

## **Studio Tecnico Navale**

**Dott. Ing. Carmelo Leonardo Telesca**  
**Via Adamello, 6 - 28100 Novara - Tel/Fax 0321.520241**  
**[www.studiotelesca.it](http://www.studiotelesca.it)      info@studiotelesca.it**  
**C.F. TLSCML52L18F952N      P.IVA 01769380039**

# **IDROVIA LOCARNO – MILANO - VENEZIA**

***ATTRACCO DI INTERSCAMBIO DI ARONA  
PER IMBARCAZIONI DA TRASPORTO PASSEGGERI***

**PROGETTO PRELIMINARE  
RELAZIONE TECNICA**

## **SOMMARIO**

1. Specifiche tecniche	pag. 3
2. Verifica di stabilità pontone	pag. 8
3. Verifiche strutturali	pag. 9
5. Elenco degli allegati	pag. 23

## **SPECIFICHE TECNICHE**

### ***Generalità***

Nel seguito si dimensioneranno le opere costituenti un sistema atto a garantire l'approdo e l'ormeggio di imbarcazioni da trasporto passeggeri aventi dislocamento massimo pari a 30 tonn. Tale sistema, è costituito da un pontone galleggiante, vincolato a due pali di ancoraggio, che gli consentono la sola escursione verticale conseguente alla variazione del livello del lago e da una passerella di accesso al pontone, incernierata a riva e scorrevole sul pontone tramite pattini.

### ***Pontone***

Il pontone è realizzato con uno scafo in acciaio Fe 430, avente lunghezza 12 m., larghezza 3 m., altezza di costruzione 1.25 m..

Il fasciame ha uno spessore di 4mm.; la struttura è di tipo longitudinale, con anelli di rinforzo ogni 1500 mm, costituiti da profilati ad L 120 x 80 x 8 mm. Una paratia stagna dello spessore di 4 mm, rinforzata con montanti ad L 50 x 50 x 6 mm, divide lo scafo in due compartimenti, accessibili dalla coperta tramite boccaportelli a chiusura stagna di dimensioni 600x400 mm.

Sulla fiancata del pontone lato attracco, sono imbullonati un congruo numero di parabordi verticali di gomma, aventi una sezione a "D", in grado di assorbire buona parte dell'energia cinetica da attracco imbarcazioni e di proteggere il pontone da deterioramento per urto e sfregamento.

Sul ponte coperta, la zona a disposizione dei passeggeri è rivestita in legno antiscivolo ed è perimetrata da un parapetto di altezza 1000 mm, i cui montanti e traverse sono costituito da tubolari 50x50x3 et il corrimano da tubolare 100x50x3.

Lungo il perimetro del ponte sono fissate un adeguato numero di bitte per l'attracco delle imbarcazioni.

Due sovrastrutture in doghe di legno (il tetto dovrà inoltre essere rivestito in lamiera d'acciaio zincata), poste specularmente alle estremità del pontone ed aventi dimensioni 2 m. x 1.7 m., sono adibite, l'una a servizio igienico (idoneo anche a persone diversamente abili), l'altra a biglietteria.

Nello scafo, in corrispondenza del servizio igienico, è posizionato un serbatoio di raccolta delle acque nere, che viene periodicamente svuotato da impresa del settore; l'acqua bianca (eventualmente potabile) sarà invece prelevata dalla vicina rete idrica cittadina.

Per rendere visibile l'ingombro del pontone nelle ore notturne od in quelle diurne nebbiose, vi sono due luci bianche visibili per 360°, con portata di 1 miglio, con accensione da fotocellula crepuscolare, posizionate su un supporto, lato lago, ad altezza di 3 m dalla coperta.

Per prevenire fenomeni di corrosione galvanica, sono imbullonati alla carena un adeguato numero di pani di magnesio aventi funzione di anodi sacrificali.

Al fine di controbilanciare l'effetto sbandante dovuto al peso proprio della passerella, è previsto lo zavorramento del pontone; la massa e la posizione effettiva di tale zavorra (in pani di acciaio o di cemento), per ora stimata in 1300 Kg., potranno essere esattamente determinate quando il complesso pontone- passerella sarà in opera.

### **Caratteristiche tecniche pontone**

Tipologia scafo: scafo singolo  
 Materiale di costruzione: acciaio Fe 430 B  
 Fascia navigazione: acque interne e promiscue  
 Impiego: attracco per imbarcazioni da trasporto passeggeri

Lunghezza fuori tutto	Lft	12.00 m.
Larghezza massima	Bmax	3.00 m.
Altezza di costruzione	D	1.25 m.
Immersione media pontone scarico	Tmv	0.26 m.
Immersione media a p. c.	Tm pc	0.42 m.
Bordo libero a pieno carico a centro galleggiante	BL	0.83 m.
Stazza lorda presunta	SL	10.35 tsl.
Dislocamento pontone scarico (comprese 1.3 t zavorra fissa)	$\Delta s$	9.50 t.
Dislocamento a pieno carico	$\Delta pc$	15.00 t.
Portata	P	4.50 t.
Persone imbarcabili	N°	60

### **Passerella**

La passerella ha luce di 11,50 m, una larghezza utile di passaggio pari a 1,20 m ed un'altezza utile al passamano di 1,2 m circa. La struttura è costituita da travi reticolari accoppiate utilizzando i passamano come correnti compressi con diaframmi di collegamento trasversale per contrastare le azioni torcenti. Correnti, montanti e diagonali sono tutti in tubolare quadro/rettangolare 200x100x4, 100x50x3, 60x60x4, 50x50x3; per sostenere il piano di calpestio, in doghe di legno antiscivolo, viene inserito nella mezzeria della passerella un profilo a T 50x50x3.

Per seguire l'escursione di livello del lago, i vincoli strutturali della passerella consentono, sul lato pontone lo scorrimento trasversale tramite pattini, mentre sul lato riva la rotazione tramite cerniera. L'acciaio considerato è S235JR EN10025 (Fe360) e la bulloneria 8.8.

### ***Pali di ancoraggio***

Il giorno 16 Aprile 2011, sotto la guida dello scrivente, è stata effettuato un rilevamento subacqueo dell'area interessata dall'attracco, le cui risultanze sono riportate nella tav. 03 allegata alla presente. E' stata anche rilevata la natura del fondale, che per una profondità di almeno 2 m. non è consistente, in quanto costituito da materiale di riporto.

I pali di ancoraggio, in acciaio di diametro 500 mm e spessore 15 mm, hanno una altezza di 20 m. cadauno, dei quali, in conseguenza di quanto su detto, circa 10 m. dovranno essere infissi nel fondale tramite adeguata attrezzatura (pontone munito di battipalo, oppure da banchina con gru munita di mazza vibrante).

I pali in oggetto sono resi solidali al pontone tramite 2 anelli in profilati d'acciaio UPN 200, posti alle estremità dello stesso. Gli anelli sono rivestiti internamente da distanziali in teflon, a contatto dei quali scorrono verticalmente i pali, permettendo quindi al pontone di seguire l'escursione di livello del lago.

### ***Piattaforma montascale per disabili***

Per superare la barriera architettonica costituita dalla preesistente rampa di scale in pietra, viene fissata alla stessa una piattaforma ribaltabile, che consente ai diversamente abili in carrozzella di accedere alla passerella e da questa, accompagnati dal personale di servizio, al pontone per l'imbarco sulle motonavi.

La piattaforma è inoltre fissata alle guide mediante due carrelli scorrevoli ed è provvista di alettoni di sicurezza sul lato di imbarco e sbarco, nonché barre di protezione anti-caduta.

Le guide di scorrimento sono in tubo di acciaio del diametro di mm 50 complete di ancoraggi e opportunamente sagomate per seguire il percorso della scala.

Il gruppo di traino è costituito da motoriduttore con motore autofrenante di potenza adeguata.

Il quadro di manovra è completo di finecorsa di salita /discesa e blocchi di sicurezza.

### ***Totem distintivi e portale d'ingresso al pontone***

Viene proposto, quale segno distintivo del servizio pubblico su acqua, Locarno – Milano, il logo descritto nella relazione illustrativa.

Il logo, di colore verde, viene riportato, sia sul portale d'ingresso al pontone galleggiante, sia su due supporti a "bandiera", fissati ai due montanti che si innalzano dai corrimano d'accesso alla rampa di scale, nonché su di un supporto tridimensionale fissato al selciato del lungolago in prossimità dell'attracco.

In particolare il portale d'ingresso al pontone, in tubolare d'acciaio (2"), ha un'altezza totale dal ponte di circa 3 metri e riporta il logo, su un supporto orizzontale di materiale sintetico o metallico, stampato su entrambe i lati.

### ***Finitura superficiale***

Le parti in carpenteria metallica di pontone, passerella e struttura di supporto passerella a banchina, prevedono il seguente ciclo di finitura: sabbiatura di grado 2.5, applicazione di una mano di primer di fondo epossidico e due mani di smalto epossidico, ad eccezione della parte interna del pontone a cui, dopo decapaggio, viene applicata una mano di primer di fondo epossidico e una mano di smalto sintetico. Si ritiene che il colore "canna di fucile" della vernice ben si adatti al contesto dell'attracco.

### ***Impianto elettrico***

E' previsto l'allacciamento alla vicina rete di alimentazione, e l'installazione del relativo quadro elettrico per i seguenti servizi:

- piattaforma per disabili
- luci bianche di posizione pontone, con funzionamento a fotocellula crepuscolare
- luci per servizio igienico e biglietteria

### ***Trasporto e assemblaggio***

E' stata prevista la costruzione in due parti della passerella, onde permettere un agevole trasporto sul luogo dell'utilizzo; il montaggio avviene tramite flange bullonate sul lungolago prospiciente l'approdo.

Le sovrastrutture in legno sono assemblate in cantiere e fissate al pontone in acqua; analogamente il portale e il parapetto del pontone possono essere imbullonate in loco agli opportuni bicchieri preventivamente saldati sul ponte.

E' da prevedere l'utilizzo di una gru di portata adeguata e soprattutto dotata di uno sbraccio di circa 20 metri, per procedere alle operazioni di alaggio dei manufatti in posizione di lavoro.

### ***Manutenzione***

- Parti in carpenteria metallica

I suddetti componenti dovranno essere periodicamente (in media ogni 5 -10 anni) controllati e sottoposti ad un nuovo ciclo di finitura superficiale: asportazione vernice preesistente+

applicazione mano di fondo epossidico+ 2 mani di smalto epossidico. In particolare il pontone dovrà, in tali occasioni, essere tirato in secca.

- Parti in legno

1. piano di calpestio pontone e passerella: le doghe in essenza di legno esotico (tipo yellow balau) non necessitano di particolari trattamenti di manutenzione;
2. sovrastrutture adibite a servizi igienici e biglietteria: il rivestimento in doghe di legno (abete) devono essere periodicamente (ogni tre anni) sottoposti ad un nuovo ciclo di finitura (spazzolatura e verniciatura).

- Pontone

Devono effettuarsi ispezioni frequenti dei due compartimenti stagni, attraverso i passi d'uomo del ponte, onde accertarsi della eventuale presenza di infiltrazioni di acqua, di fenomeni corrosivi o di cricche; il fasciame esterno deve essere periodicamente sottoposto ad accurata ispezione visiva. Devono inoltre essere periodicamente ispezionati e sostituiti gli anodi sacrificali.

- Cuscinetti volventi

Materiali adatti ed intervalli di manutenzione regolari sono le premesse alla lunga durata dei cuscinetti volventi.

Benché a pari condizioni d'uso la necessità di lubrificazione di un cuscinetto volvente sia notevolmente inferiore a quella richiesta dalle bronzine, su tutte le superfici di contatto deve essere sempre presente un sufficiente quantitativo di lubrificante in modo tale da garantire la formazione di un film protettivo verso l'usura e la corrosione oltre che favorire il deflusso dell'eventuale calore formatosi.

I cuscinetti volventi sono adatti alla lubrificazione con grasso e con olio sebbene la lubrificazione a grasso abbia costi decisamente inferiori per l'abbattimento delle lavorazioni necessarie alla formazione delle "tenute".

### ***Revisioni periodiche***

Avendo il pontone una stazza lorda minore di 25 tsl, dopo il collaudo iniziale, non è tenuto ad essere sottoposto a controlli periodici, fatta salva la prerogativa delle Autorità competenti per territorio, di sottoporre lo stesso ad ulteriori controlli qualora sussistano seri dubbi circa la sua integrità o nel caso vi siano state apportate variazioni architettoniche e/o strutturali significative.

## VERIFICA STABILITA' PONTONE

Essendo il galleggiante vincolato meccanicamente ai pali di ancoraggio, che gli permettono le escursioni verticali, si possono ipotizzare sbandamenti trasversali assolutamente trascurabili; viene quindi verificata la sola galleggiabilità.

### Caso 1°: pontone scarico

In queste condizioni il pontone ha le seguenti caratteristiche idrostatiche :

Dislocamento	9.50 t.
Immersione	0.26 m
Bordo libero	0.99 m
Altezza del Centro di Carena dalla Linea di Costruzione	0.13 m
Altezza del Metacentro Trasversale dalla Linea di Costruzione	2.84 m
Altezza del baricentro dalla linea di costruzione	1.50 m
Altezza Metacentrica Trasversale (r-a)	1.47 m

### Caso 2°: pontone a pieno carico

Nelle condizioni di carico massimo il pontone ha le seguenti caratteristiche idrostatiche :

Dislocamento	15.00 t.
Immersione	0.42 m
Bordo libero	0.83 m
Altezza del Centro di Carena dalla Linea di Costruzione	0.21 m
Altezza del Metacentro Trasversale dalla Linea di Costruzione	1.80 m
Altezza del baricentro dalla linea di costruzione	1.61 m
Altezza Metacentrica Trasversale (r-a)	0.40 m

Verificato in quanto le norme RINA per la stabilità prescrivono:

- altezza metacentrica iniziale  $(r-a) > 0.15 \text{ m.}$
- Bordo Libero  $B.L. > 0.20 \text{ m.}$



## VERIFICHE STRUTTURALI

### INDICE

- 1) Verifica dei pali di ancoraggio.
- 2) Verifica del pontone.
- 3) Verifica della passerella.
- 4) Verifica del supporto passerella a banchina.
- 5)

### 1) VERIFICA DEI PALI DI ANCORAGGIO

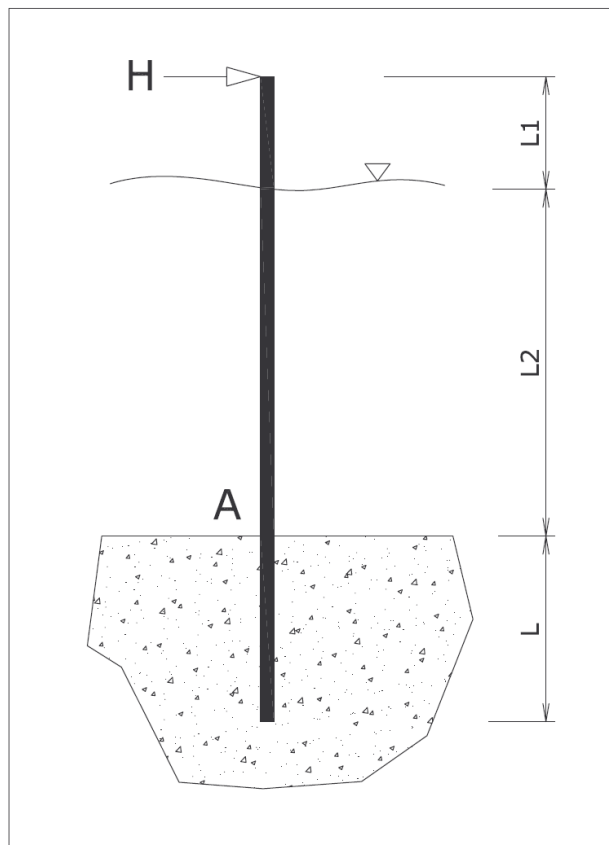
Si analizza la capacità dei pali di assorbire l'urto dovuto all'impatto con una imbarcazione durante la fase di attracco.

Il calcolo risulta composto dalle seguenti fasi:

- 1) Calcolo della forza di impatto dell'imbarcazione;
- 2) Calcolo della resistenza del palo all'urto con il metodo degli SLU;
- 3) Calcolo della forza massima sopportabile dal terreno ove risulta inserito il palo mediante il metodo di Broms.

Per il calcolo si considera il dislocamento a pieno carico dell'imbarcazione  $\Delta = 30$  ton ed una velocità in accosto dell'imbarcazione di 0,5 m/s (circa 1 nodo).

Lo schema di calcolo da prendere in considerazione risulta indicato sotto.



Il valori indicati in figura con i quali viene eseguito il calcolo risultano i seguenti:

$L1 = 1,5$ m	distanza tra pelo libero e spinta dell'imbarcazione
$L2 = 6$ m	lunghezza del palo immerso
$L = 10$ m	lunghezza del palo inserito nel terreno

NOTE:

- 1) Si considera una lunghezza del palo immerso di  $L_2 = 6$  m in quanto oltre a tale livello il pontile risulta inutilizzabile;
- 2) Si considera un iserimento reale nel terreno del palo pari a  $L = 10$  m e un iserimento efficace pari a  $L' = 8$  metri da cui si ha  $L_2' = 8$  m, cioè tiene conto del fatto che i primi 2 metri di fondale sono inefficaci dal punto di vista della resistenza dovuta alla spinta orizzontale.

Con  $H$  viene infine indicata la spinta orizzontale agente sul palo e con  $\varnothing = 500 \times 15$  mm il diametro dei pali di ancoraggio.

Si esegue inizialmente il calcolo dell'energia cinetica dell'imbarcazione che il palo assorbe durante l'urto:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Ove  $m$  è la massa che risulta essere pari a 30000 kg mentre la velocità risulta di 0,5 m/s, si ottiene:

$$E_c = \frac{1}{2} \times 30000 \times 0,5^2 = 3750 \text{ J}$$

Essendo il numero dei pali pari a 2 si ottiene che l'energia che deve essere assorbita da un palo durante la fase di attracco risulta:

$$E_{cp} = E_c / 2 = 3750 / 2 = 1675 \text{ J}$$

Si ipotizza che l'energia cinetica viene assorbita attraverso un urto elastico dal palo che si comporta come una molla la cui costante elastica può essere ottenuta dall'analisi di una trave a sbalzo. Il valore della costante elastica in tale caso risulta:

$$K = 3 \times E \times J / l^3$$

Ove:  $E = 206000 \text{ N/mm}^2$  modulo di elasticità (acciaio)

$$J = (3,14/64) \times (D_e^4 - D_i^4) = (3,14/64) \times (500^4 - 470^4) = 6,72 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$l = L_1 + L_2' = 9500 \text{ mm}$$

Si ottiene:

$$K = 3 \times 206000 \times 6,72 \times 10^8 / 9500^3 = 484 \text{ N/mm}$$

Il valore dell'energia assorbita da una trave a sbalzo che si comporta come una molla risulta:

$$E_i = K \times f^2 / 2$$

Ove  $f$  risulta la freccia della trave a sbalzo paragonabile con la compressione della ipotetica molla. Dalla relazione inversa si ottiene la freccia massima durante l'impatto ipotizzando che l'energia cinetica  $E_c$  venga tramutata interamente in energia interna  $E_i$ , si ottiene:

$$f = (2 \times E_{cp} / K)^{0,5} = (2 \times 1675000 / 484)^{0,5} = 83,2 \text{ mm}$$

Si ricava ora la forza massima agente durante l'urto:

$$H = K \times f = 484 \times 83,2 = 40269 \text{ N}$$

Si verifica ora il palo allo SLU mediante Eurocodice 7.

Il valore della sollecitazione applicata deve essere amplificata di un opportuno coefficiente che per sollecitazioni variabili può essere assunto pari a  $\gamma_F = 1,35$ , si ottiene:

$$F = \gamma_F \times H = 1,35 \times 40269 = 54363 \text{ N}$$

Le caratteristiche generiche dell'acciaio utilizzato risultano:

- modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale  $G = E / 2(1 + \nu) \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson  $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$   
(per temperature fino a  $100 ^\circ\text{C}$ )
- densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti e lamiere devono appartenere a uno dei tipi previsti nella norma EN 10025-1÷6.

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro			Fe 360 <sup>1)</sup> (Fe 37)	Fe 430 <sup>1)</sup> (Fe 44)	Fe 510 <sup>1)</sup> (Fe 52)
$f_t$	$R$	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione N/mm <sup>2</sup>			≥ 360	≥ 430	≥ 510
$f_y$	$R_s$	Tensione (carico unitario) di snervamento N/mm <sup>2</sup>			≥ 235 <sup>2)</sup>	≥ 275 <sup>2)</sup>	≥ 355 <sup>3)</sup>
KV	KV	Resilienza KV J	B	+ 20 °C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C	0 °C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D	- 20 °C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
$\epsilon_t$	A	Allungamento percentuale a rottura ( $L_0 = 5,65 \sqrt{A_0}$ )					
		— per lamiere — per barre (laminati mercantili), profilati, larghi piatti			≥ 26 <sup>4)</sup> ≥ 28 <sup>4)</sup>	≥ 23 <sup>4)</sup> ≥ 24 <sup>4)</sup>	≥ 21 <sup>4)</sup> ≥ 22 <sup>4)</sup>

1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 ed Fe 510 nei gradi B, C e D della UNI 7070, anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

2) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm<sup>2</sup>; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm<sup>2</sup>; per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm<sup>2</sup>.

3) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 30 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm<sup>2</sup>; per spessori maggiori di 30 mm fino a 50 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm<sup>2</sup>.

4) Per spessori fino a 40 mm; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione dell'1%; per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione del 2%.

Il materiale utilizzato nel nostro caso è Fe430 (S275EN 10025) da cui:

SOLLECITAZIONE A ROTTURA:  $f_u=430 \text{ N/mm}^2$

SOLLECITAZIONE DI SNERVAMENTO:  $f_y=275 \text{ mm}^2$

La resistenza di calcolo risulta:  $f_d(275) f_y / \gamma_M = 275 / 1,15 = 239 \text{ N/mm}^2$

Il coefficiente riduttivo dato dall' Eurocodice 7 per tale situazione risulta pari a  $\gamma_M=1,15$ .

Il valore del momento flettente massimo agente sulla trave a sbalzo risulta:

$$M = F \times l = 54363 \times 9500 = 5,16 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Il valore del momento d'inerzia risulta:

$$J = (3,14/64) \times (D_e^4 - D_i^4) = (3,14/64) \times (500^4 - 470^4) = 6,72 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Il valore del modulo di resistenza a flessione risulta:

$$W = J \times 2 / D_e = 6,72 \times 10^8 \times 2 / 500 = 2,69 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Il valore della sollecitazione agente sul palo risulta:

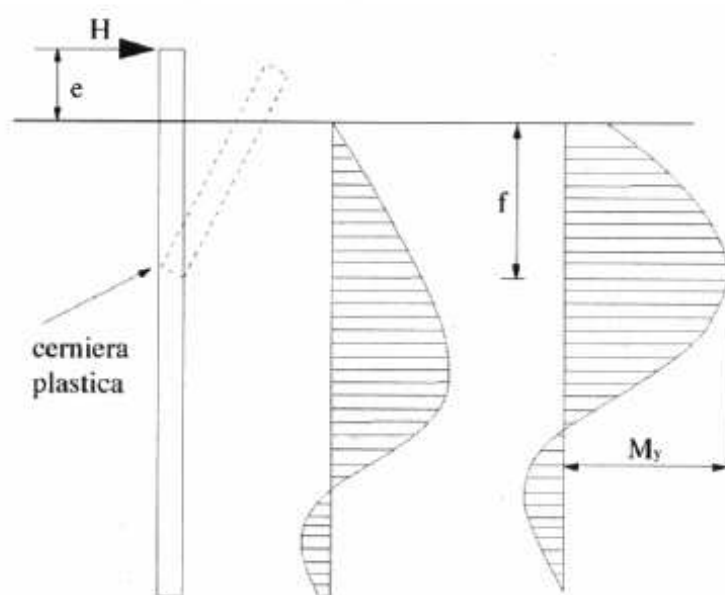
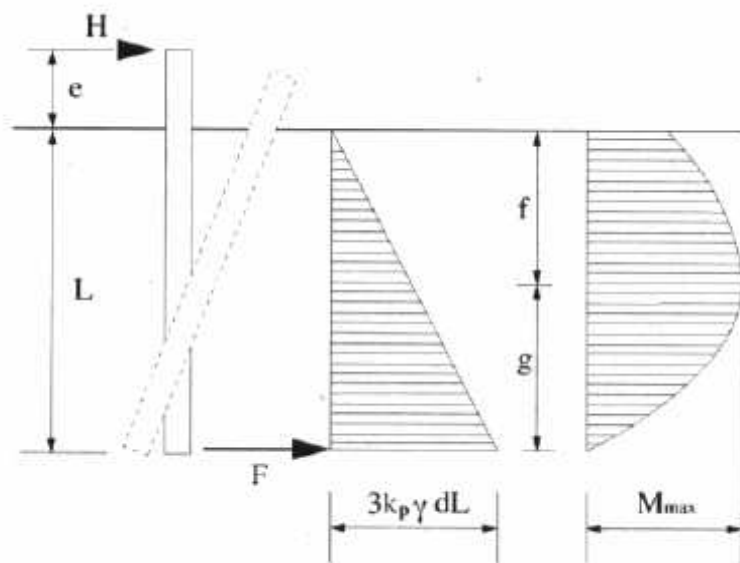
$$\sigma = M / W = 5,16 \times 10^8 / 2,69 \times 10^6 = 192 \text{ N/mm}^2$$

Per la verifica si ottiene:

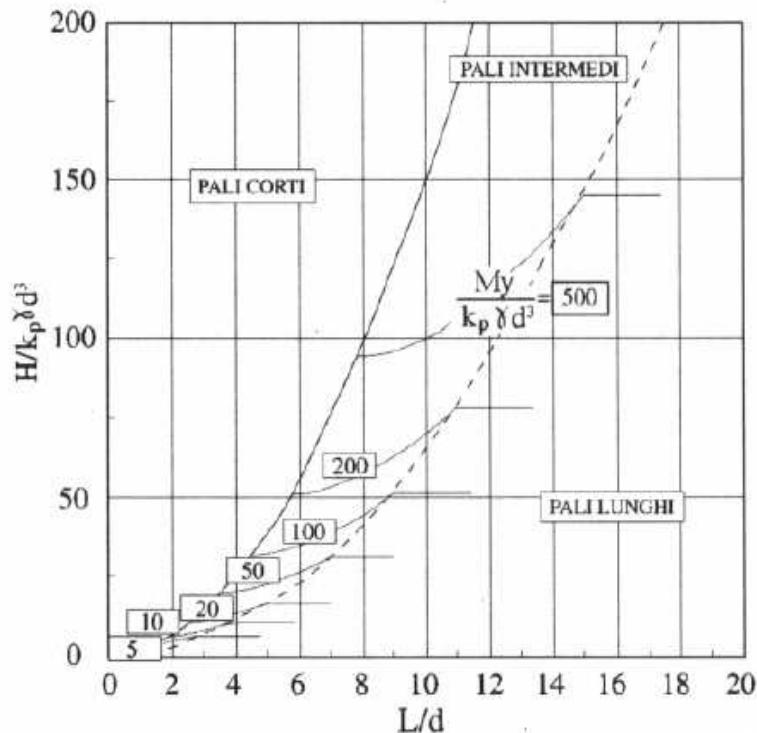
$$\sigma = 192 \text{ N/mm}^2 < f_d = 239 \text{ N/mm}^2$$

Si esegue ora il calcolo della forza limite  $H_{lim}$  che risulta possibile applicare in funzione della resistenza del terreno ove risulta inserito il palo mediante il metodo di Broms.

Nelle figure sotto riportate sono indicati i diagrammi della forza massima applicata sul terreno e del momento flettente applicato sul palo nel caso di forza orizzontale  $H$  applicato a una testa libera.



Per ottenere il valore della forza orizzontale massima applicabile sulla testa del palo risulta necessario l'applicazione dell'abaco di Broms che risulta rappresentato nella figura seguente.



I valori necessari per l'utilizzo del diagramma risultano i seguenti:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| a) rapporto lunghezza/diametro: | $L/d = 9500 / 500 = 19 (*)$            |
| b) peso specifico del terreno   | $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$           |
| c) fattore $K_p$                | $K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi/2) = 4$ |

Il valore del momento flettente  $M_y$  risulta:

$$M_y = W \times f_d = 2,69 \times 10^6 \times 239 = 6,43 \times 10^9 \text{ Nmm} = 643 \text{ kNm}$$

Da cui si ottiene:

$$M_y / (K_p \times \gamma \times D^3) = 643 / (4 \times 20 \times 0,5^3) = 64,3 (*)$$

Per mezzo dei valori indicati con (\*) si ottiene dall'abaco di Broms in modo approssimato:

$$H_{lim} / (K_p \times \gamma \times D^3) = 100$$

Da cui il valore della sollecitazione orizzontale limite risulta:

$$H_{lim} = 100 \times 4 \times 20 \times 0,5^3 = 1000 \text{ kN} = 100 \text{ ton}$$

Cosiderando come coefficienti di sicurezza  $\eta = 0,7$  e  $F_s = 2,5$  si ottiene:

$$H_a = H_{lim} \times \eta / F_s = 1000 \times 0,7 / 2,5 = 280 \text{ kN} = 280000 \text{ N}$$

Tale valore rappresenta il limite della forza  $H$  applicabile sulla testa del palo, per valori superiori si possono presentare cedimenti del terreno ove risulta inserito il palo.

Nelle condizioni sopra riportate per una velocità di impatto pari a 0,5 m/s la verifica risulta soddisfatta essendo:

$$H = 40269 \text{ N} < H_a = 280000 \text{ N}$$

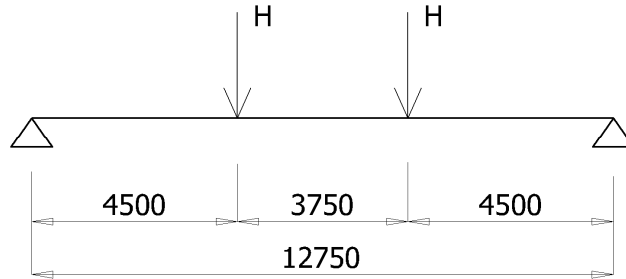
## 2) VERIFICA DEL PONTONE

Si verifica la struttura del pontone durante la fase di attracco ove la forza applicata è stata calcolata in precedenza considerando l'energia cinetica scaricata dall'imbarcazione al pontile.

Il valore di tale forza risulta:

$$H = 40269 \text{ N}$$

ove per il calcolo si è considerato il dislocamento a pieno carico dell'imbarcazione  $\Delta = 30 \text{ ton}$  e la velocità in accosto dell'imbarcazione di 0,5 m/s (circa 1 nodo). Si ipotizza il galleggiante come una trave appoggiata in corrispondenza dei tubi esterni in cui le forze sono applicate in prossimità dei respingenti più interni. Lo schema di calcolo da prendere in considerazione per il calcolo del pontile galleggiante risulta indicato sotto.



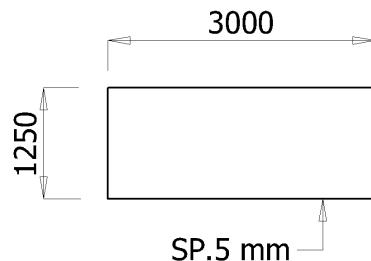
Il valore della sollecitazione applicata deve essere amplificata di un opportuno coefficiente che per sollecitazioni variabili può essere assunto pari a  $\gamma_F = 1,35$ , si ottiene:

$$F = \gamma_F \times H = 1,35 \times 40269 = 54363 \text{ N}$$

Il valore del momento flettente risulta dato dalla seguente relazione:

$$M = F \times d = 54363 \times 4500 = 2,45 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Per il calcolo delle caratteristiche geometriche si fa riferimento al seguente schema:



Il valore del momento d'inerzia della sezione risulta:

$$J = 50,31 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Il valore del modulo di resistenza risulta:

$$W = J / x_{\max} = 50,31 \times 10^9 / 1500 = 33,54 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Il valore della sollecitazione risulta:

$$\sigma = M / W = 2,45 \times 10^8 / 33,54 \times 10^6 = 7,3 \text{ N/mm}^2$$

Il materiale utilizzato per la costruzione del pontone è Fe430 (S275JR EN10025) per cui la resistenza di calcolo risulta:

$$f_d(430) = f_y / \gamma_M = 275 / 1,15 = 239 \text{ N/mm}^2$$

Per la verifica si ottiene:

$$\sigma = 7,3 \text{ N/mm}^2 < f_d = 239 \text{ N/mm}^2$$

## VERIFICA STRUTTURA PONTONE SECONDO REGOLAMENTO RINA

La verifica verrà effettuata in accordo con il Regolamento del Registro Italiano per la Navigazione Interna.

Lo scafo è costruito con il sistema longitudinale.

### Fondo

#### Lamiera del fondo

L = Lunghezza al galleggiamento con imbarcazione a pieno carico =	11,55	m
s = intervallo di ossatura	0,6	m
K =	1	

$t = \text{spessore del fondo} = 0,85 \times (0,064 \times L + 7 \times s - 0,3) \times K^{0,5} =$	3,94	mm
$t_a = \text{spessore adottato}$	4	mm

#### Madiere rinforzato

$s = \text{intervallo dei madieri}$	1,5	m
$S = \text{campata del madiere}$	2,8	m
$L = \text{Lunghezza al galleggiamento con imbarcazione a pieno carico} =$	11,55	m
$h_o = \text{distanza tra pdr e galleggiamento} =$	0,45	m
$T = \text{immersione}$	0,45	m
$hE = \text{battente esterno} = 0,5 \times L^{1/3} \times (1 - (h_o / (2 \times T))) + h_o$	1,01	m
$K =$	1	
$Z_{mr} = \text{modulo di resistenza del madiere} = 6 \times s \times S^2 \times h \times E \times K$	71	cm <sup>3</sup>

Calcolo della striscia associata

$c = 0,25 \times (S/s) - 0,016 \times (S/s)^2$	0,436	
$A_s = \text{area della striscia} = 10 \times c \times s \times t_a$	26,16	cm <sup>2</sup>
$L_s = \text{lunghezza della striscia} = 10 \times A_s / t_a$	65,4	cm <sup>2</sup>
Madiere rinforzato adottato L 120x60x8		

Il madiere adottato è equivalente ad una trave ad i asimmetrica avente :

Piattabanda superiore piatto 60x8

Anima piatto 112x8

Piattabanda inferiore piatto 654x4

$Z_{amr} = \text{modulo di resistenza del madiere adottato}$	77	cm <sup>3</sup>
--	----	-----------------

#### Longitudinale del fondo

$s = \text{intervallo dei longitudinali}$	0,6	m
$S = \text{campata del longitudinale}$	1,5	m
$hE = \text{battente esterno} = 0,5 \times L^{1/3} \times (1 - (h_o / (2 \times T))) + h_o$	1,01	m
$K =$	1	
$Z_l = \text{modulo di resistenza del longitudinale} = 7,5 \times s \times S^2 \times h \times E \times K$	10,23	cm <sup>3</sup>

Longitudinale adottato

L50x50x6

Il longitudinale adottato è equivalente ad una trave ad i asimmetrica avente :

Piattabanda superiore piatto 50x6

Anima piatto 44x6

Piattabanda inferiore piatto 600x4

$Z_{al} = \text{modulo di resistenza del longitudinale adottato}$	17	cm <sup>3</sup>
---	----	-----------------

#### Fianco

#### Fasciame del fianco

$L = \text{Lunghezza al galleggiamento con imbarcazione a pieno carico} =$	11,55	m
$s = \text{intervallo dei longitudinali}$	0,45	m
$K =$	1	
$t = \text{spessore del fianco} = 0,85 \times (0,047 \times L + 7 \times s + 0,2) \times K^{0,5} =$	3,31	mm
$t_a = \text{spessore adottato}$	4	mm

#### Costola rinforzata

Kcr =	7	
s = intervallo delle costole rinforzate	1,5	m
S = campata delle costole rinforzate	1,2	m
B = distanza tra fianco e puntelli	1,5	m
h2 = altezza degli interponti sovrastante la costola	0	m
hE = battente esterno = $0,5 \times L^{1/3} \times (1 - (h_0 / (2 \times T))) + h_0$	1,01	m
Zcr = modulo di resistenza della costola = $Kcr \times s \times S^2 \times (hE + B \times h2 / 120) \times K$	15,27	cm <sup>3</sup>

Costola rinforzata adottata L100x50x6

Calcolo della striscia associata

c = $0,25 \times (S/s) - 0,016 \times (S/s)^2$	0,1898	
As = area della striscia = $10 \times c \times s \times t_a$	11,3856	cm <sup>2</sup>
Ls = lunghezza della striscia = $10 \times As / t_a$	28,464	cm <sup>2</sup>

La costola rinforzata adottata è equivalente ad una trave ad i asimmetrica avente:

Piattabanda superiore piatto 50x6

Anima piatto 94x6

Piattabanda inferiore piatto 285x4

Zacr = modulo di resistenza della costola rinforzata adottata	42	cm <sup>3</sup>
---	----	-----------------

#### Longitudinale del fianco

k =	0,9	
s = intervallo dei longitudinali	0,45	m
S = campata dei longitudinali	1,5	
hE = battente esterno = $0,5 \times L^{1/3} \times (1 - (h_0 / (2 \times T))) + h_0$	1,01	m
K =	1	
Zl = modulo di resistenza del longitudinale = $6 \times s \times S^2 \times k \times hE \times K$	5,53	

Longitudinale adottato

L50x50x6

Zal = modulo di resistenza del longitudinale adottato	18	cm <sup>3</sup>
---	----	-----------------

#### Ponte

##### Fasciame del ponte

s = intervallo dei longitudinali	0,6	m
L = Lunghezza al galleggiamento con imbarcazione a pieno carico =	11,55	m
K =	1	
t1 = spessore del ponte = $1,3 \times s \times (L \times K)^{0,5}$	2,65	mm
s = intervallo dei longitudinali	0,6	m
L = Lunghezza al galleggiamento con imbarcazione a pieno carico =	11,55	m
K =	1	
p = carico ripartito sul ponte	3,92	KN/m <sup>2</sup>
t2 = spessore del ponte = $0,25 \times s \times (L \times p \times K)^{0,5}$	1,009	mm
t = spessore del ponte maggiore tra t1 e t2	2,65	mm
ta = spessore adottato	4	mm

##### Bagli rinforzati



C4 =	4	
C5 =	1	
ho =	1,1	
bs =	1,5	m
S =	1,5	m
mo =	1,8	
$M = 0,5 \times S^2 \times bs \times (ho + mo) \times C5$	4,89	
K =	1	
$Zbr = C4 \times K \times M$	19,575	cm <sup>3</sup>
J = momento di inerzia baricentrico = $2,5 \times Zbr \times S / K$	73,41	cm <sup>4</sup>

baglio adottato L100x50x6

Calcolo della striscia associata

$c = 0,25 \times (S/s) - 0,016 \times (S/s)^2$	0,2340	
As = area della striscia = $10 \times c \times s \times ta$	14,04	cm <sup>2</sup>
Ls = lunghezza della striscia = $10 \times As / ta$	35,1	cm <sup>2</sup>

il baglio rinforzato adottato è equivalente ad una trave ad i asimmetrica avente :

Piattabanda superiore piatto 50x6

Anima piatto 94x6

Piattabanda inferiore piatto 350x4

Zabr = modulo di resistenza del baglio rinforzato adottato	43	cm <sup>3</sup>
--	----	-----------------

J = momento di inerzia baricentrico =	326	cm <sup>4</sup>
---------------------------------------	-----	-----------------

#### Longitudinale del ponte

s = intervallo dei longitudinali	0,6	m
S = campata del longitudinale =	1,5	m
ho =	1,1	
mo =	1,8	
C1 =	1	
C2 =	0,63	
K =	1	
$Zl = 6,5 \times s \times S^2 \times (ho + mo) \times C1 \times C2 \times K$	5,53	cm <sup>3</sup>

Longitudinale adottato

L50x50x6

Il longitudinale è equivalente ad una trave ad I asimmetrica avente:

Piattabanda superiore piatto 50x6

Anima piatto 44x6

Piattabanda inferiore piatto 600x4

Zla = modulo di resistenza del longitudinale adottato	17	cm <sup>3</sup>
---	----	-----------------

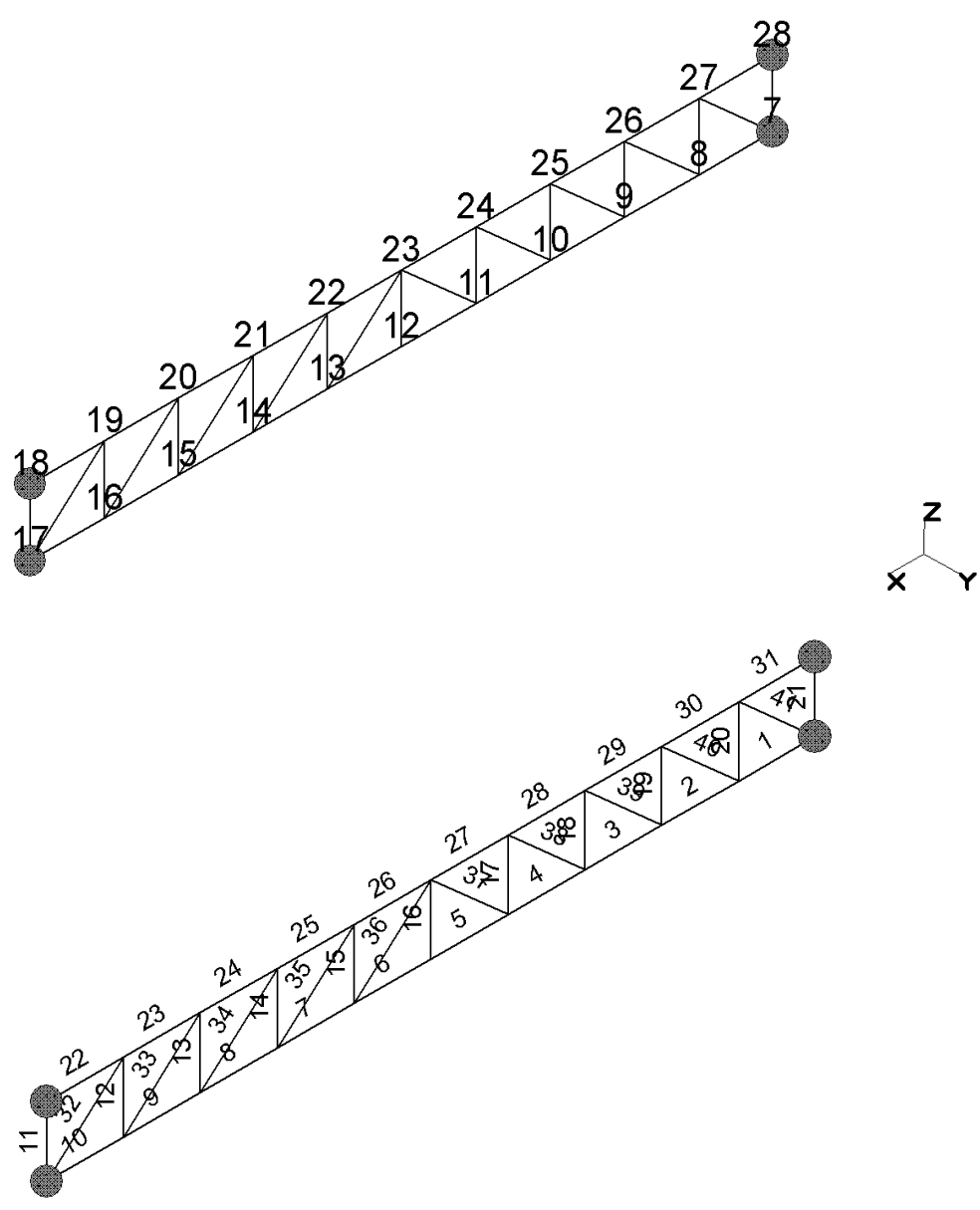
### 3) VERIFICA DELLA PASSERELLA

Si verifica la passerella di collegamento della riva con il pontile galleggiante con un carico distribuito verticale di 360 kg/m e una spinta orizzontale sul parapetto di 200 kg/m.

Si verificano in sequenza:

- 1) Traliccio laterale;
- 2) Traversini in tubolare 100x50x3;
- 3) Colonne orizzontali in tubolare 50x50x3

Per la verifica delle travi principali si utilizza un programma strutturale ad elementi finiti in cui il valore della sollecitazione applicata deve essere amplificata di un opportuno coefficiente che per sollecitazioni può essere assunto pari a  $\gamma_F = 1,35$ .  
 Il traliccio riportato sotto con la numerazione dei nodi e delle travi risulta lungo 11,2 m e alto 1 m.



RISULTATI DA PROGRAMMA DI CALCOLO STRUTTURALE

		Lunghezza	Forza	Temperatura	Tempo
		mm	N	°C	s
----- SEZIONE GEOMETRICA -----					
Trave	Sezione	Materiale		Lunghezza	Peso
1	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02
2	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02
3	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02
4	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02
5	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02
6	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02
7	RHS 200x100x4.0	Fe360		1.120E+03	2.018E+02

8	RHS 200x100x4.0	Fe360	1.120E+03	2.018E+02
9	RHS 200x100x4.0	Fe360	1.120E+03	2.018E+02
10	RHS 200x100x4.0	Fe360	1.120E+03	2.018E+02
11	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
12	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
13	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
14	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
15	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
16	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
17	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
18	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
19	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
20	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
21	RHS_60x4	Fe360	1.000E+03	7.034E+01
22	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
23	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
24	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
25	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
26	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
27	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
28	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
29	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
30	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
31	RHS 100x50x3.0	Fe360	1.120E+03	7.393E+01
32	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
33	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
34	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
35	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
36	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
37	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
38	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
39	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
40	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01
41	RHS_50x3	Fe360	1.501E+03	6.648E+01

Peso totale delle travi (assegnate) = 4.195E+03  
Lunghezza totale delle travi = 4.841E+04

----- SEZIONE PROPRIETA' -----

Profilo	Area	X2	X3	Jt	J2	J3	W2	W3
RHS 200x100x4.0	2.295E+03	3.118E+00	1.494E+00	9.842E+06	1.201E+07	4.129E+06	1.201E+05	8.259E+04
RHS_50x3	5.640E+02	1.880E+00	1.880E+00	3.115E+05	2.085E+05	2.085E+05	8.340E+03	8.340E+03
RHS 100x50x3.0	8.408E+02	3.185E+00	1.491E+00	8.831E+05	1.066E+06	3.649E+05	2.133E+04	1.460E+04
RHS_60x4	8.960E+02	1.867E+00	1.867E+00	7.025E+05	4.707E+05	4.707E+05	1.569E+04	1.569E+04

----- SEZIONE MATERIALI -----

Materiale	E	Nu	alfa	g	fy	ft
Fe360	2.060E+05	0.30	1.200E-05	7.850E-05	2.350E+02	3.600E+02

----- SEZIONE CONDIZIONI DI CARICO -----

CC	Nome	Tipo
1	Peso proprio	GRAV
2	Portata	VAR

COMBINAZIONI DI CARICO

Numero 1 Nome: Peso proprio + Portata

CC	Nome	Moltiplicatore
1	Peso proprio	1.350E+00
2	Portata	1.350E+00

----- INVILUPPO REAZIONI VINCOLARI -----

Nodo	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
7 MIN	-2.108E-11	9.911E-24	2.667E+04	1.429E-22	-2.475E-09	-1.099E-21

COMB	1	1	1	1	1	1
7 MAX	-2.108E-11	9.911E-24	2.667E+04	1.429E-22	-2.475E-09	-1.099E-21
COMB	1	1	1	1	1	1
17 MIN	3.977E-10	7.293E-24	2.667E+04	1.965E-22	6.994E-09	1.394E-21
COMB	1	1	1	1	1	1
17 MAX	3.977E-10	7.293E-24	2.667E+04	1.965E-22	6.994E-09	1.394E-21
COMB	1	1	1	1	1	1
18 MIN	0.000E+00	1.466E-23	4.996E-21	1.161E-22	3.143E-10	-1.429E-21
COMB	1	1	1	1	1	1
18 MAX	0.000E+00	1.466E-23	4.996E-21	1.161E-22	3.143E-10	-1.429E-21
COMB	1	1	1	1	1	1
28 MIN	1.965E-11	3.071E-24	1.453E-20	2.680E-23	-5.894E-10	-4.002E-21
COMB	1	1	1	1	1	1
28 MAX	1.965E-11	3.071E-24	1.453E-20	2.680E-23	-5.894E-10	-4.002E-21
COMB	1	1	1	1	1	1

----- SEZIONE MASSIMI SPOSTAMENTI NODALI (NODI SELEZIONATI) -----

Nodo	Comb.	MAX. SPOSTAMENTO (NORMA)		Nodo	Comb.	Min. spostamento x
12	1	9.065E+00				
Nodo	Comb.	Max. spostamento x	Nodo	Comb.	Min. spostamento x	
28	1	6.734E-01	18	1	-1.994E+00	
Nodo	Comb.	Max. spostamento y	Nodo	Comb.	Min. spostamento y	
0	0	0.000E+00	23	1	-1.341E-11	
Nodo	Comb.	Max. spostamento z	Nodo	Comb.	Min. spostamento z	
0	0	0.000E+00	12	1	-9.040E+00	

----- RISULTATI DELLE VERIFICHE: INVILUPPO SULLE CONDIZIONI DI CARICO -----

LEGENDA	
Trave .....	Numero di trave
Biella .....	Numero di biella
K_Res .....	Fattore di sfruttamento max a resistenza: ok se < 1.000
CB_Res .....	Combinazione di carico associata a K_Res
N_Sez .....	Sezione in cui è stato calcolato K_Res
Nv_Res .....	Punto di verifica a resistenza sulla sezione (significato dipendente dal tipo sezionale, cfr. il manuale)
K_St .....	Fattore di sfruttamento max a stabilità: ok se < 1.000
CB_St .....	Combinazione di carico associata a K_Stab
Nv_St .....	Numero di verifica a stabilità, con i seguenti significati:
	0 sezione o materiale non assegnato
	1 pressoflessione (7.4.1.)
	2 instabilità laterale da flessione (svergolamento, 7.3)
	3 come sopra (7.4.2.)
	4 compressione ( $N > N_{cr} / 1.5$ )
	5 svergolamento dovuto a M2 (par. 7.3, verifica utente)
	6 svergolamento dovuto a M3 (par. 7.3, verifica utente)
	7 svergolamento combinato (7.4.2. generalizzata ver. utente)
K_Max .....	Il massimo tra K_Res e K_St

Trave	K_Res	CB_Res	N_Sez	Nv_Res	K_St	CB_St	Nv_St	K_Max
1	0.081	1	9	3	0.000	0	0	0.081
2	0.135	1	8	3	0.000	0	0	0.135
3	0.174	1	8	3	0.000	0	0	0.174
4	0.198	1	8	3	0.000	0	0	0.198
5	0.198	1	6	3	0.000	0	0	0.198
6	0.198	1	8	3	0.000	0	0	0.198
7	0.198	1	6	3	0.000	0	0	0.198
8	0.174	1	6	3	0.000	0	0	0.174
9	0.135	1	6	3	0.000	0	0	0.135
10	0.081	1	5	3	0.000	0	0	0.081
11	0.094	1	1	3	0.036	1	1	0.094
12	0.191	1	1	3	0.000	0	0	0.191
13	0.140	1	1	3	0.000	0	0	0.140
14	0.090	1	1	3	0.000	0	0	0.090
15	0.041	1	13	3	0.000	0	0	0.041
16	0.031	1	13	3	0.000	0	0	0.031
17	0.041	1	13	3	0.000	0	0	0.041
18	0.090	1	1	3	0.000	0	0	0.090
19	0.140	1	1	3	0.000	0	0	0.140
20	0.191	1	1	3	0.000	0	0	0.191
21	0.094	1	1	3	0.036	1	1	0.094

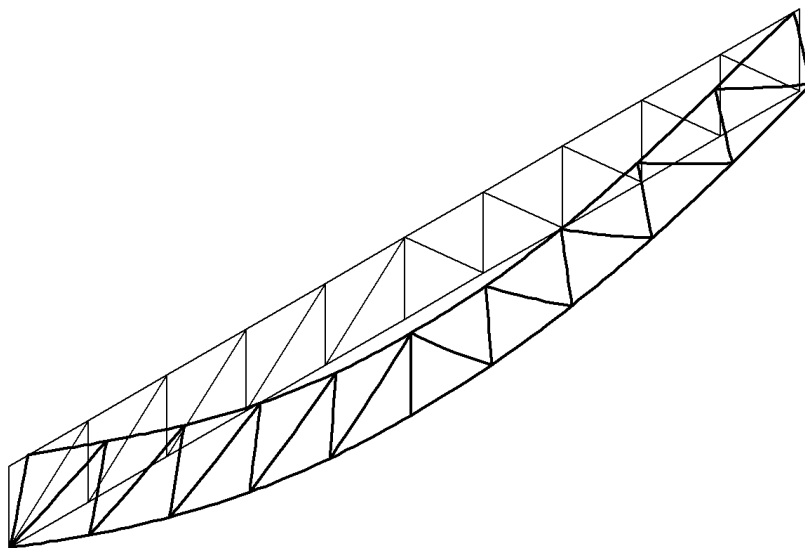
22	0.054	1	13	4	0.024	1	1	0.054
23	0.175	1	1	4	0.168	1	1	0.175
24	0.269	1	1	4	0.283	1	1	0.283
25	0.333	1	1	4	0.366	1	1	0.366
26	0.373	1	13	4	0.415	1	1	0.415
27	0.373	1	1	4	0.415	1	1	0.415
28	0.333	1	13	4	0.366	1	1	0.366
29	0.269	1	13	4	0.283	1	1	0.283
30	0.175	1	13	4	0.168	1	1	0.175
31	0.054	1	1	4	0.024	1	1	0.054
32	0.286	1	13	3	0.389	1	1	0.389
33	0.229	1	13	3	0.308	1	1	0.308
34	0.170	1	13	3	0.225	1	1	0.225
35	0.110	1	13	3	0.140	1	1	0.140
36	0.057	1	13	3	0.066	1	1	0.066
37	0.057	1	1	3	0.066	1	1	0.066
38	0.110	1	1	3	0.140	1	1	0.140
39	0.170	1	1	3	0.225	1	1	0.225
40	0.229	1	1	3	0.308	1	1	0.308
41	0.286	1	1	3	0.389	1	1	0.389

Per la verifica agli SLU si ottiene:  $K_{Max} < 1$

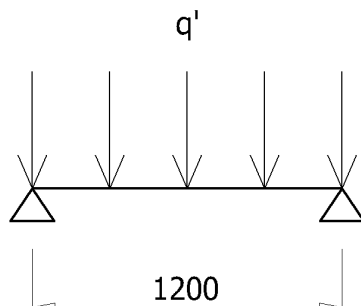
Per la verifica agli SLE si ottiene:  $f = 9,04 < f_{amm} = L / 200 = 56 \text{ mm}$

(Per il valore della freccia  $f$  si utilizza quello ottenuto da programma di calcolo strutturale al nodo 12).

Sotto viene riportata la deformata qualitativa della struttura.



Per la verifica dei traversini si prende in considerazione lo schema di calcolo indicato sotto.



Il valore della sollecitazione applicata deve essere amplificata di un opportuno coefficiente che per sollecitazioni variabili può essere assunto pari a  $\gamma_F = 1,35$ , si ottiene:

$$p' = \gamma_F \times q' = 1,35 \times 360 = 486 \text{ kg/m}$$

Il valore del momento flettente agente su una trave della campata risulta dato dalla seguente relazione:

$$M = p' \times l^2 / 8 = 486 \times 9,8 \times 1,2 \times 1200 / 8 = 857304 \text{ Nmm}$$

Le caratteristiche geometriche del tubolare 250x120x4 risultano indicate in seguito:

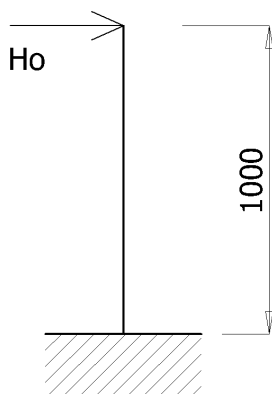
- area della sezione:  $A = 864 \text{ mm}^2$
- momento d'inerzia della sezione:  $J = 1120000 \text{ mm}^4$
- modulo di resistenza della sezione:  $W = 22000 \text{ mm}^3$

Il valore della sollecitazione risulta:

$$\sigma = M / W = 857304 / 22000 = 39 \text{ N/mm}^2$$

Per la verifica si ottiene:  $\sigma = 39 \text{ N/mm}^2 < f_d = 204 \text{ N/mm}^2$

Per la verifica delle colonne del corrimano si prende in considerazione lo schema di calcolo indicato sotto.



Il valore della sollecitazione applicata deve essere amplificata di un opportuno coefficiente che per sollecitazioni variabili può essere assunto pari a  $\gamma_F = 1,35$ , si ottiene:

$$H_{od} = \gamma_F \times H_o = 1,35 \times 200 \times 1,12 = 302,4 \text{ kg}$$

Il valore del momento flettente agente su una trave della campata risulta dato dalla seguente relazione:

$$M = H_{od} \times L = 302,4 \times 9,8 \times 1000 = 2963520 \text{ Nmm}$$

Le caratteristiche geometriche del tubolare 60x4 risultano indicate in seguito:

- area della sezione:  $A = 896 \text{ mm}^2$
- momento d'inerzia della sezione:  $J = 470700 \text{ mm}^4$
- modulo di resistenza della sezione:  $W = 15690 \text{ mm}^3$

Il valore della sollecitazione risulta:

$$\sigma = M / W = 2963520 / 15690 = 189 \text{ N/mm}^2$$

Per la verifica si ottiene:  $\sigma = 189 \text{ N/mm}^2 < f_d = 204 \text{ N/mm}^2$

#### 4) VERIFICA DEL SUPPORTO PASSERELLA A BANCHINA

Si considera solo la verifica dei perni di collegamento tra la passerella ed il supporto a terra vincolato alla banchina in quanto tale punto risulta il più critico dal punto di vista strutturale.

Si osserva che il supporto a terra risulta sovradimensionato rispetto alle effettive esigenze di resistenza in quanto deve solo sostenere il peso verticale della passerella e il peso accidentale delle persone.

Si ipotizza un peso della passerella pari a  $P=1700$  kg mentre il peso delle persone agente sulla passerella risulta:

$$P_p = q \times L \times B = 360 \times 11,2 \times 1,2 = 4838 \text{ kg}$$

Il peso agente sul singolo perno della passerella risulta:

$$P = (P + P_p) / 4 = (1700 + 4838) / 4 = 1635 \text{ kg}$$

Il valore della sollecitazione applicata deve essere amplificata di un opportuno coefficiente che per sollecitazioni variabili può essere assunto pari a  $\gamma_F = 1,35$ , si ottiene:

$$F = \gamma_F \times P \times 9,8 = 1,35 \times 1635 \times 9,8 = 21631 \text{ N}$$

Si considera un perno del diametro di  $D = 50$  mm costruito in Fe510 (S355JR EN10025) sollecitato a taglio dal carico della passerella.

La massima forza tagliente che è possibile applicare su tale perno risulta:

$$T = (f_d / 1,71) \times (3 \times A / 4) = (308 / 1,71) \times (3 \times 1963 / 4) = 265177 \text{ N}$$

Per la verifica si ottiene:

$$F = 21631 \text{ N} < T = 265177 \text{ N}$$

### ALLEGATI

Tav.1 : inserimento progetto (A2)

Tav. 2 : piano generale (A2)

Tav. 3 : batimetria (A2)

Tav. 4 : dettagli strutture (A2)