STUDIO TECNICO
via A. Giovanola n. 21 28822 - CANNOBIO (VB)
tel. 0323/71854 - e-mai p.mengo@geo2cannobio.it
PAOLO MENGO geometra
Partita I.V.A. : 01105510034
n.c.f.: MNG PLA 59H08 D872B

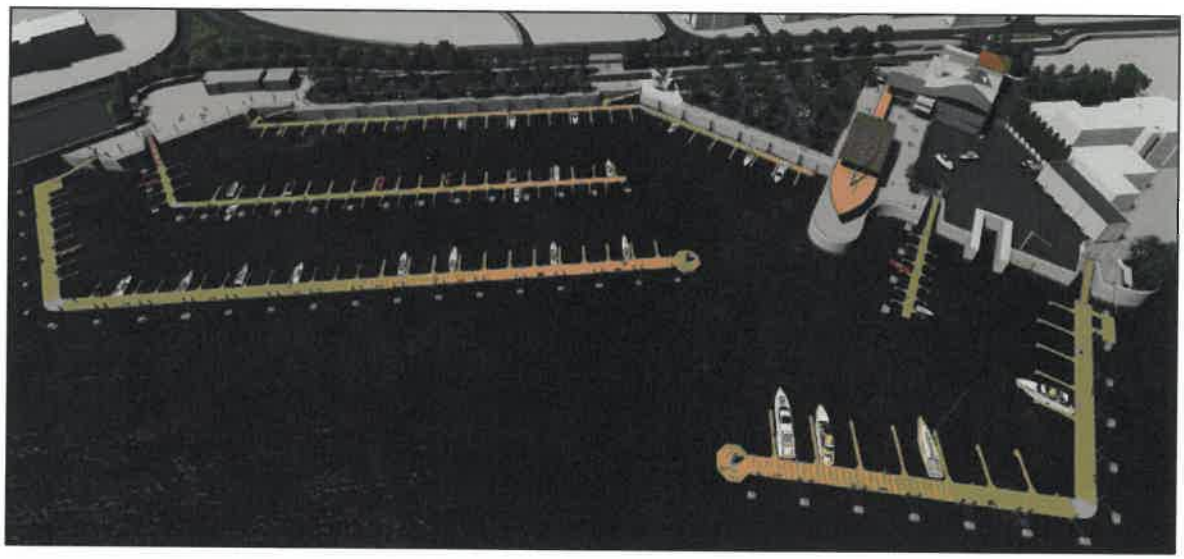
REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA

COMUNE DI VERBANIA

REGIONE PIEMONTE

RIQUALIFICAZIONE E POTENZIAMENTO DELL'APPRODO PRESSO LARGO PALATUCCI

Istanze per l'avvio del procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA ai sensi dell'art.19 del D.Lgs.152/2006



COLLABORAZIONI

Progettazione Strutturale Esecutiva Opere Portuali
ACQUATECNO s.r.l. - via Aiaccio n. 14 - 00198 ROMA
Dott. Ing. Renato Marconi - Dott.sa Arch. Vittoria Biego

Progettazione Esecutiva Strutture Edifici
Dott. Ing. Franco Colombo
via Gottardi n. 7 - 28921 VERBANIA (VB)

Analisi Economiche e Finanziarie
EXANTE CONSULTING via Gottardi n. 7 - 28921 VERBANIA (VB)
Dott. Comm. Carlo Dell'Orto - Dott.sa Comm. Cristina Trotta

Indagini Geologiche e Geotecniche
Dott. Geol. Corrado Caselli
Via Prada n. 20, 21025 Comerio (VA)

Valutazione Previsionale di Impatto Acustico
Studio Previsionale dell'Impatto Viabilistico
Studio Geologico Marangon - Dott. Geol. Paolo Marangon
via Bonomelli n. 16 28845 Domodossola (VB)

Valutazione Generale di Assoggettabilità alla VIA
Progettazione Agronomica
Dott. Amb. For. Igor Cavagliotti
Lungolago Buozzi n. 21 28887 Omegna (VB)

Valutazione Generale di Assoggettabilità alla VIA
Dott. Agr. For. Alessandro Carelli
Via Montegrappa n. 7/B 28887 Omegna (VB)

COMMITTENTE:
NAUTICA BEGO s.r.l. di Bego Maurizio,
con sede in via Carlo Alberto Dalla Chiesa
28922 VERBANIA (VB),
p.IVA : 02254320035

firma

OGGETTO:

RELAZIONE DI CALCOLO DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO

Elaborato
A.2227 | - | - | R

RCA

Cannobio li 25/11/2019

Revisione AA

Scala 1/

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA

COMUNE DI VERBANIA

RIQUALIFICAZIONE E POTENZIAMENTO DELL'APPRODO PRESSO LARGO PALATUCCI

Coordinamento Generale e Progettazione Architettonica

Paolo geom. Mengo
Via A.Giovanola 21 - 28822 Cannobio
c.f. MNG PLA 59H08 D872B - P.I 01105510034

Progettazione esecutiva Strutture edifici

Dott. Ing. Franco Colombo
Via Gottardi n. 7 28921 Verbania

Valutazione previsionale dell'impatto acustico
Valutazione previsionale dell'impatto viabilistico

Dott. Geol. Paolo Marangon
Via Bonomelli n. 16 28 845 Domodossola

Valutazione generale di assogettabilità alla V.I.A

Dott. Agr.For. Alessandro Carelli
Via Montegroppo n- 7/b 28887 Omegna

Analisi economiche e Finanziarie

EXANTE CONSULTIG Via Gottardi n. 7 28921 Verbania
Dott. Comm. Carlo Dell'Orto
Dott.sa Comm. Cristina Trotta

Progettazione strutturale esecutiva Opere Portuali

ACQUATECNO s.r.l. Via Aiaccio 14 00198 Roma
Dott. Ing. Renato Marconi

Dott.sa Arch. Vittoria Biego

Valutazione generale di assogettabilità alla V.I.A
Progettazione agronomica

Dott. Amb.For. Igor Cavagliotti
Lungo Lago Buozzi n. 21 28887 Omegna

Indagini Geologiche e Geotecniche

Dott. Geol. Corrado Caselli
Via Prada n. 20 21025 Comerio

1. GENERALITA' 2

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 4

3. AZIONI SUI PONTILI 5

4. LIVELLO IDROMETRICO LAGO MAGGIORE 9

5. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO SISTEMA DI ANCORAGGIO 10

6. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE TIRO CATENA GALLEGGIANTE 13

6.1. Teoria 13

6.2. Tiro catena 15

7. DIMENSIONAMENTO DELLA BIELLA 20

7.1. Verifica biella 23

8. CONCLUSIONI 25

INDICE DELLE FIGURE 26

1. GENERALITA'

La presente relazione è finalizzata allo studio preliminare del sistema di ancoraggio per i nuovi pontili galleggianti ubicati nel porto turistico del comune di Verbania sul Lago Maggiore. Le avverse condizioni meteorologiche avvenute nell'ottobre 2013 hanno causato gravi danni al porto esistente con conseguente dismissione totale dell'infrastruttura. Il progetto del nuovo porto prevede la formazione di un bacino esterno delimitato da due moli galleggianti frangiflutti come opere di difesa dal moto ondoso, e la sistemazione delle sponde interne del porto con pontili modulari galleggianti per l'ormeggio di imbarcazioni da diporto presenti sul Lago Maggiore. La scelta di un opera interamente galleggiante (dighe e pontili) è dettata dalla morfologia del paraggio caratterizzata da fondali di elevata profondità. Infatti, le profondità alle quali dovranno essere ancorati i moduli frangiflutti vanno da un minimo di -12,00 m (livello medio lago) ad un massimo di -39,00 m.

L'elevata profondità del fondale, la natura, il moto ondoso e l'escursione dei livelli di piena e magra che determinano un innalzamento e un abbassamento del livello medio del lago di circa 5,00 m, ha comportato lo studio di un sistemi di ancoraggio specifico. Infatti, il classico sistema con catene e corpi morti provocherebbe eccessive oscillazioni nei pontili, mentre il sistema con pali infissi nel fondale, pur consentendo l'innalzamento e l'abbassamento dei pontili durante le fasi di magra e di piena del lago non sarebbe convenientemente economico data l'elevata profondità del lago.

La soluzione individuata è un sistema ibrido costituito da una boa galleggiante ancorata al fondale con catene o cime di alta tenacità (poliestere) sulla quale è incernierata una coppia di bielle distanziatrici vincolate al pontile. Questo sistema permette di associare l'economicità del sistema a catene per fondali profondi con la rigidezza offerta dal sistema delle bielle (limitare le oscillazioni del pontile).

Occorre sottolineare che il dimensionamento e le verifiche del sistema di ancoraggio dei pontili è stato effettuato solo ed esclusivamente utilizzando le spinte delle imbarcazione dovute al vento, in quanto non si hanno a disposizione le informazioni sulla geologia e geotecnica dei luoghi e facendo fede al rilievo batimetrico fornitoci dal committente.

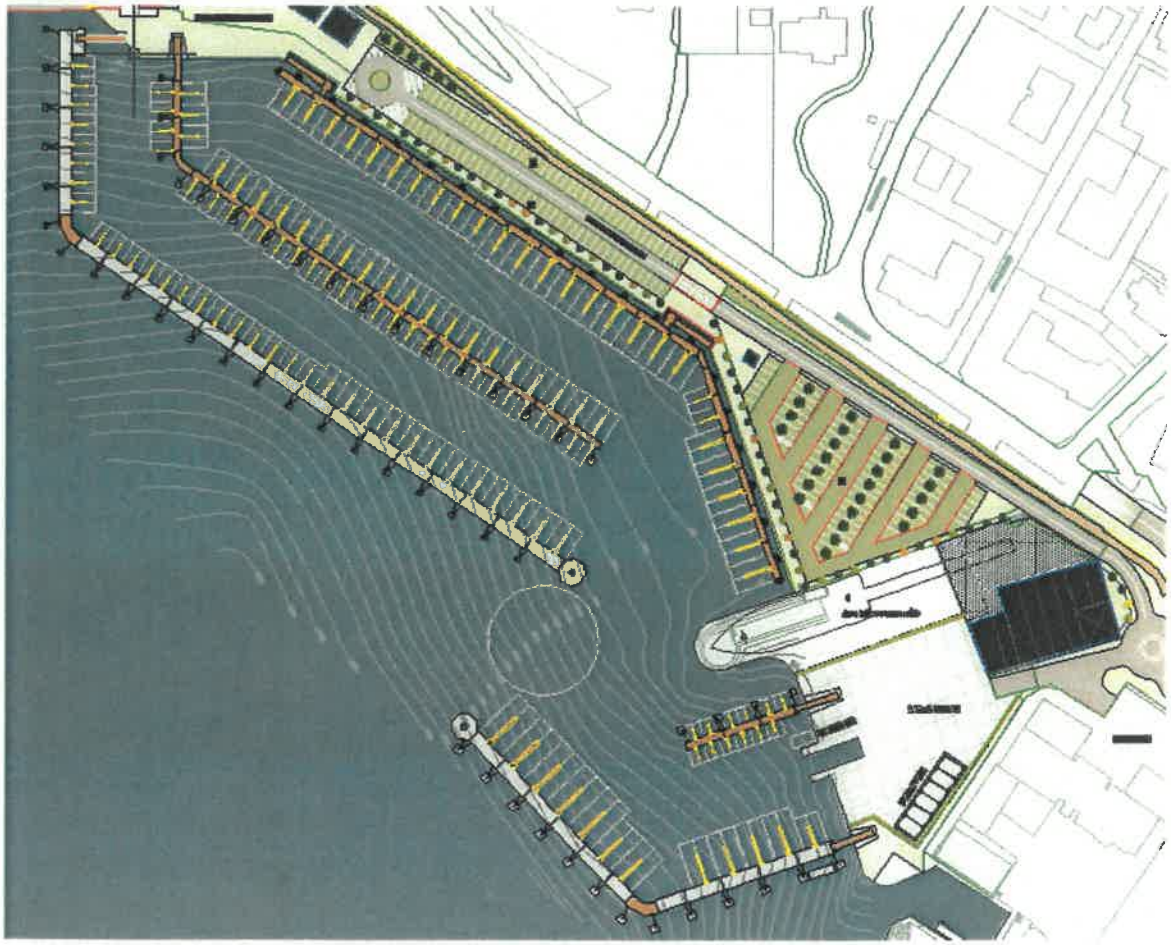


Figura 1. Planimetria di progetto

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Acciaio per carpenteria metallica S355 J0 (biella e struttura galleggiante)

Spessore nominale, t_{nom}	≤ 40	[mm]
Tensione di snervamento nominale, $f_{yk,nom}$	355	[MPa]
Tensione di rottura nominale, $f_{t,nom}$	510	[MPa]
Tensione di progetto, f_{yd}		
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 =$	338	[MPa]
Modulo elastico E	210000	[MPa]

Coefficienti parziali di sicurezza

Resistenza delle sezioni trasversali per ogni classe:	$\gamma_{M0} = 1.05$
Resistenza all'instabilità delle membrature:	$\gamma_{M1} = 1.05$
Resistenza delle sezioni nette:	$\gamma_{M2} = 1.25$
Resistenza di bulloni, chiodi, connessioni a perno, saldature, piatti a contatto:	$\gamma_{M2} = 1.25$
Resistenza a scorrimento:	$\gamma_{M3} = 1.25$ (SLU)
Resistenza a scorrimento	$\gamma_{M3} = 1.10$ (SLE)
Precarico di bulloni ad alta resistenza:	$\gamma_{M7} = 1.10$

Bulloni

Tipologia	Classe	8.8
Tensione allo snervamento	$f_{yb} = 649$	MPa
Tensione a rottura	$f_{ub} = 800$	MPa

3. AZIONI SUI PONTILI

Di seguito si riporta la tabella rappresentativa delle azioni trasmesse dalle imbarcazioni dal moto ondoso ai singoli pontili. Si osserva che le massime azioni sono presenti sui pontili ove ormeggiano le imbarcazioni di maggiore stazza.

Pontile	Spinta [kN]
A	41.4
B	46.7
C	54.7
D	19.4
E	14.3
F	16.4
G	54.7
H	84.1
I	49.7

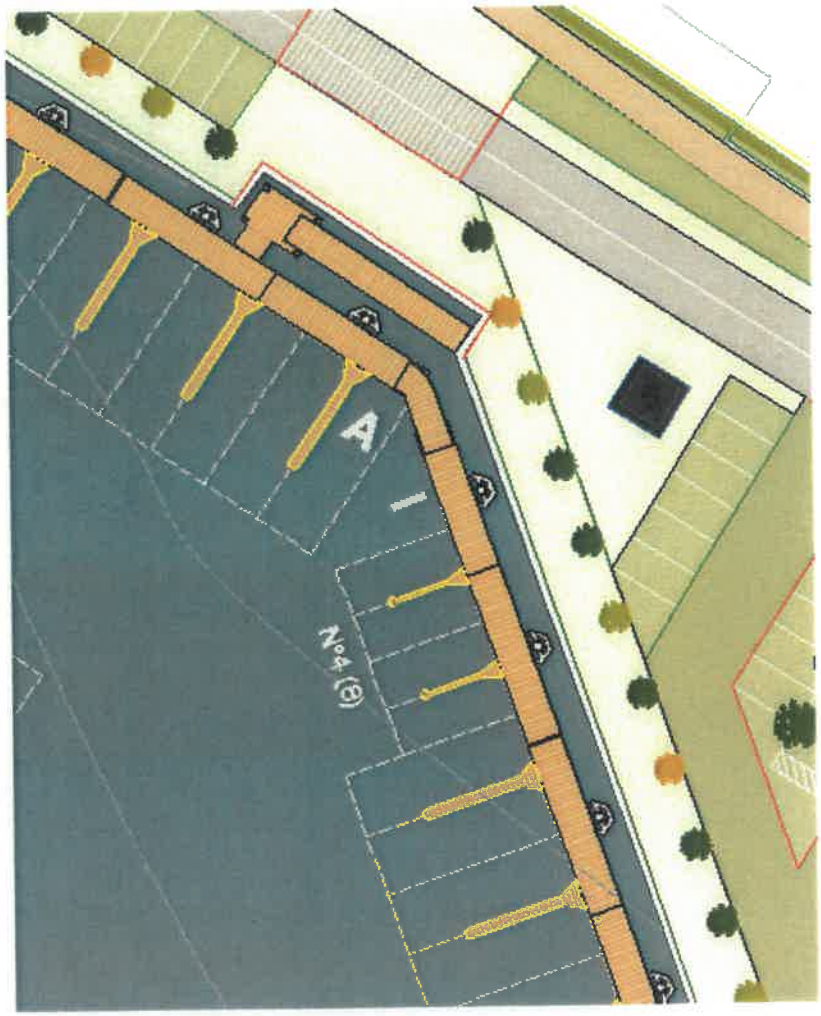


Figura 2. Planimetriadi progetto: Pontili A ed I

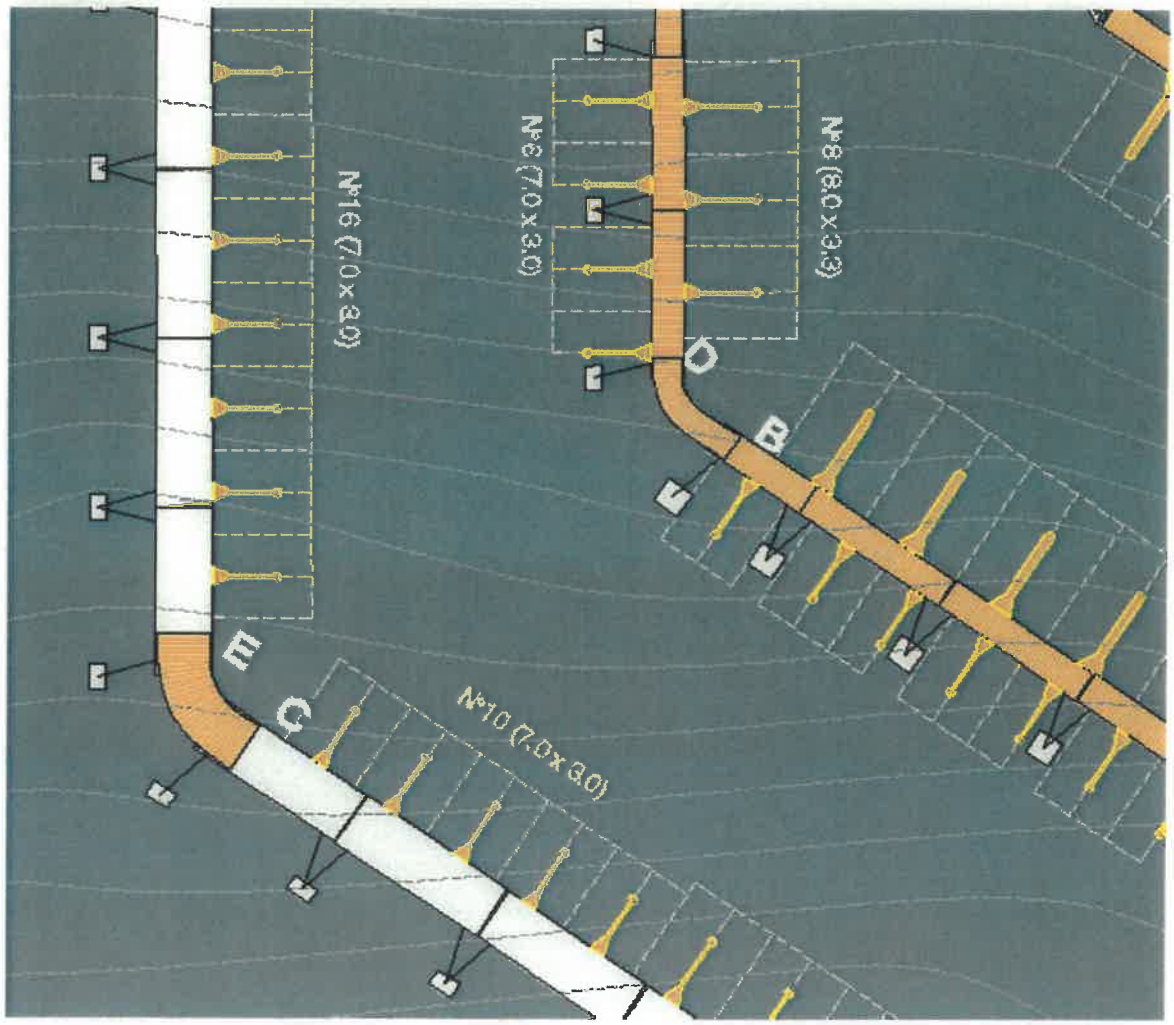


Figura 3. Planimetriadi progetto: Pontili B, C, D ed E

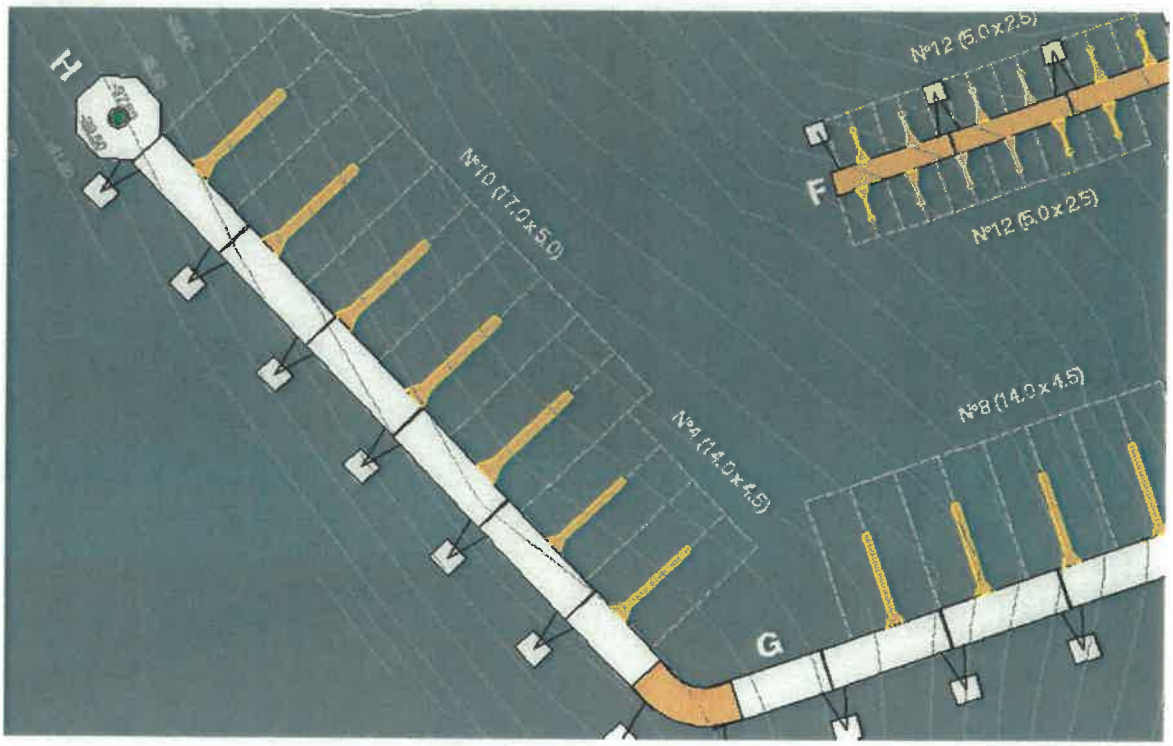


Figura 4. Planimetria di progetto: Pontili F, G, ed H

4. LIVELLO IDROMETRICO LAGO MAGGIORE

Il livello medio annuale del lago Maggiore è pari a 193,85 m s.l.m.m., con un valore minimo pari a 192.54 m e uno massimo pari a 197,94 m s.l.m.m, raggiunto nel 2000 registrato in 146 anni di storia. Lo zero idrometrico è 193,01 m. s.l.m.m.

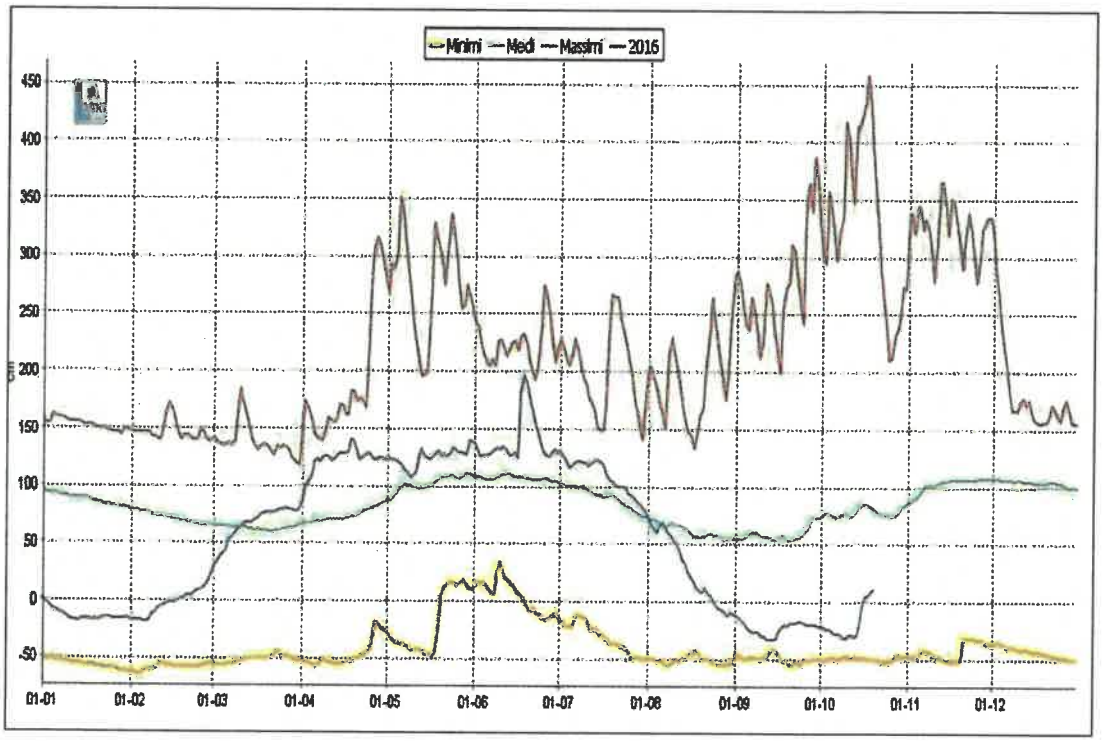
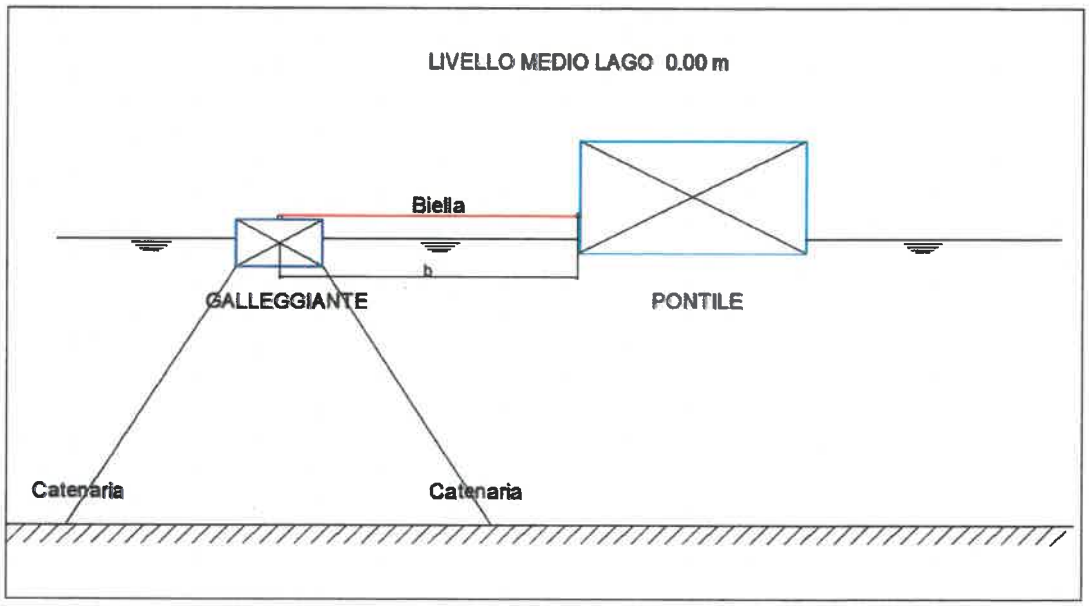


Figura 5. Altezze idrometriche – Valori storici relativi al periodo 1942 – 2015

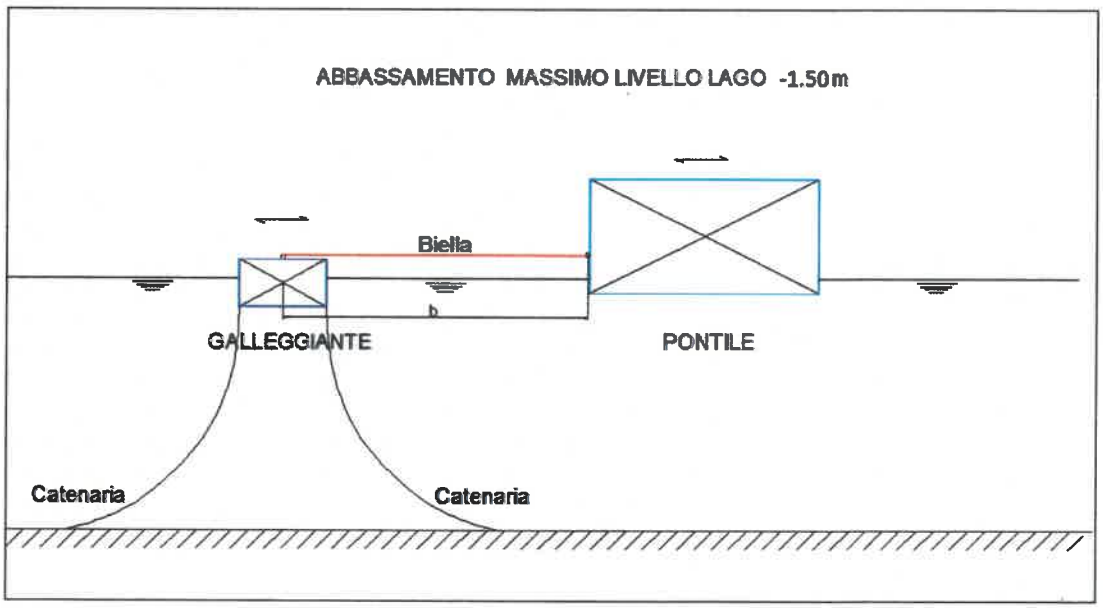
5. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO SISTEMA DI ANCORAGGIO

Le problematiche connesse all'elevata profondità del fondale del lago ed escursione dei livelli di piena e magra del lago hanno comportato uno studio dei sistemi di ancoraggio specifico. La soluzione individuata è un sistema ibrido costituito da un galleggiante ancorato al fondale con catene o cime di alta tenacità (poliestere) sulla quale è incernierata una coppia di bielle distanziatrici vincolate al pontile.

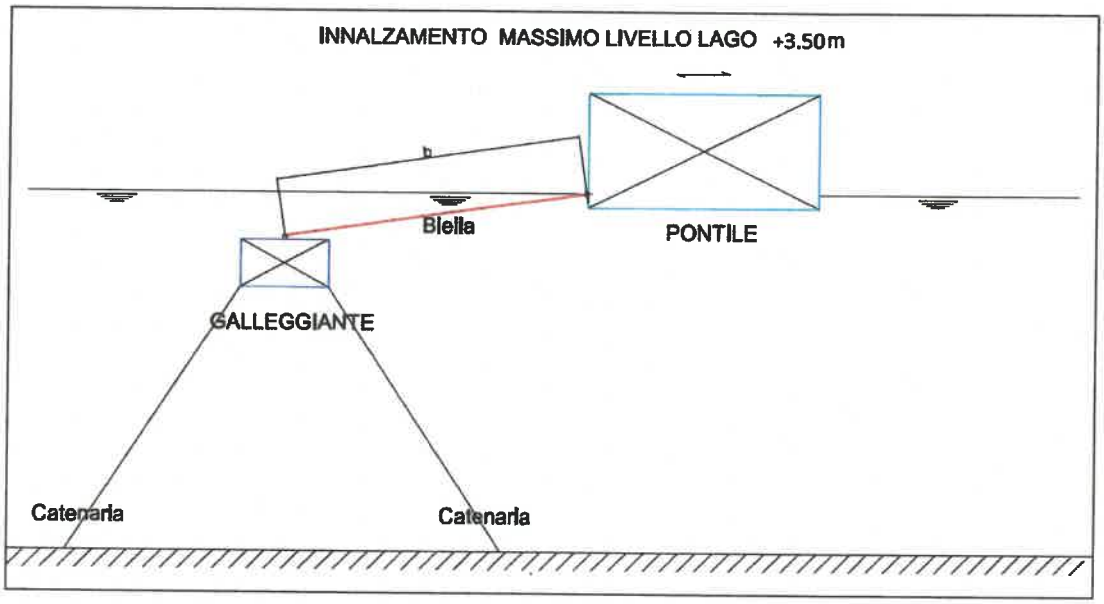
Il sistema di ancoraggio è tarato a livello medio lago circa +194.00 m s.l.m.m. (quota relativa del sistema +0.00 m); essendo il galleggiante ancorato al fondale con catene o cime in posizione di leggera tesatura. Le oscillazioni indotte dall'ormeggio di imbarcazioni e/o moto ondoso, sul pontile galleggiante sono nulle.



Durante la fase di magra del lago, con un abbassamento del livello sino a un minimo di -1.50 m, le catene che vincolano il galleggiante si dispongono nella configurazione di equilibrio definita "a catenaria". In questo scenario le oscillazioni del sistema pontile – galleggiante avvengono a unisono. L'entità delle oscillazioni è funzione della geometria del sistema (profondità fondale, lunghezza catena etc.)



Durante la fase di piena del lago, con l'innalzamento del livello lago (massimo sino a +3.50 m), il galleggiante resta sommerso alla quota relativa +0.00 m, livello medio lago, e il pontile si adegua all'innalzamento di livello grazie alla biella distanziatrice che ruota sul galleggiante.



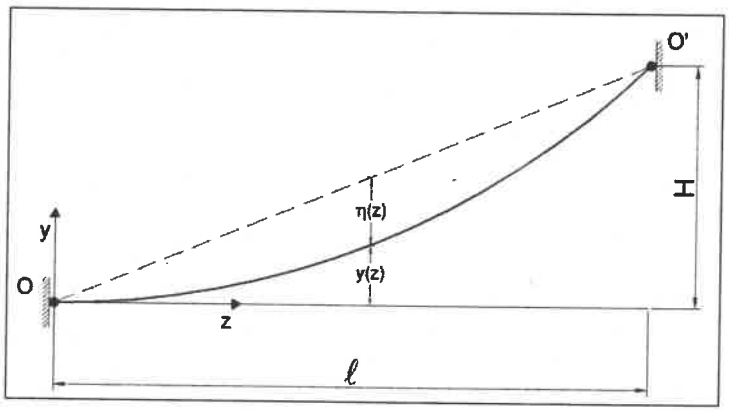
6. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE TIRO CATENA GALLEGGIANTE

6.1. Teoria

Si definisce catenaria la curva secondo la quale si dispone un filo pesante, perfettamente omogeneo, flessibile e inestensibile, avente i suoi estremi in due punti fissi.

Si consideri un filo in tensione, in equilibrio sotto il suo peso e si supponga che le sue estremità siano fisse.

Le equazioni della catenaria sono:



Altezza / Profondità	H
Lunghezza in pianta della catena	l
Peso immerso della catena per unità di lunghezza in pianta	g
Sforzo orizzontale nella catena in O'	No'
Angolo in O'	$\alpha_{O'}$
Angolo in O	α_O
Sforzo nella catena in O'	N'
Sforzo nella catena in O	N
Sforzo verticale nella catena in O'	Nv'
Sforzo verticale nella catena in O	Nv
Sforzo orizzontale nella catena in O	No
Lunghezza retta congiungente O - O'	L_d
Passo calcolo integrale	Δz

Lunghezza catena in condizione d'equilibrio L

$$y(z) = \frac{\bar{g}}{No} \cdot \frac{z^2}{2} + \left(\frac{H}{l} - \frac{\bar{g}l}{2No} \right) \cdot z$$

$$\tan\alpha = y'(z) = \frac{\bar{g}}{No} \cdot z + \frac{H}{l} - \frac{\bar{g}l}{2No}$$

$$\eta(z) = \frac{\bar{g}}{2No} \cdot (l - z) \cdot z$$

$$L_d = \sqrt{l^2 + H^2}$$

$$L = \frac{L_d}{l} \cdot \int_0^l \left[1 - \frac{2Hl}{L_d^2} \cdot \frac{d\eta}{dz} + \frac{l^2}{L_d^2} \cdot \left(\frac{d\eta}{dz} \right)^2 \right]^{1/2} dz$$

$$\frac{d\eta}{dz} = \frac{\bar{g}l}{2No} - \frac{\bar{g}z}{No}$$

6.2. Tiro catena

Lo studio di dimensionamento di massima del sistema biella - galleggiante è riferito al molo 8 ove l'azione, trasmessa dalle imbarcazioni e/o moto ondoso, è massima.

L'analisi è condotta per quattro scenari:

- Livello medio lago 0.00 m,
- Abbassamento livello a -1.50 m (massima magra)
- Innalzamento livello lago a +1.50 m (piena frequente)
- Innalzamento livello lago a +3.50 m (piena eccezionale).

L'azione trasmessa dal pontile H al sistema di ancoraggio è di 84.10 kN.

Il carico di progetto fattorizzato è pari a No = 84.10 x 1.50 = 126.15 kN.

Il fondale, in prossimità del pontile, è a quota -37.50 m rispetto al livello medio lago.

Il galleggiante è ancorato con tre catene o cime equidistanziate a 120° in planimetria e 45° sul piano verticale con l'asse. L'ipotesi cautelativa alla base del calcolo è di considerare l'intera azione sollecitante, trasferita a una singola catena o cima.

- Livello medio lago 0.00 m,

Altezza / Profondità	H	**37.50**	[m]
Lunghezza in pianta della catena	l	**37.50**	[m]
Peso immerso della catena per unità di lunghezza in pianta	g	**0.004**	[kN/m]
Sforzo orizzontale nella catena in O'	No'	**126.15**	[kN]
Angolo in O'	$\alpha_{O'}$	45.02	gradi
Angolo in O	α_O	44.98	gradi
Sforzo nella catena in O'	N'	178.456	[kN]
Sforzo nella catena in O	N	178.350	[kN]
Sforzo verticale nella catena in O'	Nv'	126.225	[kN]
Sforzo verticale nella catena in O	Nv	**-126.075**	[kN]
Sforzo orizzontale nella catena in O	No	**-126.150**	[kN]
Lunghezza retta congiungente O - O'	L_d	53.03	[m]
Passo calcolo integrale	Δz	0.04	[m]
Lunghezza catena in condizione d'equilibrio	L	53.09	[m]

Lo sforzo ultimo nella catena o cima è di circa 178.5 kN.

La lunghezza della catena o cima è di 53.10 m.

Spostamento planimetro è nullo

- Abbassamento livello a -1.50 m (massima magra): profondità fondale 37.50 – 1.50 = 36.00 m

Altezza / Profondità	H	**36.00**	[m]
Lunghezza in pianta della catena	l	**38.96**	[m]
Peso immerso della catena per unità di lunghezza in pianta	g	**0.004**	[kN/m]
Sforzo orizzontale nella catena in O'	No'	**126.15**	[kN]
Angolo in O'	$\alpha_{O'}$	42.76	gradi
Angolo in O	α_O	42.72	gradi
Sforzo nella catena in O'	N'	171.810	[kN]
Sforzo nella catena in O	N	171.704	[kN]
Sforzo verticale nella catena in O'	Nv'	116.640	[kN]
Sforzo verticale nella catena in O	Nv	**-116.484**	[kN]
Sforzo orizzontale nella catena in O	No	**-126.150**	[kN]
Lunghezza retta congiungente O - O'	L_d	53.05	[m]
Passo calcolo integrale	Δz	0.04	[m]
Lunghezza catena in condizione d'equilibrio	L	53.10	[m]

Lo sforzo ultimo nella catena o cima è di circa 172.0 kN.

La lunghezza della catena o cima è di 53.10 m.

Spostamento planimetro è 38.96 – 37.50 = 1.46 m

- Innalzamento livello lago a +1.50 m (piena frequente)

In questo scenario il galleggiante è parzialmente immerso poiché vincolato alla quota relativa +0.00 m dalle catene. Il pontile si adegua all'innalzamento di livello grazie alla biella distanziatrice che ruota sul galleggiante. Il sistema bielle trasferisce le azioni del pontile al galleggiante e a sua volta alle catene o cime ancorate al fondale.

Il galleggiante deve essere di almeno 8500 litri tale da offrire una spinta verso l'alto di 85.0 kN e contrastare la componente verticale dello sforzo nella catena (Nv' = 84.10 kN). In questo scenario la spinta verso l'alto espletata dal galleggiante è di 70.0 kN dato che è parzialmente immerso.

Ciascuna delle tre catene o cime è tesa da uno sforzo ultimo generato dal galleggiante di 70.0 x 1.50 / 3 = 35.0 kN

A tale azione si deve aggiungere lo sforzo nella catena dovuto alla spinta trasmessa dal pontile 8 al sistema di ancoraggio, nella configurazione +0.00 m (livello medio lago)

In conclusione:

- lo sforzo ultimo nella catena o cima è di circa 35.0 + 178.50 = 213.5 kN;
- la lunghezza della catena o cima è di 53.10 m;
- lo spostamento planimetro del pontile (rispetto alla configurazione a quota +0.00), ipotizzando la lunghezza della biella di 4.00 m ed un innalzamento + 1.50 m pari a 0.29 m è pari a:

$$\Delta = 4.00 - (4.00^2 - 1.50^2)^{0.50} = 0.29 \text{ m}$$

- Innalzamento livello lago a +3.50 m (piena eccezionale)

In questo scenario il galleggiante è totalmente immerso alla quota relativa +0.00 m, e la spinta verso l'alto espletata dal galleggiante di 8500 litri è di 85.0 kN.

Ciascuna delle tre catene o cime è tesa da uno sforzo ultimo di 85.0 x 1.50 / 3 = 42.5 kN

A tale azione si deve aggiungere lo sforzo nella catena dovuto alla spinta trasmessa dal pontile 8 al sistema di ancoraggio, nella configurazione +0.00 m (livello medio lago)

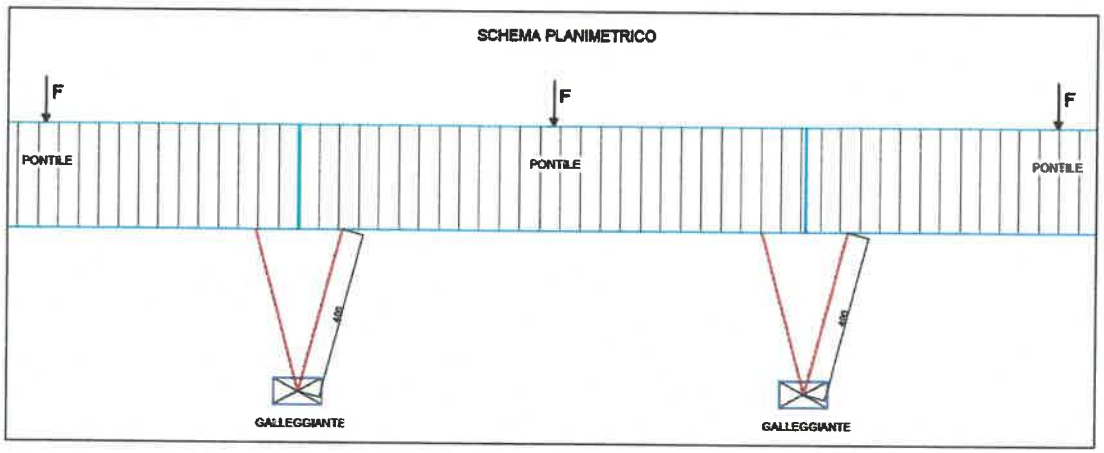
In conclusione:

- lo sforzo ultimo nella catena o cima è di circa 42.5 + 178.50 = 221.0 kN;
- la lunghezza della catena o cima è di 53.10 m;
- lo spostamento planimetro del pontile (rispetto alla configurazione a quota +0.00), ipotizzando la lunghezza della biella di 4.00 m e innalzamento + 3.50 m pari a 2.06 m è pari a:

$$\Delta = 4.00 - (4.00^2 - 3.50^2)^{0.50} = 2.06 \text{ m}$$

7. DIMENSIONAMENTO DELLA BIELLA

La biella è l'elemento rigido che collega il pontile al galleggiante. Alle estremità della biella sono presenti due giunti gardanici, in grado di trasferire solo azioni assiali. La biella è di lunghezza 4.00 m con la sezione di un tubo cavo. Su ciascun galleggiante diparte una coppia di bielle a formare una "V" con il singolo modulo pontile.



Il calcolo dello sforzo nella biella è stato condotto in tre scenari:

1. Forza agente "F" ortogonale all'asse del pontile (forma un angolo con la verticale pari a 0°).
2. Forza agente "F" inclinato di 30° rispetto alla verticale.
3. Forza agente "F" inclinato di 45° rispetto alla verticale.

- Scenario "1"

Lo sforzo nella biella è pari a:

$N = F / 2 / \cos \alpha$

Ove:

F = carico di progetto fattorizzato = 84.10 x 1.50 = 126.15 kN.

α = angolo formato dalla biella con l'asse ortogonale al pontile.

$N = 126.15 / 2 / \cos 15° = 65.30$ kN

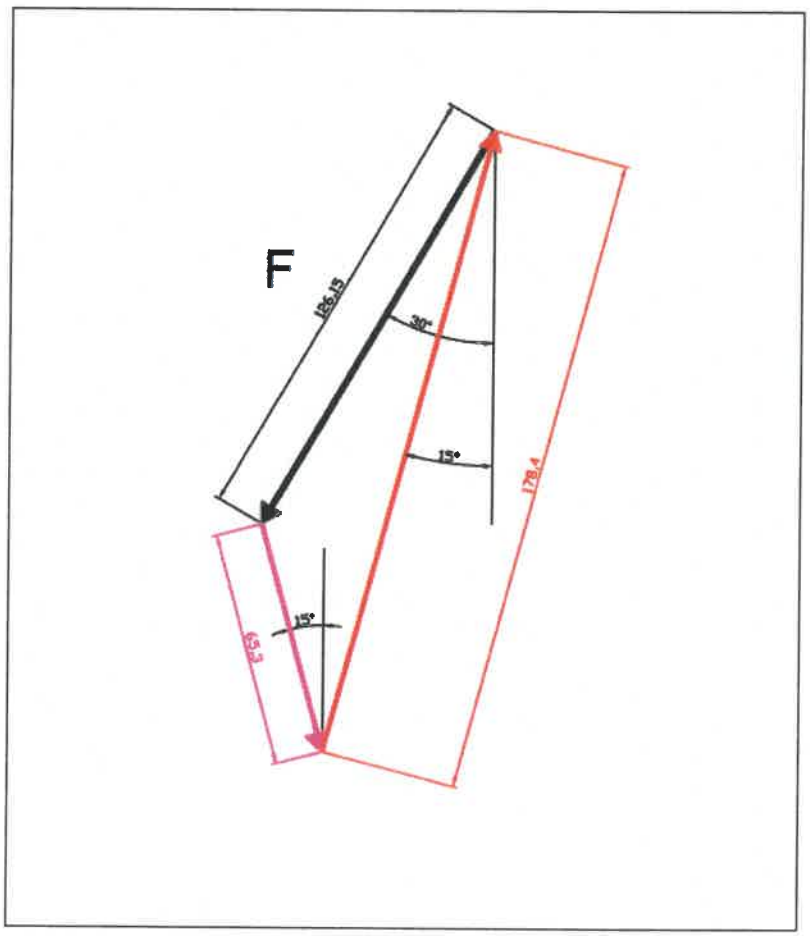
- Scenario "2"

Lo sforzo nella biella è determinato da semplici considerazioni geometriche:

F = carico di progetto fattorizzato = 84.10 x 1.50 = 126.15 kN.

α = 15° angolo formato dalla biella con l'asse ortogonale al pontile.

β = 30° angolo formato dal carico con l'asse ortogonale al pontile.



Il massimo sforzo nella biella è di N = 178.40 kN

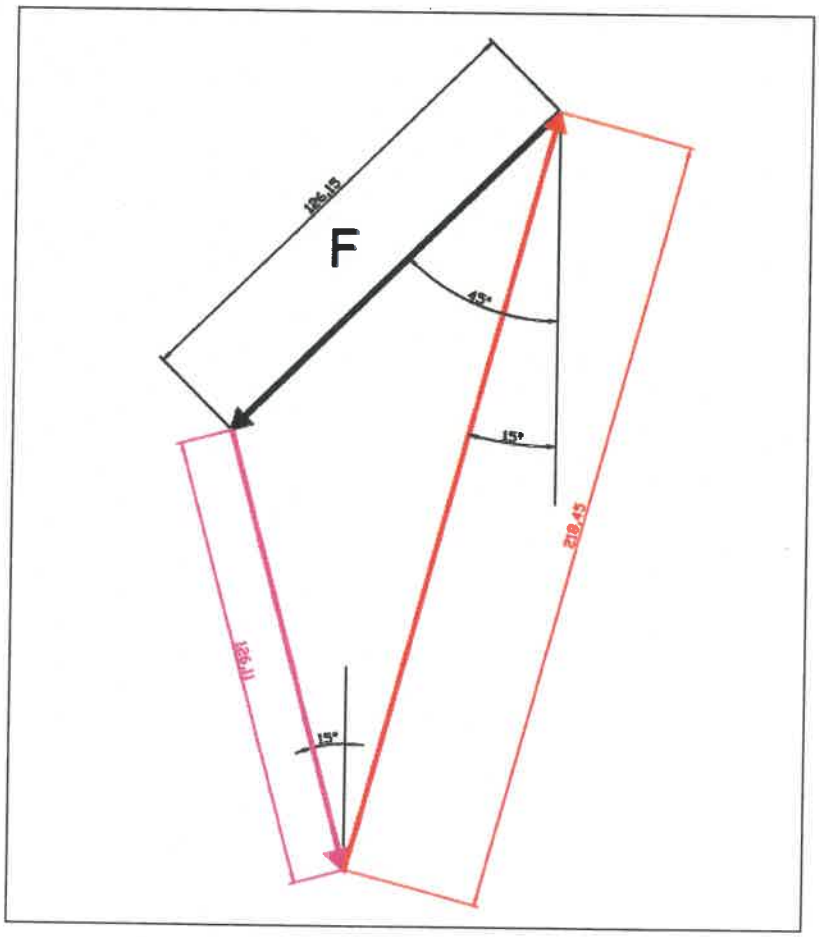
- Scenario "3"

Lo sforzo nella biella è determinato da semplici considerazioni geometriche:

F = carico di progetto fattorizzato = 84.10 x 1.50 = 126.15 kN.

α = 15° angolo formato dalla biella con l'asse ortogonale al pontile.

β = 45° angolo formato dal carico con l'asse ortogonale al pontile.



Il massimo sforzo nella biella è di N = 218.45 kN

7.1. Verifica biella

La biella è di lunghezza 4.00 m con la sezione di un tubo cavo. Il tubo è di diametro ϕ 152.4 e spessore 5.9 mm

La verifica delle aste presso inflesse sarà eseguita secondo quanto prescritto al paragrafo C4.2.4.1.3.3.2 Metodo B della *CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617* in particolare saranno verificate le seguenti disuguaglianze:

per sezioni di classe 1, 2 o 3

$$\frac{N_{Ed}\times\gamma_{M1}}{\chi_y\times A\times f_{yk}}+k_{yy}\frac{M_{y,Ed}\times\gamma_{M1}}{\chi_{LT}\times W_y\times f_{yk}}+k_{yz}\frac{M_{z,Ed}\times\gamma_{M1}}{W_z\times f_{yk}}\le 1$$

$$\frac{N_{Ed}\times\gamma_{M1}}{\chi_y\times A\times f_{yk}}+k_{zy}\frac{M_{y,Ed}\times\gamma_{M1}}{\chi_{LT}\times W_y\times f_{yk}}+k_{zz}\frac{M_{z,Ed}\times\gamma_{M1}}{W_z\times f_{yk}}\le 1$$

dove

W_y e W_z = modulo plastico per sezione di classe 1 e 2

SEZIONE TIPO				sezioni tubolari			
Diametro est	152.4 mm						
spessore	5.9 mm						
area	A=	27	cmq	0.021 ton/m			
Momenti d'inerzia	Jx=	730	cm^4				
	J y=	730	cm^4				
moduli di resistenza	W x,pl=	127	cm^3	W x,el =	96	cm^3	
	W y,pl=	127	cm^3	W y,el =	96	cm^3	
	ix=	5.18	cm				
	iy=	5.18	cm				

Acciaio fy =	355	N/mm²		
ε =	0.81			
d/t =	25.83	=	39.0	ε²
classe 1 ≤ 50 ε²				
classe 2 ≤ 70 ε²				
classe 3 ≤ 90 ε²				
Yg/metà sez	46.7 mm			
Xg/metà sez	46.7 mm			

VERIFICA D'INSTABILITA' - CASO GENERALE (presso flessione deviata)

Tipo acciaio	S	355					
tens. di snervamento	f_y =	355	N/mmq				
spessore max elementi	s_{max} =	40	mm				
tens. di snervamento ridotta	f_y =	355	N/mmq		γ_m =	1.10	coeff. di sicur. materiale
	E =	210000	N/mmq				
	γ_m x γ_c =	1.1			γ_c =	1.00	fattore di importanza
	α =	0.21					
	β_A =	1.00		β_{Mx} =	1.10	β_{My} =	1.10
	λ_1 =	76.41					
CARATTERISTICHE ASTA							
area	A =	27	cmq				
Momenti d'inerzia	Jx =	730	cm^4				
	J y =	730	cm^4				
moduli di resistenza	W x,el =	96	cm^3		W x,pl =	127	cm^3
	W y,el =	96	cm^3		W y,pl =	127	cm^3
raggi d'inerzia	ρ x =	51.8	mm				
	ρ y =	51.8					
lunghezza libera	lo =	400	cm				
Snellezze	λ x=	77.16					
	λ y=	77.16					
	λ^* x=	1.01					
	λ^* y=	1.01					
	ϕ x=	1.09		μ x=	-2.06		
	ϕ y=	1.09		μ y=	-2.06		
Coefficienti di riduzione	χ x =	0.66		kx =	1.50		
	χ y =	0.66		ky =	1.50		
	χ min =	0.659					
SOLLECITAZIONI	Nsd =	220	kN				
	Mxsd =	0	kN m				
	Mysd =	0	kN m				

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y M_{y.Sd}}{W_{pl.y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{y.Sd}}{W_{pl.z} f_y / \gamma_{M1}} = 0.38 < 1$$

8. CONCLUSIONI

La soluzione individuata per ancorare i pontili galleggianti dell'approdo Palatucci a Verbania, è un sistema ibrido costituito da una boa galleggiante ancorata al fondale con catene o cime di alta tenacità (poliestere) sulla quale è incernierata una coppia di bielle distanziatrici vincolate al pontile con giunti cardanici.

Si è preferito utilizzar questo schema poiché il tradizionale sistema con catene e corpi morti provocherebbe eccessive oscillazioni nei pontili mentre il sistema con pali infissi nel fondale, pur consentendo l'innalzamento e l'abbassamento dei pontili durante le fasi di magra e di piena del lago, non è proponibile per l'elevata profondità del lago.

Il sistema biella - galleggiante permette di associare l'economicità del sistema a catene per fondali profondi con la rigidezza offerta dal sistema delle bielle (limitare le oscillazioni del pontile).

I materiali previsti per la realizzazione di queste strutture saranno leggeri e resistenti alla corrosione. La boa galleggiante dovrà essere realizzata in HDPE, disposta all'interno di una gabbia in acciaio inox o zincato, alla quale saranno collegate le bielle che disporranno di giunti cardanici per consentire le rotazioni nello spazio e le cime di ancoraggio. Le cime di ancoraggio infine saranno realizzate in poliestere al fine di ridurre il peso e consentire la regolazione della lunghezza.

Il tiro massimo sulla cima è di circa 220 kN; analoghe caratteristiche ha lo sforzo di trazione sulla biella da relizzare in profilo tubolare in acciaio.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Planimetria di progetto 3

Figura 2. Planimetriadi progetto: Pontili A ed I 6

Figura 3. Planimetriadi progetto: Pontili B, C, D ed E 7

Figura 4. Planimetria di progetto: Pontili F, G, ed H 8

Figura 5. Altezze idrometriche – Valori storici relativi al periodo 1942 – 2015 9