

**COMUNE DI TRAPANI**  
**PORTO DI TRAPANI**

**MARINA DI SAN FRANCESCO**  
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN'APPRODO TURISTICO (art. 2 c.b DPR 509/97)

**PROGETTO DEFINITIVO**  
Conferenza dei Servizi presso il Comune di Trapani del 18/04/2012  
concernente l'approvazione del progetto preliminare

**OPERE A MARE**

Elaborato:

**RELAZIONE E VERIFICA PONTILI GALLEGGIANTI D'ORMEGGIO**

Scala:

Data:

**Aprile 2013**

Progettisti:

Dott. Ing. Rocco Ricevuto

Arch. Biancamaria Verde

Geom. Benedetto Lupo

data

revisione

descrizione

Società proponente

**Cantiere navale Drepanum s.r.l.**

Elaborato:

**F1.2/M**

## Calcoli di verifica dei pontili galleggianti - Relazione

Si riportano di seguito le caratteristiche più significative del modulo galleggiante che si prevede di impiegare:

- Lunghezza f.t. : 12,40 m
- Larghezza f.t. : 2,70 m
- Dislocamento : 2.900 Kg
- Portata : 300 kg/mq
- Bordo libero : 64 cm
- Superficie utile di calpestio : 27,7 mq.

La struttura è costituita da travi correnti in profilato IPE 240, testate in UNP 240 e traverse diagonali doppie per la garanzia di resistenza al tiro laterale disordinato dei natanti.

Il tutto opportunamente protetto contro la corrosione marina a mezzo di zincatura a caldo conformemente alla norma EN ISO 1461.

Il collegamento tra gli elementi contigui di pontile è costituito da ginocchiere **con carico di rottura di 80 ton.** e lavoranti su cuscinetti di poliammide, additivato con apposito lubrificante. Ogni telaio è provvisto di 4 golfari di ancoraggio realizzati mediante tondo pieno di acciaio, sagomati a caldo e saldati direttamente al telaio. Il galleggiamento è assicurato da 56 elementi flottanti in resine polioleniche e saturati con nucleo di polistirolo espanso autoestinguente classe 1 di reazione al fuoco in base ai mediti di prova ISO DIS 1182.2, assemblati a mezzo di travette in lega marina in unità di 4 elementi. Gli elementi modulari galleggianti sono forniti con doppia fila di parabordi sui lati lunghi. Tali parabordi sono costituiti da elementi stampati in polipropilene copolimero additivati con filtri U.V. per la resistenza alla luce solare. Il modulo è corredato di n. 22 anelli di ormeggio in acciaio stampato a caldo ricavati in un unico pezzo senza saldatura di giunzione per offrire la massima garanzia e uniformità di produzione. Sono zincati a caldo per immersione e fissati mediante 2 bulloni da M10.

Il piano di calpestio, realizzato con doghe di resina similteck, è formulato da pannelli da 2x2,245 m fissati al telaio con un sistema che ne consente un rapido smontaggio per l'ispezione dell'impiantistica sottostante. Il pontile è predisposto per le installazioni degli impianti idrico ed elettrico. Tale predisposizione consiste nel montaggio di tubazioni in polietilene così articolate:

- \* tubo DN 32 PN 10 ammesso per alimenti – per acquedotto
- \* tubo DN 20 PN 6 per cavidotto illuminazione
- \* tubo DN 20 PN 4 per cavidotto FEM

Le tubazioni sono alloggiare nella parte sottostante il piano di camminamento.

I calcoli di verifica effettuati , di seguito riportati, riguardano:

1. galleggiamento e stabilità del modulo;
2. resistenza al moto ondoso;
3. piano di calpestio;
4. sollevamento per movimentazione e varo;
5. sistema di ancoraggio.

## 1. Verifica galleggiamento e stabilità del modulo

I calcoli di galleggiamento e stabilità sono riferiti ad un elemento modulare.

I criteri impiegati nei calcoli seguenti sono quelli dettati dalla idrostatica

La massa volumetrica dell'acqua marina si assume pari a:	1.026	Kg/mc
Caratteristiche a modulo scarico:		
Volume unitario dei corpi galleggianti:	200	dmc
Numero dei corpi galleggianti:	56	-
Spinta idrostatica max:	113	kN
Dislocamento del modulo:	2840	Kg
Massa delle unità galleggianti:	780	Kg
Massa della sovrastruttura:	2.060	Kg
Larghezza del piano di calpestio:	2,50	m
Lunghezza del piano di calpestio:	12,26	m
Superficie utile del piano di calpestio:	27,7	m <sup>2</sup>
Altezza a secco:	0,80	m
Portata max al limite di galleggiamento:	85	kN
Portata unitaria al limite di galleggiamento:	3,06	kN/mq
Baricentro della sovrastruttura (riferito al piano inferiore del modulo):	70	cm
Baricentro dei galleggianti (riferito al piano inferiore del modulo):	40	cm
Baricentro del modulo (riferito al piano inferiore del modulo):	62	cm
Momento d'inerzia (rollio):	10,50	m
Volume di liquido spostato:	2,77	m <sup>3</sup>
Immersione del modulo scarico:	13,8	cm
Bordo libero:	66,2	cm

Centro di spinta:	6,9	cm
Distanza metacentrica:	3,24	M
Momento stabilizzante per $\alpha=2,5^\circ$ :	3,94	kNm

Il modulo risulta quindi stabile

Caratteristiche con carico eccentrico uniformemente distribuito:

Applichiamo sulla metà laterale del modulo, longitudinalmente, un carico uniformemente distribuito, con baricentro 0,05 m al disopra del piano di calpestio.

Carico unitario:	100	Kg/mq
Sovraccarico totale:	1.532	Kg
Momento ribaltante:	9,38	kNm
Baricentro del modulo carico:	67,8	cm
Volume di liquido spostato	4,26	m <sup>3</sup>
Immersione del modulo carico (carico centrato):	21,3	cm
Centro di spinta:	10,7	cm
Distanza metacentrica:	1,89	m
Angolo di inclinazione trasversale:	6,6	°

Caratteristiche con carico distribuito lungo un bordo laterale:

Applichiamo sul bordo del pontile una massa corrispondente a 4 persone, con baricentro 0,9 m al di sopra del piano di calpestio.

Sovraccarico totale:	320	Kg
Momento ribaltante:	3,92	kNm
Baricentro del modulo carico: (riferito al piano inferiore del modulo)	73	cm
Volume di liquido spostato:	3,08	m <sup>3</sup>
Immersione del modulo carico (carico centrato):	15,4	Cm
Centro di spinta:	7,7	Cm
Distanza metacentrica:	2,76	m
Angolo di inclinazione trasversale	2,60	°

## 2. Resistenza al moto ondos.

Per quanto concerne i carichi verticali dovuti al moto ondos, si ritiene che la condizione di lavoro più gravosa sia quella limite in cui il modulo appoggia con i soli galleggianti estremi sulla cresta dell'onda mentre gli altri galleggianti rimangono sospesi.

Dislocamento:	2.840	Kg
L:	12,26	m
L1:	0,58	m
L2:	11,01	m
Tipo di trave:	240	IPE
W <sub>x</sub> :	324.000	mm <sup>3</sup>
M <sub>fmax</sub> :	17.291	kNmm
σ <sub>amm</sub> :	160	N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>max</sub> :	53,37	N/mm <sup>2</sup>
	<160	

### 3. Piano di calpestio

Verifica del pagliolato in doghe di resina

Il piano di calpestio dei moduli galleggianti è realizzato con incidoghe in resina, fissate ai travetti di alluminio che ripartiscono i carichi sulla struttura metallica principale.

Schema di calcolo trave continua su appoggi.

Carico uniformemente distribuito	400	Kg/mq
$\sigma$ ammissibile:	3	N/mm <sup>2</sup>
Larghezza doga:	124	mm
$W_x$ :	11.580	mm <sup>3</sup>
N (numero appoggi)	5	
Luce di calcolo:	500	mm
Distanza tra le doghe	10	mm
Carico sulla doga:	0,525	N/mm
$M_{fmax}$ :	10,138	N/mm
$\sigma_{max}$ :	0,88	

Verifica dei travetti in lega leggera

Il piano di calpestio dei moduli galleggianti è realizzato con doghe in resina, fissate e sostenute da travetti in lega di alluminio che ripartiscono i carichi sulla struttura metallica principale.

Schema di calcolo: trave su 2 appoggi di estremità

Carico uniformemente distribuito	200	Kg/mq
$\sigma$ ammissibile:	54	
Lunghezza pagliolato:	2	m
Larghezza pagliolato:	2,245	m
Lunghezza travetto:	2.000	mm
$W_x$ :	11.100	mm <sup>3</sup>

Numero travetti:	5	
Luce di calcolo:	2.000	mm
Carico su un travetto:	0,880	N/mm
Mfmax:	440.020	Nmm
$\sigma_{max}$ :	40	

#### 4. Sollevamento in fase di movimentazione e varo

Lo standard del calcolo eseguito, prevede la verifica anche per la situazione più gravosa ovvero quando il modulo risulta completamente sospeso e l'appoggio avviene sui galleggianti dei moduli adiacenti.

Questo schema di calcolo è stato determinato approssimando le reali situazioni di carico alle quali può essere assoggettato un pontile galleggiante ormeggiato.

Il modulo completamente assemblato in cantiere deve essere poi sollevato per le operazioni di carico e scarico su automezzo e per il varo. Per sollevamento sono previsti quattro punti di due per lato. Ciascun punto di sollevamento dovrà quindi sostenere  $\frac{1}{4}$  del peso.

Il tiro del cavo di sollevamento si ritiene inclinato di circa 50° sull'orizzontale.

Per la verifica delle travi portanti, che lavorano come puntoni, si utilizza il metodo "Omega".

T: tiro su un gancio;

V: componente verticale;

F: componente orizzontale.

Dislocamento:	2.840	Kg
L:	12.260	mm
L1:	4.130	mm
L2:	4.000	mm
Tipo di trave:	240	IPE
A:	3.910	mm <sup>2</sup>
W <sub>x</sub> :	324.000	mm <sup>3</sup>
J <sub>x</sub> :	38.900.000	mm <sup>4</sup>
I <sub>x</sub> :	99,7	mm
W <sub>y</sub> :	47.300	mm <sup>3</sup>
J <sub>y</sub> :	1.010.000	mm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub> :	26,9	mm
Angolo di tiro:	50	°
Altezza gancio:	1.532	mm
V=peso/4	6.958	N

F (compressione):	5.838	N
Eccentricità:	90	mm
$\lambda_x$ (Lx=L2):	41	
$\lambda_y$ (Ly=2000):	75	
(Fe360):	1,38	
Mfmax	7.410.270	Nmm
Mr:	525.461	Nmm
$\sigma$ amm.L1:	160	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ max:	25,55	<160