sull'asse conca

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 104
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Sulla tenuta verticale centrale, dove potrà verificarsi dell'azione flettente, i bulloni M14 sono posti ad interasse di 250 mm tra loro; valutando un'eccentricità del carico di circa 120 mm ed un braccio di tira/spingi del bullone di circa 70 mm :

Azione agente di taglio e resistenza :

$$F_{Ed} = 1.5 \times 0.3 \times 250 \times 100 = 11.3 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 \times A \times F_u / \gamma_{M2} = 40.3 \text{ kN}$$

Azione agente a trazione e resistenza :

$$N_{Ed} = F_{Ed} \times 0.12 / 0.07 = 19.4 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 0.9 \times A \times F_u / \gamma_{M2} = 60.4 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} / F_{v,Rd} + N_{Ed} / (1.4 \times N_{Rd}) = 0.51 < 1$$

La verifica è soddisfatta.

I supporti delle tenute verticali laterali sono invece fissate con passo 500 mm su coppie di bulloni M20 ad interasse di 90 mm, che devono assorbire azioni flettenti della componente tagliante su un braccio massimo di 250 mm

$$A_{res} = 245 \text{ mm}^2 :$$

Azione agente di taglio e resistenza :

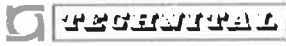
$$F_{Ed1} = 1.5 \times 0.3 \times 500 \times 100 = 22.5 \text{ kN}$$

$$F_{Ed2} = F_{Ed1} / 1.41 \times 250 / 90 = 44.2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 \times A \times F_u / \gamma_{M2} = 85.7 \text{ kN} > F_{Ed1} + F_{Ed2}$$

La verifica è soddisfatta.



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 105
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

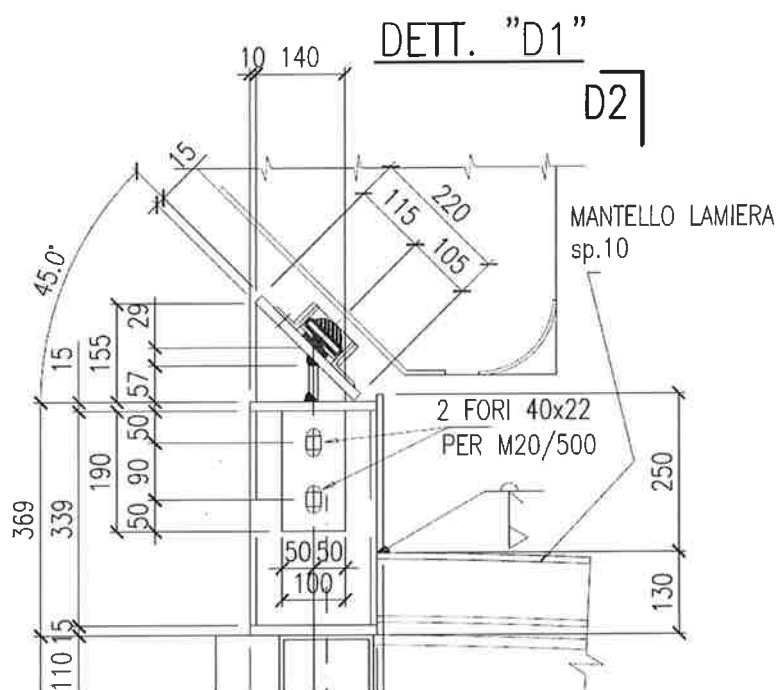
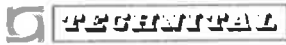


Fig. 13.3 - Rappresentazione tenuta laterale e supporti



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6025	Pag. n. 107
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI SECONDARI E DI DETTAGLIO	

Considerando a vantaggio di sicurezza che tutte le aree coperte dalle guarnizioni non gonfiabili possano comunque avere una perdita media di 1 mm e che la stessa cosa si possa verificare su una porzione di 1/10 delle tenute gonfiabili, si avrebbe una superficie totale di perdita su un ingresso (per una coppia di porte) pari a :

Zona non coperta da guarnizioni in asse conca :

$$A_1 = 40 \times 36 = 1440 \text{ mm}^2$$

zone non coperte da guarnizioni lateralmente :

$$A_2 = 40 \times 45 \times 2 = 3600 \text{ mm}^2$$

perdita di 1 mm per zone coperte da guarnizioni fisse :

$$A_3 = 1000 \times 1 = 1000 \text{ mm}^2$$

perdita di 1mm su 1/10 delle guarnizioni gonfiabili :

$$A_4 = 1/10 \times (13000 \times 2 + 8000 \times 3) \times 1 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$A_p = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 11040 \text{ mm}^2 = 0.01104 \text{ m}^2$$

Considerando un dislivello massimo  $\Delta H = 2 \text{ m}$  con cicli di concata di 20 minuti in cui la porta deve mantenere il dislivello :

$$A_{\text{conca}} = 2917 \text{ m}^2$$

Area della conca (camera + recessi)

$$q = \mu A_1 \sqrt{2g\Delta H} = 0.038 \text{ m}^3/\text{s}$$

con  $\mu = 0.55$

$$V = q \times \Delta T = 45.6 \text{ m}^3$$

in 20 minuti di concata

$$\Delta h = V / A_{\text{conca}} = 15.6 \text{ mm}$$

dislivello misurato in 20 minuti

Il dislivello causato dalle perdite risulta essere accettabile.