



REGIONE LAZIO

COMMITTENTE:



Comune di Trevignano Romano

PIAZZA VITTORIO EMANUELE III, 1
TREVIGNANO ROMANO (RM) 00069 - Tel. +39 06 99 91 20 207
pec: protocollo.trevignanoromano@legalmail.it

IL SINDACO

Dott.ssa Claudia Maciucchi

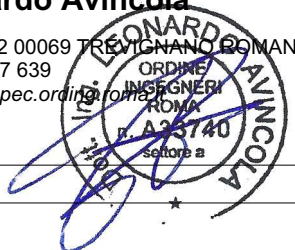
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Geom. Sandro Torregiani

PROGETTISTA :

Ing. Leonardo Avincola

VIA S. FILIPPO 2 00069 TREVIGNANO ROMANO
TEL/FAX 06 9997 639
pec: l.avincola@pec.ordineingegneriroma.it



collaboratori :

Ing. Davide Saltari

VIA TITIRO 30 00155 ROMA
TEL/FAX 06 2294000
davide.saltari@gmail.com

PROGETTO :

BANDO REGIONALE REGIONE LAZIO MISURA 1.44 - PESCA NELLE ACQUE INTERNE E FAUNA E FLORA NELLE ACQUE INTERNE- PORTI, LUOGHI DI SBARCO, SALE PER LA VENDITA ALL'ASTA E RIPARI DI PESCA

LAVORI DI REALIZZAZIONE PONTILI PER PICCOLE IMBARCAZIONI

PROGETTO DEFINITIVO

N° progetto	Commessa	N° progr.	N° elab.	Rev
003	20 TRV POR	004	003	00

Titolo Elaborato :

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

SCALA :

-

DATA :

Novembre 2020

INDICE

1. Introduzione	2
2. Normativa di riferimento.....	2
3. Pontile galleggiante.....	3
3.1 Dimensionamento e verifica degli elementi di ritenuta dei moduli	3
4. Radicamento a terra del pontile – Struttura a massi sovrapposti.....	7
4.1 Caratteristiche meccaniche dei materiali.....	8
4.1.1 Calcestruzzo classe di resistenza C28/35	8
4.1.2 Acciaio B450C	9

COMUNE DI TREVIGNANO ROMANO - arrivo - Prot. 16259/PROT del 30/11/2020 - titolo VI - classe 09

1. Introduzione

Oggetto della presente relazione sono i calcoli preliminari delle strutture previsti nell'ambito del progetto definitivo dei "Lavori per la realizzazione di pontili galleggianti per piccole imbarcazioni e opere di adeguamento delle strutture esistenti" con finanziamento della Regione Lazio affidato al Comune di Trevignano Romano relativo alla Misura 1.44: Pesca nelle acque interne e fauna e flora nelle acque interne - Porti, luoghi di sbarco, sale per la vendita all'asta e ripari di pesca" da realizzare in località Rigostano a Trevignano Romano nelle acque del lago di Bracciano.

Nel presente progetto è prevista sia la realizzazione di una struttura di accosto e ormeggio costituita da un radicamento a terra formato da una struttura fissa costituita da massi sovrapposti in calcestruzzo che la fornitura e posa in opera di una passerella mobile consentirà di accedere al pontile galleggiante, di forma leggermente arcuata, costituito da una serie di moduli (per una lunghezza complessiva di 24 m e larghezza minima di 2,5 m) ancorati mediante catene di acciaio zincato collegate ad elementi prismatici in calcestruzzo poggiati/affondati sul fondale.

All'interno dei moduli costituenti il pontile galleggiante è prevista la predisposizione di cavidotti per il passaggio degli impianti di servizio quali energia elettrica, acqua, illuminazione notturna del pontile, che potrà essere oggetto di successivi adeguamenti mediante stralci funzionali.

La quota di estradosso del pontile galleggiante è fissata a +0.60 m sul livello idrico lacuale, mentre quella della piattaforma a circa + 1,0 m sul livello idrometrico di riferimento pari a + 163,04 m sul l.m.m. (vedi elaborato specifico relativo allo "Studio del clima anemometrico e calcolo dell'onda di progetto").

2. Normativa di riferimento

Le strutture previste nell'ambito del presente progetto rispettano le indicazioni legislative di cui alle seguenti norme:

- Legge 5/11/1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e da struttura metallica
- Legge 2/2/1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni?*";
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 "*Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*"
- "*Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime*" – Ministero dei Lavori Pubblici – Consiglio Nazionale delle Ricerche (GNDCI)

- “*Technical standards for port and harbour facilities in Japan*” – OCDE 1991
- “*Probabilistic design tools for vertical breakwaters*” – Maarten de Groot – 2001

3. Pontile galleggiante

3.1 Dimensionamento e verifica degli elementi di ritenuta dei moduli

Il pontile galleggiante è dimensionato per un sovraccarico accidentale di 400 daN/m² corrispondente al sovraccarico di esercizio per ambienti suscettibili di affollamento (Cat. C2 della Tabella 3.1.II delle NTC)

L'ancoraggio del pontile è affidato a corpi morti in calcestruzzo disposti su entrambi i lati, ad opportuna distanza, per mezzo di catene di acciaio zincato in corrispondenza di ciascuna estremità dei singoli moduli. Il collegamento tra modulo galleggiante e corpo morto è effettuata in maniera incrociata, ovvero ciascuna catena è fissata all'estremità opposta del modulo galleggiante rispetto alla posizione del corpo morto, al fine di limitare effetti di rollio). I corpi morti sono dimensionati per resistere alle azioni dovute al vento agente sulle imbarcazioni ormeggiate in prossimità dei fronti di accosto del pontile (sia lato terra sia lato lago).

Per il calcolo dell'azione del vento sulle imbarcazioni ormeggiate è stata utilizzata la formula riportata nel testo “*Marinas: Design and Operation*” (W.R. Blain and N.B. Webber), ricavata da H.L. Burn and Associates:

$$F_w = 0.72 \times A \times D \times S \times V^2$$

dove:

- F = Spinta (N)
- A = Area trasversale dell'imbarcazione (m²)
- D = fattore di direzione del vento
- S = fattore di esposizione
- V = velocità del vento (m/s)

Il calcolo dell'azione del vento sulle imbarcazioni è stato svolto con riferimento allo schema di ormeggio riportato nella figura seguente ipotizzando cautelativamente che le imbarcazioni ormeggiate possano raggiungere i 10 m con una larghezza media del posto barca di circa 3.00 m. A favore di sicurezza si è ipotizzato che ogni modulo galleggiante (lunghezza massima di 12 m) sia fissato a due blocchi di ancoraggio disposti sui due lati del pontile. Per vento ortogonale al pontile tutta la forza del vento deve essere assorbita da un solo corpo morto, mentre per vento parallelo all'asse del pontile la forza si ripartisce equamente tra i due corpi morti.

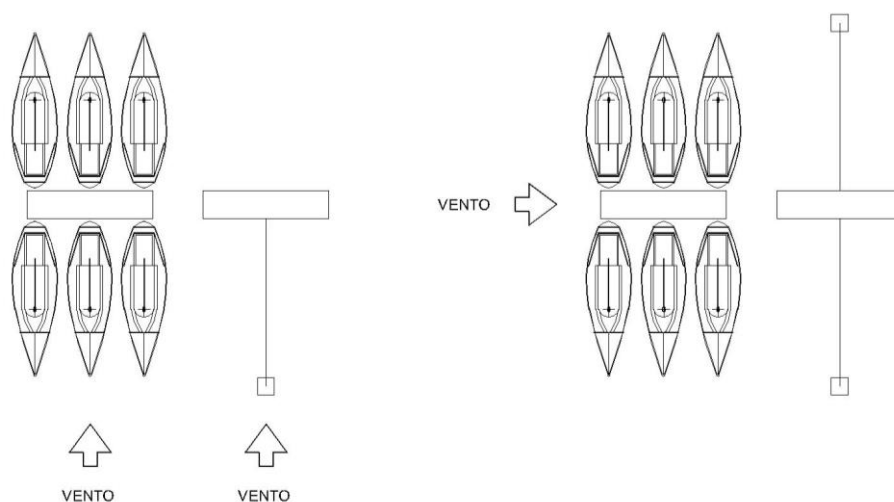


Figura 1 – Azione parallela e ortogonale del vento sulle imbarcazioni e sul modulo galleggiante

In riferimento allo schema descritto i parametri della formula assumono i seguenti valori:

- $D = 1.0$ per vento parallelo all'asse dell'imbarcazione;
- $D = 3.0$ per vento ortogonale all'asse dell'imbarcazione;
- $S = 1.0$ per la 1° fila di imbarcazioni esposte direttamente all'azione del vento;
- $S = 0.5$ per la 2° fila di imbarcazioni parzialmente schermate dall'azione del vento;
- $S = 0.3$ per le restanti file di imbarcazioni.

Per il calcolo della velocità del vento si è fatto riferimento alle disposizioni normative di cui alle NTC 2018 (articolo 3.3.1) da cui per il Lazio (lago di Bracciano) risulta:

- Zona 3: $v_{ref} = 27$ m/s
- Struttura classe 1 – Periodo di ritorno $T_R = 500$ anni: $\alpha_R = 1.122$

Tenuto presente che l'impiego della struttura è esteso a tutto l'anno, anche se l'utilizzo dei moduli galleggianti nel periodo invernale è limitato, nel calcolo dell'azione del vento si è fatto riferimento al periodo di ritorno $T_R = 500$ anni al quale corrisponde $\alpha_R = 1.122$. La velocità del vento da assumere nei calcoli in funzione del periodo di ritorno è pertanto pari a:

$$v_R(T_R) = \alpha_R \times v_{ref} = 1.122 \times 27 \text{ m/s} \approx 31 \text{ m/s}$$

Nel seguito si riporta il calcolo delle azioni del vento nelle condizioni di vento ortogonale al pontile ed in quelle di vento parallelo.

Caso di vento ortogonale

1° fila: $F = (12,00/3,0) \times 0,72 \times 10,0 \times 1,00 \times 1,00 \times 31^2 \approx 27,68$ kN

2° fila: $F = (12,00/3,0) \times 0,72 \times 10,0 \times 1,00 \times 0,50 \times 31^2 = 13,84$ kN

Caso di vento parallelo

$$1^{\circ} \text{ fila: } F = 2 \times 0,72 \times 10,0 \times 3,00 \times 1,00 \times 31^2 = 41,52 \text{ kN/m}$$

$$2^{\circ} \text{ fila: } F = 2 \times 0,72 \times 10,0 \times 1,00 \times 0,50 \times 31^2 = 6,92 \text{ kN/m}$$

$$3^{\circ} \text{ fila: } F = 2 \times 0,72 \times 10,0 \times 1,00 \times 0,30 \times 31^2 = 4,15 \text{ kN/m}$$

Pertanto nel caso di vento ortogonale al pontile ciascun corpo morto deve essere in grado di assorbire la risultante dell'azione del vento agente sulla 1° fila e sulla 2° fila di imbarcazioni:

$$F_1 = 41,52 \text{ kN}$$

Nel caso di vento parallelo al pontile l'azione risultante si ripartisce tra i due corpi morti. Pertanto su ciascun corpo morto agisce una forza pari alla metà della totale:

$$F_2 = (41,52 + 6,92 + 4,15) / 2 = 52,59 / 2 = 26,29 \text{ kN}$$

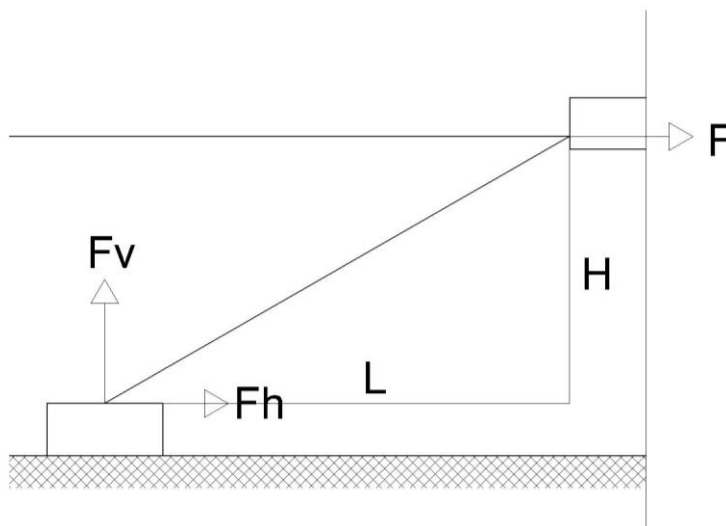


Figura 2 – Forze agenti sui corpi galleggianti trasferite al corpo morto

Le forze di cui sopra si traducono in corrispondenza del corpo morto in un'azione orizzontale ed in una verticale rivolta verso l'alto di intensità pari a:

- $F_v = F \times H/L = 41,52 \times 2,20 / 12,00 = 7,61 \text{ kN}$ essendo $L = 12 \text{ m}$ e $H = 2,20 \text{ m}$
- $F_h = F = 26,29 = 26,29 \text{ kN}$

Si evidenzia come l'attuale livello del lago è decisamente inferiore al valore di riferimento (zero idrometrico fissato a 163,04 m) per cui l'esistente profondità di 2,0 – 2,20 m (corrispondente al livello idrometrico aggiornato al 26.09.2020 di 161,62 m) è destinato ad incrementare fino ad un valore massimo di 3,60 m che rappresenta il livello massimo raggiungibile in cui avviene lo sfioro del lago nell'emissario). Il presente calcolo è stato eseguito sia per la situazione attuale che per la situazione futura che risulta la più gravosa rispetto a quella attuale sicuramente verificata in caso di valori

soddisfatti per le condizioni a lungo termine. Per un approfondimento sulla trattazione dei tiranti idrici attuali e futuri si rimanda alla trattazione dello *Studio del clima anemometrico e calcolo dell'onda di progetto*.

Assumendo quale profondità massima del fondale (corrispondente al livello idrometrico di riferimento pari a 163,04 m sul l.m.m.), ripetendo il calcolo si ottiene:

- $F_v = F \times H/L = 41,52 \times 3,60 / 12,00 = 12,78$ kN essendo $L = 12$ m e $H = 3,60$ m
- $F_h = F = 26,29 = 26,29$ kN

Ai fini delle verifiche di stabilità dei corpi morti devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

- $F_h \leq F_A$ dove con F_A si è indicata la forza di attrito all'interfaccia massa-terreno;
- $F_v \leq N$ dove con N si è indicata la risultante dei carichi verticali.

Assumendo nei calcoli massi da $2,25 \text{ m}^3$ (ovvero parallelepipedi con dimensioni di $1,5 \times 1,5 \times 1,2$ m) con peso di unità di volume immerso pari a $15,00 \text{ kN/m}^3$ ($W = 33,75$ kN) si ha:

per la situazione attuale del livello del lago in cui la profondità è pari a $h = 2,20$ m:

- $F_A = (W - F_v) \times \mu = (33,75 - 7,61) \times 0,60 = 15,68$ da cui $F_A / F_h = 15,68 / 7,61 = 2,06 > 1,0$
- $N = W - F_v = 33,75 - 7,61 = 26,14$ kN da cui $N / F_v = 3,43 > 1,0$.

per la situazione futura del livello del lago in cui la profondità è pari a $h = 3,60$ m:

- $F_A = (W - F_v) \times \mu = (33,75 - 12,45) \times 0,60 = 12,78$ da cui $F_A / F_h = 12,78 / 12,45 = 1,03 > 1,0$
- $N = W - F_v = 33,75 - 12,45 = 21,30$ kN da cui $N / F_v = 1,71 > 1,0$.

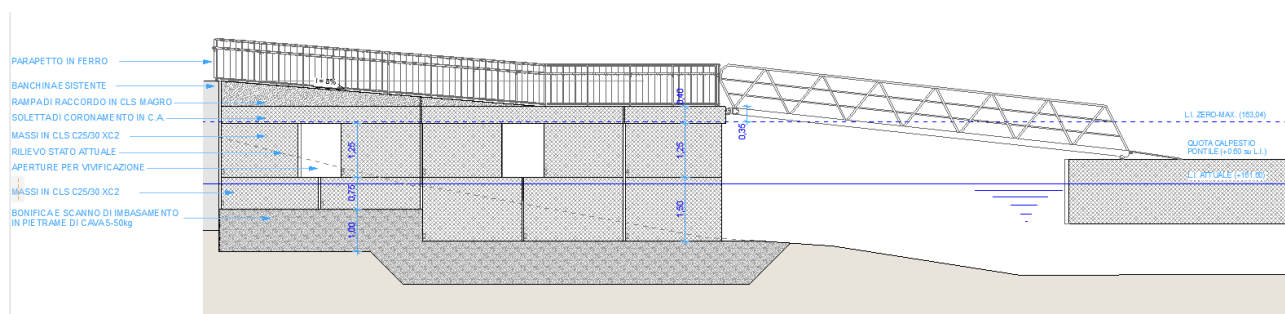
Pertanto le verifiche dei massi risultano soddisfatte.

4. Radicamento a terra del pontile – Struttura a massi sovrapposti

Nel presente paragrafo sono riportate le principali caratteristiche della struttura di radicamento a terra, da realizzare in massi sovrapposti che potranno essere realizzati in situ (invece che prefabbricati) con elementi prismatici delle dimensioni stabilite negli elaborati grafici di progetto utilizzando eventualmente il metodo del “getto in paratia”. Tale struttura, avente una lunghezza di 12 m ed una larghezza 3,50 m, ha lo scopo di fornire un prolungamento dell’attuale braccio (a cui verrà collegata una passerella sollevabile) avente la funzione di collegamento tra la terraferma ed il primo modulo galleggiante del nuovo pontile.

Più in dettaglio l’esecuzione di tale struttura fissa a massi sovrapposti è necessaria, unitamente alla passerella sollevabile, per evitare che il primo modulo galleggiante sia troppo vicino alla riva e che possa urtare contro i bassi fondali che contraddistinguono la fascia limitrofa alla linea di riva. La quota di imbasamento del radicamento a terra sarà variabile con una profondità massima di -2,0 m rispetto all’attuale livello idrico di riferimento del lago (a lungo termine il livello si dovrebbe portare in corrispondenza dello zero idrometrico che è pari a 163,04 m). Quindi avendo attualmente il lago un livello più basso di circa 1,40 m, si dovrà operare un minimo approfondimento e livellamento al fine di ottenere un tirante idrico di 2,0 m (ovvero si dovrà arrivare alla quota di 161,0 m). L’altezza del piano di calpestio della nuova struttura di radicamento a terra assumerà nel tratto di prolungamento quote variabili. Infatti quando il lago raggiungerà il livello dello zero idrometrico, essa dovrà assumere un valore di circa +1,10 m al disopra del valore dello zero idrometrico. Fino a quel momento l’altezza di detto piano sarà maggiore ed in particolare nella situazione attuale (settembre 2020) essendo i valori di riferimento del tirante idrico pari ad $h = 2,0 - 2,20$ m con corrispondente quota della superficie lacuale di +161,60 m. Pertanto il prolungamento in massi sovrapposti assumerà temporaneamente una forma di piano inclinato come mostrato dalla illustrazione seguente.

Nella figura viene mostrata la sezione longitudinale tipo della struttura a massi sovrapposti con l’indicazione della soluzione da realizzare con il livello idrometrico attuale (che al 26.09.2020 è di circa 161,60 m).



La struttura fissa, come si può facilmente osservare, è costituita nella parte sommitale da un piano inclinato (da eseguire mediante semplice getto di calcestruzzo, eventualmente rivestito in doghe di

legno o materiale composito antiscivolo) che dalla quota 164,0 m raggiunge la testata del radicamento ad una quota di poco inferiore a 163,0 m, su cui verrà fissata la passerella di accesso al pontile che assumerà una quota di circa 60 cm più alta del piano di appoggio del modulo galleggiante. Poiché il livello del lago aumenterà fino ad arrivare al valore di riferimento dello zero idrometrico (ovvero 163,04 m) si prevede che in futuro all'incrementare del tirante idrico si dovrà adeguare il piano di calpestio inclinato con il posizionamento di nuovi elementi in calcestruzzo, adeguando la rampa inclinata fino ad ottenere una superficie orizzontale a quota +164,0 m, ovvero circa 1,0 al di sopra del livello massimo raggiungibile.

Come si può osservare il pontile galleggiante viene distanziato di circa 20 m dall'attuale linea di riva per raggiungere profondità attuali di circa 2,0 m (che aumenteranno fino a 3,60 m quando si raggiungerà lo zero idrometrico). Anche la struttura fissa, nel suo tratto iniziale, viene realizzata leggermente sommersa (di circa 1,0 m rispetto al livello attuale del lago), con andamento ortogonale alla linea di riva e collegata all'esistente struttura in calcestruzzo già presente a terra (avente piano di calpestio attuale pari a circa 164,0 m).

4.1 Caratteristiche meccaniche dei materiali

4.1.1 Calcestruzzo classe di resistenza C28/35

I massi sovrapposti costituenti il nuovo radicamento a terra finalizzato al prolungamento dell'esistente braccio e al fissaggio della passerella di accesso al pontile galleggiante verranno realizzati con calcestruzzo di classe $R_{ck} = 35 \text{ MPa}$.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati ottenute secondo le indicazioni contenute nel Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 ("Norme tecniche per le costruzioni") e successivi aggiornamenti (NTC 2018) sono riportate di seguito:

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo:

$$\begin{aligned} R_{ck} &= 35 \text{ MPa} \\ f_{ck} &= 0.83 \times R_{ck} = 29.05 \text{ MPa} \\ f_{ctm} &= f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ MPa} \\ f_{cd} &= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 16.46 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo:

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.83 \text{ MPa} \\ f_{ctk} &= 0.70 \times f_{ctm} = 1.98 \text{ MPa} \\ f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo:

$$\begin{aligned}f_{bk} &= 2.25 \times \eta \times f_{ctk} &= 4.47 \text{ MPa} \\f_{bd} &= f_{bk} / \gamma_c &= 2.98 \text{ MPa} \\E_{cm} &= 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} &= 32588 \text{ MPa} \\v_{clsfess} &= 0 \\v_{clsnonfess} &= 0.2 \\\alpha &= 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}\end{aligned}$$

4.1.2 Acciaio B450C

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio B450C che verrà utilizzato come armatura di supporto non avente funzioni strutturali sono riportate nel seguito:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.30 \text{ MPa}$$