



**INTERVENTI EMERGENZIALI DI RIDUZIONE DEL  
RISCHIO RESIDUO AI SENSI DELL'ART. 25 LETT. D)  
DEL D.LGS. 1/2018 E DELL'ART. 3 C. 1 DELL'  
O.C.D.P.C. 616/2019 – RIFACIMENTO DEI  
FRANGIONDE E DARSENA STRADA CORTE  
COMARE (PRESSO PONTE LONGO) E DARSENA  
F.TA DELLE CAPPUCINE (CUP J77H21001570001)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**IN21.0270-REL-E030.0**

**Relazione di calcolo delle strutture e geotecnica**

Venezia, 27 dicembre 2022

Progettista  
InTeA Srl  
*ing. Andrea Bondi*  
(atto firmato digitalmente)

Responsabile Unico del Procedimento  
*Dott. Arch. Roberto Megera*  
(atto firmato digitalmente)

---

## Indice

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Premessa .....  | 3  |
| 2.    | Descrizione degli interventi in progetto .....                | 4  |
| 2.1   | Darsena su Strada Corte Comare .....                          | 4  |
| 2.2   | Darsena su Fondamenta delle Cappuccine .....                  | 7  |
| 3.    | Definizione delle azioni di progetto .....                    | 10 |
| 3.1   | Criteri per la valutazione delle azioni sulle strutture ..... | 10 |
| 3.1.1 | Carichi permanenti .....                                      | 10 |
| 3.1.2 | Carichi accidentali .....                                     | 10 |
| 3.1.3 | Azioni sismiche .....   | 10 |
| 3.2   | Elenco delle condizioni elementari di carico.....             | 10 |
| 3.3   | Azioni sull'impalcato .....                                   | 10 |
| 3.4   | Moto ondoso.....  | 11 |
| 3.5   | Azioni ambientali: neve e vento.....                          | 12 |
| 3.5.1 | Neve .....  | 12 |
| 3.5.2 | Vento .....   | 12 |
| 3.6   | Azioni da urto di natanti .....                               | 13 |
| 3.7   | Azione sismica.....   | 13 |
| 3.7.1 | Vita nominale.....  | 13 |
| 3.7.2 | Classi d'uso .....  | 13 |
| 3.7.3 | Periodo di riferimento dell'azione sismica .....              | 13 |
| 3.7.4 | Categoria di sottosuolo.....                                  | 14 |
| 3.7.5 | Masse sismiche .....  | 14 |
| 3.7.6 | Azione sismica.....   | 14 |
| 3.8   | Combinazioni di carico .....                                  | 15 |
| 3.8.1 | Combinazioni di carico statiche.....                          | 15 |
| 3.8.2 | Combinazioni di carico sismiche .....                         | 15 |
| 4.    | Normative di riferimento .....                                | 16 |
| 4.1   | Programmi di calcolo .....                                    | 16 |

---

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.    | Materiali – Relazione illustrativa sui materiali ..... | 17 |
| 5.1   | Travi in legno esotico AZOBE' .....                    | 17 |
| 5.2   | Tavolato in legno esotico OKAN .....                   | 18 |
| 5.3   | Acciaio per carpenteria metallica .....                | 19 |
| 6.    | Verifica della darsena su Strada Corte Comare .....    | 20 |
| 6.1   | Tavolato in OKAN .....                                 | 20 |
| 6.2   | Travi in legno di rovere sez. 18x24 cm.....            | 22 |
| 6.3   | Pali di fondazione – azioni verticali .....            | 25 |
| 6.4   | Pali di fondazione – azioni orizzontali .....          | 26 |
| 7.    | Verifica della darsena in F.ta delle Cappuccine .....  | 28 |
| 7.1   | Verifica impalcato di calpestio .....                  | 28 |
| 7.1.1 | Verifica tavolato .....                                | 28 |
| 7.1.2 | Verifica travi longitudinali .....                     | 31 |
| 7.2   | Verifica palancolato metallico .....                   | 34 |
| 7.2.1 | Configurazione geometrica palancolato .....            | 34 |
| 7.2.2 | Verifica capacità portante per carichi verticali ..... | 34 |
| 7.2.3 | Verifica stabilità per azioni orizzontali .....        | 35 |

---

## **1. Premessa**

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo degli elementi strutturali previsti dal progetto di ripristino della Darsena su Strada Corte Comare e in Fondamenta delle Cappuccine a Burano, entrambe danneggiate dagli eventi meteorologici eccezionali del novembre 2019.

Per maggiori dettagli sul progetto si rinvia alla relazione tecnica e agli elaborati grafici.

---

## 2. Descrizione degli interventi in progetto

### 2.1 Darsena su Strada Corte Comare

La darsena su Strada Corte Comare si trova a nord-ovest dell'isola di Burano, in prossimità del Ponte Longo, lungo il Canale Esterno Sud-Est Mazzorbo.

La porzione di pontile oggetto di intervento è il tratto che delimita la darsena a nord-est e avente una lunghezza complessiva di circa 60,00 m e una larghezza di 1,25 m. La parte restante è stata oggetto di un recente intervento di manutenzione ed è pertanto esclusa dal progetto.

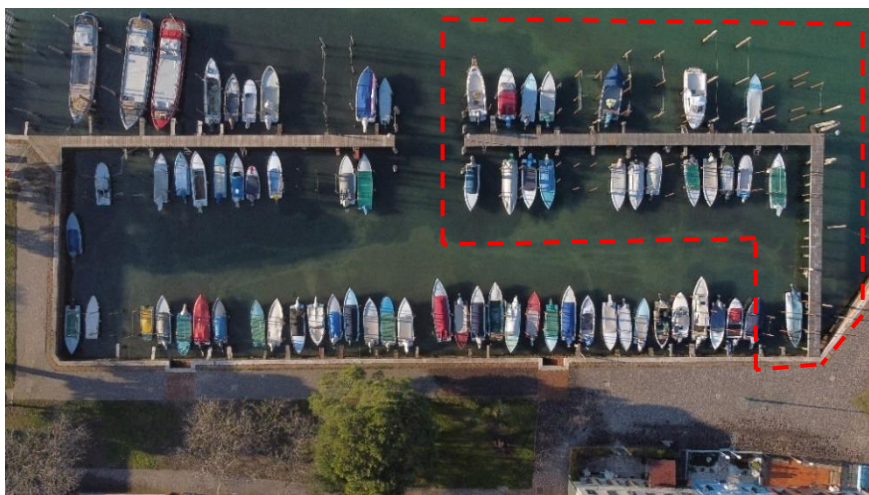


Fig. 2.1: Vista aerea dell'area della darsena (in rosso è evidenziata la porzione oggetto di intervento)

#### 2.1.1 Stato di fatto

Il pontile attualmente risulta costituito da una struttura con travi in legno principali 21x23 cm (bxh) e secondarie 18x24 cm (bxh), impalcato in tavolato ligneo di sp. 4,5 cm e pali di fondazione compositi costituiti da materiale sintetico ad anima metallica di diametro 22 cm posti ad interasse di circa 2,00 m.

Le strutture lignee presentano un evidente stato di degrado mentre i pali, in materiale composito, risultano essere in buono stato di conservazione.

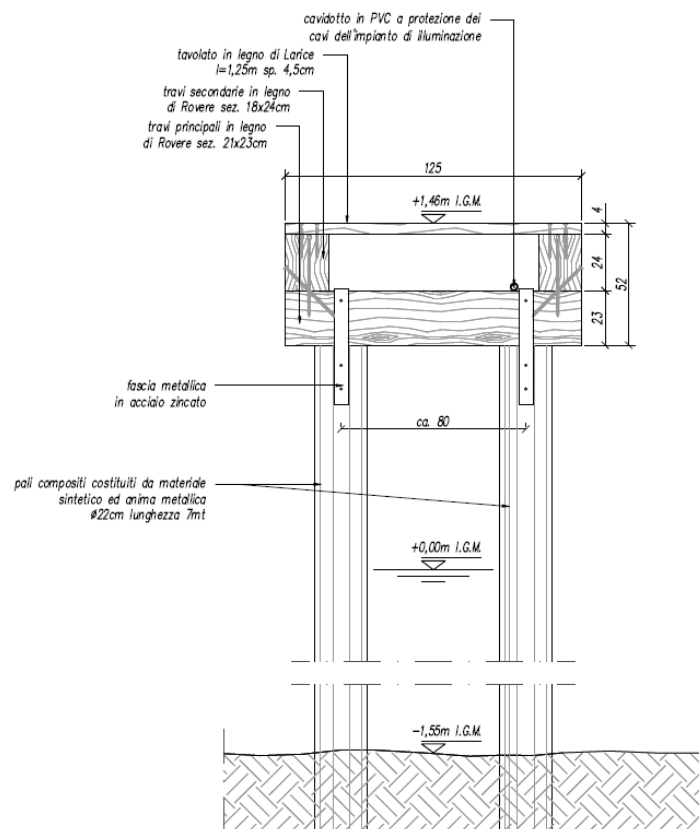


Fig. 2.2: Sezione tipologica pontile

Sulle strutture lignee sono presenti scalette di risalita in acciaio o in legno, installate dagli utenti della darsena. I pali di ormeggio delle imbarcazioni, in legno o materiale composito, presenti su entrambi i lati, sono stati installati anch'essi dall'utenza finale.

L'illuminazione del tratto di pontile è costituita da due lampioni, uno posizionato all'estremo del pontile in corrispondenza dell'accesso acqueo alla darsena, l'altro sull'angolo nord, la cui alimentazione avviene attraverso un cavidotto flessibile in pvc parallelo alle travi secondarie. I lampioni risultano essere in buono stato di conservazione

### 2.1.2 Interventi in progetto

Gli interventi di ripristino della porzione nord del pontile di accesso alla darsena prevedono il solo rinnovo degli elementi lignei deteriorati, senza modifiche di forma e dimensione tra cui:

- rimozione del tavolato esistente;
- rimozione delle travi lignee secondarie e principali esistenti;
- rimozione dell'impiantistica esistente (n.2 lampioni, cavi e cavidotti in PVC);
- posa in opera di nuove travi in legno di Rovere D24 di sezione analoga all'esistente;
- posa in opera di tavolato in legno naturalmente durevole, tipo Okan dello spessore di 4,5 cm con finitura antiscivolo;
- posa di tubazione in acciaio zincato Ø63mm per il passaggio dell'alimentazione per l'illuminazione pubblica lungo il pontile e di tubo in PVC nel tratto a terra per il collegamento con il pozzetto della rete di illuminazione pubblica;
- nuova posa in opera dei n. 2 lampioni dell'illuminazione pubblica, inclusa posa di cavi tipo "FG16(O)R16";
- sostituzione dei pali di segnalazione dell'ingombro della darsena con nuovi pali in legno di Rovere Ø30 cm.

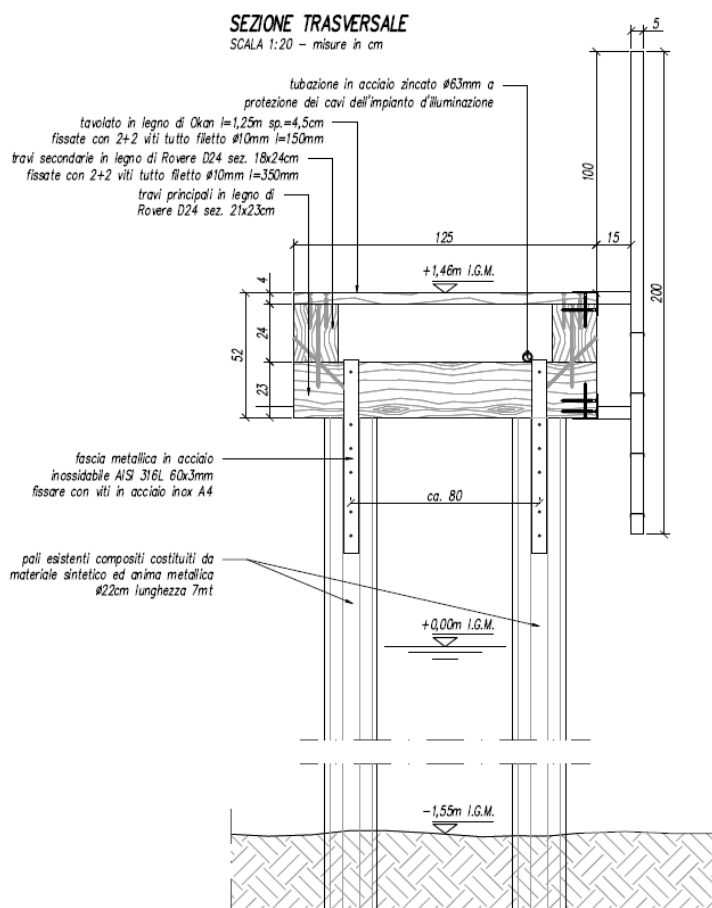


Fig. 2.3: Sezione tipologica di progetto del pontile

---

## 2.2 Darsena su Fondamenta delle Cappuccine

### 2.2.1 Stato di fatto

La darsena su Fondamenta delle Cappuccine si trova a sud dell'isola di Burano in corrispondenza dell'intersezione dei canali che circondano l'isola (Canale Esterno Est e Canale Esterno Sud Ovest) e il Canale di Raccordo, via navigabile che collega Burano con Canale S. Francesco e Canale di Crevan, in corrispondenza dell'imbocco del Rio De la Giudecca (a est dell'omonimo sestiere).

Il frangionde della Darsena ha uno sviluppo longitudinale complessivo di circa 105 m ed è costituito da una struttura in palancole metalliche tipo 'Larssen 605K', profili metallici HEB120 posti trasversalmente, travi longitudinali lignee 14x20 cm (bxh), piano di calpestio di larghezza 2,40 m in tavolato dello spessore di 5 cm. Su entrambi i lati del pontile insiste un rivestimento costituito da tavolato in legno.



Fig. 2.4: Vista aerea della darsena in Fondamenta delle Cappuccine





Fig. 2.5: Individuazione dell'area di intervento

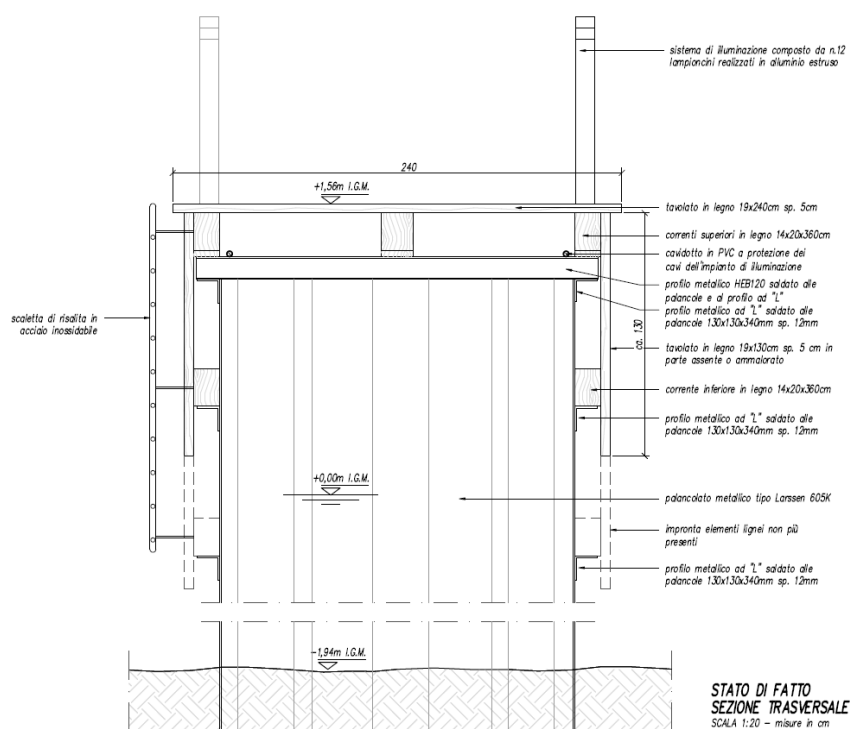


Fig. 2.6: Sezione tipologica del frangionda attuale

## 2.2.2 Interventi in progetto

Il progetto prevede la demolizione del frangionde esistente e la sua ricostruzione con analoga geometria. In particolare sono previsti:

- 
- rimozione del tavolato in legno di impalcato e di rivestimento del palancoleto metallico;
  - rimozione dell'impiantistica esistente (lampioncini, cavi e cavidotti in PVC);
  - rimozione della travatura lignea;
  - taglio e rimozione delle travi e degli elementi in acciaio;
  - estrazione e taglio del palancoleto metallico;
  - trasporto dei materiali metallici di risulta presso il sito di stoccaggio temporaneo indicato dal Provveditorato Interregionale per le OO.PP., ovvero presso la piarda di Ca' Roman, nella laguna sud;
  - infissione di palancole in acciaio tipo Larssen 605 K in acciaio S 355 GP;
  - posa di profili ad "L" 100x200x340mm sp.10 mm e di travi HEB120, in acciaio tipo S 355J0, saldate in opera alle palancole e al profilo ad "L" a supporto dell'impalcato e del rivestimento in legno;
  - posa di tubazione in acciaio zincato Ø63mm per il passaggio dell'alimentazione per l'illuminazione pubblica lungo il pontile;
  - realizzazione dell'impalcato con travi e tavole in legno naturalmente durevole; per la struttura principale verranno utilizzate travi in Azobè con sezione 20x20 cm e per il tavolato doghe in Okan con finitura rigata antiscivolo aventi sezione 15x4,5 cm e lunghezza 240cm;
  - posa del tavolato di rivestimento dei prospetti laterali; anche in questo caso verranno utilizzate travi in Azobè con sezione 15x20 cm e per il tavolato doghe in Okan con finitura liscia aventi sezione 15x5 cm e lunghezza 200cm;
  - posa del sistema di illuminazione composto da torrette con lampada led e corpo adeguatamente protetto rispetto agli spruzzi e all'atmosfera salina, incluso il cablaggio con cavi tipo "FG16(O)R16";
  - posa di pali lungo il perimetro esterno del frangionde per protezione della struttura e per l'eventuale ormeggio di mezzi di emergenza. I pali avranno diametro pari a 22 cm e saranno in plastica riciclata con anima in acciaio.

---

### **3. Definizione delle azioni di progetto**

#### **3.1 Criteri per la valutazione delle azioni sulle strutture**

##### **3.1.1 Carichi permanenti**

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture. Essi sono valutati moltiplicando il volume calcolato geometricamente per i pesi specifici dei materiali.

##### **3.1.2 Carichi accidentali**

I carichi di esercizio sono valutati in accordo alle NTC2018.

##### **3.1.3 Azioni sismiche**

Si considerano presenti le masse relative ai carichi permanenti e ad un'aliquota dei carichi accidentali. L'entità dell'azione sismica è determinata in accordo alle NTC2018.

#### **3.2 Elenco delle condizioni elementari di carico**

Si calcola l'opera sottoposta alle azioni indotte da:

- G<sub>1</sub>    peso proprio delle strutture;
- G<sub>2</sub>    carichi permanenti portati;
- Q      carico accidentale sugli impalcati di piano;
- Q<sub>n</sub>    carico da neve;
- Q<sub>h</sub>    azioni da moto ondoso;
- E      azioni sismiche.

Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti in funzione delle particolari strutture dell'opera in esame.

#### **3.3 Azioni sull'impalcato**

Peso proprio elementi in legno                      gw = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

Sovraccarichi sull'impalcato del pontile:

---

Carico accidentale su pontile

$$Q = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

### 3.4 Moto ondoso

La struttura è interessata da un moto ondoso che può essere schematizzato come un sistema di onde stazionarie; le caratteristiche dell'onda di progetto considerate sono le seguenti, con riferimento allo zero del mareografo di Punta della Salute:

$$H_s = \text{altezza dell'onda significativa} = 0,55 \text{ m}$$

$$L = \text{lunghezza dell'onda} = 10,00 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 2 H_s = 1,10 \text{ m}$$

$$d = \text{altezza del fondale} = 1,55 \text{ m} + 1,40 \text{ m} = 2,95 \text{ m}$$

$$h_m = \text{altezza massima marea} = 1,40 \text{ m}$$

In base alla teoria di Sainflou, ipotizzando che il fronte d'impatto sia verticalmente continuo, l'incremento del livello medio mare durante l'azione dell'onda stazionaria è pari a:

$$h_0 = \pi H^2 / L \coth(Kd)$$

La pressione in corrispondenza del fondale è pari a:

$$p_1 = \gamma \cdot H / \cosh(Kd)$$

La pressione in corrispondenza del livello dell'acqua è pari a:

$$p_2 = (H+h_0) \cdot (\gamma \cdot d + p_1) / (H+h_0+d)$$

#### Spinta onda stazionaria

|   |                |                         |
|---|----------------|-------------------------|
| altezza onda significativa              | $H_s$          | 0,55 m                  |
| altezza dell'onda di progetto           | $H = 1,67 H_s$ | 0,92 m                  |
| periodo                                 | $T$            | 2,33 s                  |
| lunghezza dell'onda                     | $L$            | 8,52 m                  |
|   | $k=2\pi/L$     | 0,74                    |
| altezza media del fondale               | $d'$           | 1,55 m                  |
| altezza marea                           | $d_m$          | 1,40 m                  |
| altezza fondale di calcolo              | $d$            | 2,95 m                  |
| incremento livello m.m- dovuto all'onda | $h_0$          | 0,32 m                  |
| peso specifico acqua                    | $\gamma$       | 10,00 kN/m <sup>3</sup> |
| pressione sul fondo                     | $p_1$          | 2,06 kN/m <sup>2</sup>  |
| pressione al livello dell'acqua         | $p_2$          | 9,33 kN/m <sup>2</sup>  |

---

### 3.5 Azioni ambientali: neve e vento

#### 3.5.1 Neve

Zona Neve = II

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo ( $q_{sk} C_e$ ) = 100 daN/mq

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda = 0,0°

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q = 80 \text{ daN/mq}$

#### 3.5.2 Vento

Zona vento = 1

Velocità base della zona,  $V_{b,o} = 25 \text{ m/s}$  (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 1000 \text{ m}$  (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 1 \text{ m}$

Velocità di riferimento,  $V_b = 25,00 \text{ m/s}$  ( $V_b = V_{b,o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50 \text{ anni}$

$C_r = 1$  per  $T_r = 50 \text{ anni}$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b C_r = 25,00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Categoria esposizione: (Zona costiera entro 10 km dal mare) tipo II

(  $K_r = 0,19$ ;  $Z_o = 0,05 \text{ m}$ ;  $Z_{min} = 4 \text{ m}$  )

Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 39 \text{ daN/m}^2$

Coefficiente di forma,  $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico,  $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione,  $C_e = 1,80$

Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1,00$

---

Altezza dell'edificio,  $h = 3,00 \text{ m}$

Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_p C_d = 70 \text{ daN/m}^2$

### 3.6 Azioni da urto di natanti

Il pontile risulta interdetto all'approdo diretto delle unità di navigazione il cui ormeggio è previsto sugli appositi pali attualmente presenti.

Nel dimensionamento delle strutture oggetto del presente documento non sono state valutate eventuali azioni dovute all'urto di natanti.

### 3.7 Azione sismica

#### 3.7.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 del D.M. 14/01/2018, per le strutture in esame si fa riferimento alla **categoria 2**: *Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale per cui viene fissato  $V_N > 50$  anni.*

#### 3.7.2 Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise quattro classi d'uso a seconda dell'importanza dell'opera.

Le strutture in esame vengono classificate come di **classe II**.

#### 3.7.3 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ :

$$V_R = V_N C_u = 50 \text{ anni} \cdot 1 = 50 \text{ anni}$$

### 3.7.4 Categoria di sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Per le strutture oggetto di questa relazione di calcolo si è assunto un suolo di categoria D.

### 3.7.5 Masse sismiche

Per valutare gli effetti dell'azione sismica è necessario tenere in conto le masse associate ai carichi gravitazionali. L'espressione per ricavare le masse è riportata di seguito:

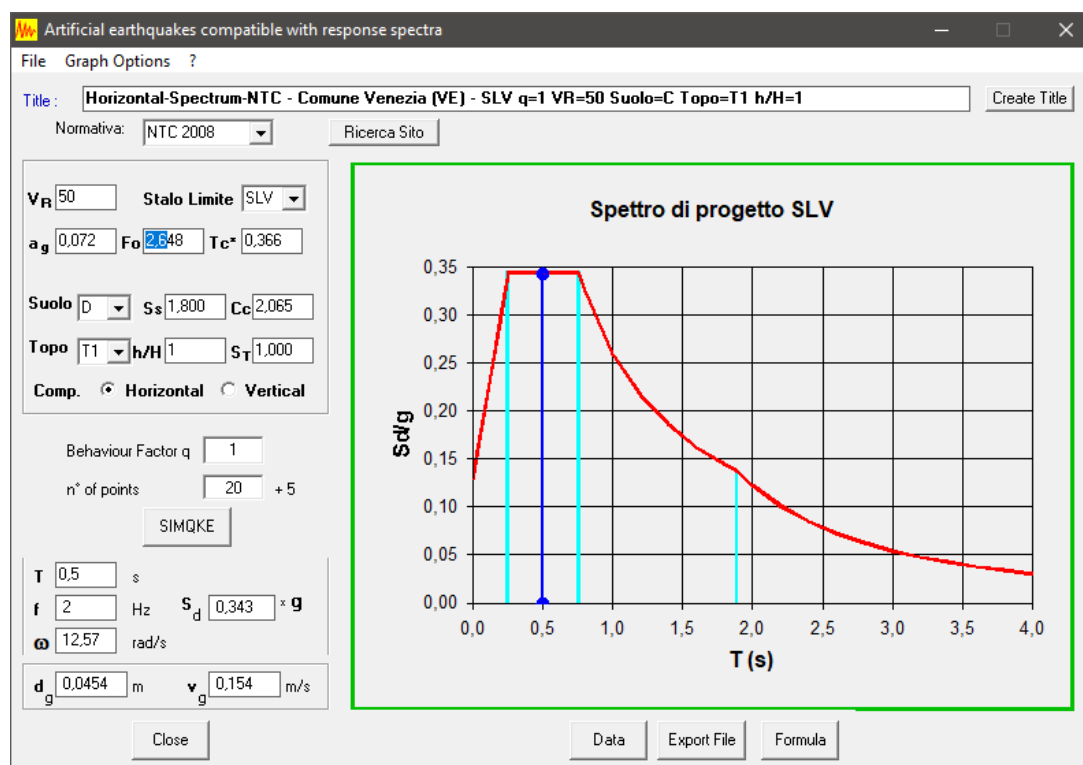
$$G_k + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$$

I sovraccarichi accidentali che possono agire sull'impalcato sono:

2. Sovraccarico piano  $\psi_{2,1} = 0.30$
3. Carico per neve (Z sito < 1000m)  $\psi_{2,2} = 0.00$

### 3.7.6 Azione sismica

Le azioni di natura sismica sono valutate con analisi dinamica lineare utilizzando lo spettro di risposta previsto dalla norma NTC2018 considerando fattore di comportamento  $q = 1$



---

### 3.8 Combinazioni di carico

#### 3.8.1 Combinazioni di carico statiche

Le combinazioni di carico agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio vengono riportate di seguito:

##### Stati limite ultimi

$$F_d = \gamma_G G_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2}$$

##### Stati limite di esercizio

$$F_d = G_k + Q_{k1} + Q_{k2}$$

#### 3.8.2 Combinazioni di carico sismiche

La combinazione di carico per le verifiche allo Stato Limite Ultimo e Stato Limite di Danno, ha la seguente espressione:

$$F_e = E + G_k + \sum_i (\psi_{2,i} Q_{ki})$$

dove:

$E$  è l'azione sismica per lo stato limite in esame;

$G_k$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;

$\psi_{2,i}$  è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile  $Q_i$ ;

$Q_{ki}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ .

Di conseguenza le combinazioni di carico agli Stati Limite Ultimi e di Danno sismiche assumono le seguenti espressioni:

$$F_{E1} = G_1 + G_2 + \psi_2 Q_1 \pm E_x \pm 0.3 E_y$$

$$F_{E2} = G_1 + G_2 + \psi_2 Q_1 \pm 0.3 E_x \pm E_y$$



---

## **4. Normative di riferimento**

Nell'esecuzione delle verifiche si è fatto riferimento alle seguenti normative principali:

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7/C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17 gennaio 2018.

### **4.1 Programmi di calcolo**

Il calcolo del palancolato metallico è stato eseguito con il programma di calcolo HARPACEAS PARATIE.

I software di calcolo utilizzati sono provvisti di documentazione che ne attesta l'affidabilità in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente.

---

## 5. Materiali – Relazione illustrativa sui materiali

### 5.1 Travi in legno esotico AZOBE'

Si prevede che le travi costituenti le strutture di supporto dell'impalcato siano realizzate con spigolati in legno massiccio esotico essenza AZOBE'.

Le caratteristiche meccaniche di tale essenza risultano riportate nel prospetto seguente:

| PROPRIETÀ FISICHE  | valori                  |
|--|-------------------------|
| massa volumica   | 1.060 Kg/m <sup>3</sup> |
| durezza (Monnin)   | 10,7                    |
| coefficiente di ritiro volumetrico                             | 0,69 %                  |
| coefficiente di ritiro tangenziale                             | 10,3 %                  |
| coefficiente di ritiro radiale                                 | 7,3 %                   |
| rapporto coeff. di ritiro tangenziale/coeff. di ritiro radiale | 1,4                     |
| punto di saturazione delle fibre                               | 28 %                    |
| stabilità  | scarsamente stabile     |

| PROPRIETÀ MECCANICHE              | valori     |
|-----------------------------------|------------|
| resistenza alla rottura           | 96 MPa     |
| resistenza alla flessione statica | 162 MPa    |
| modulo di elasticità              | 21.420 MPa |

*Fonte: Cirad - Centro di ricerca francese che risponde alle richieste internazionali nel settore dell'agricoltura e dello sviluppo sostenibile - [www.cirad.tropix.fr](http://www.cirad.tropix.fr)*

I valori di resistenza a flessione  $f_{m,mean} = 160$  MPa e del modulo elastico medio  $E = 21420$  MPa risultano elevati. A favore di sicurezza di classifica il materiale come legno di latifoglie D70.

Si riporta nella tabella seguente la sintesi delle caratteristiche meccaniche e di resistenza per la classe D70.

| CLASSI DI RESISTENZA                                |               | D70  |
|---|---------------|------|
| Resistenza [MPa]                                    |               |      |
| flessione   | $f_{m,k}$     | 70   |
| trazione parallela alla fibratura                   | $f_{t,0,k}$   | 42   |
| trazione perpendicolare alla fibratura              | $f_{t,90,k}$  | 0.6  |
| compressione parallela alla fibratura               | $f_{c,0,k}$   | 34   |
| compressione perpendicolare alla fibratura          | $f_{c,90,k}$  | 13.5 |
| taglio  | $f_{v,k}$     | 5    |
| Modulo elastico [Gpa]                               |               |      |
| modulo elastico medio parallelo alle fibre          | $E_{0,mean}$  | 20   |
| modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre | $E_{0,05}$    | 16.8 |
| modulo elastico medio perpendicolare alle fibre     | $E_{90,mean}$ | 1.33 |
| modulo di taglio medio                              | $G_{mean}$    | 1.25 |
| Massa volumetrica [kg/m³]                           |               |      |
| massa volumetrica caratteristica                    | $\rho_k$      | 900  |
| massa volumetrica media                             | $\rho_m$      | 1080 |

## 5.2 Tavolato in legno esotico OKAN

Si prevede che le doghe costituenti il tavolato dell'impalcato siano realizzate in legno massiccio esotico essenza OKAN.

Le caratteristiche meccaniche di tale essenza risultano riportate nel prospetto seguente:

### proprietà meccaniche

|   |              |            |
|---|--------------|------------|
| resistenza media a flessione                                  |              | 191 MPa    |
| resistenza media a flessione dopo cicli gelo-disgelo          | legno grezzo | 149 MPa    |
|   | legno oliato | 184 MPa    |
| resistenza media a flessione dopo cicli gelo-sali             | legno grezzo | 205 MPa    |
|   | legno oliato | 217 MPa    |
| resistenza media a flessione dopo cicli heat-rain e heat-cold | legno grezzo | 182 MPa    |
|   | legno oliato | 194 MPa    |
| modulo elastico medio   |              | 21.114 MPa |
| resistenza media a rottura (*)                                |              | 95 MPa     |
| impronta da tacco a spillo (UNI 4712)                         | valore       | esito      |
|   | - 0,04 mm    |            |

I valori di resistenza a flessione  $f_{m,mean} = 182$  MPa e del modulo elastico medio  $E = 21114$  MPa risultano elevati. A favore di sicurezza di classifica il materiale come legno di conifera C24.

Si riporta nella tabella seguente la sintesi delle caratteristiche meccaniche e di resistenza per la classe C24.

| CLASSI DI RESISTENZA                                |               | C24  |
|---|---------------|------|
| <b>Resistenza [MPa]</b>                             |               |      |
| flessione   | $f_{m,k}$     | 24   |
| trazione parallela alla fibratura                   | $f_{t,0,k}$   | 14,5 |
| trazione perpendicolare alla fibratura              | $f_{t,90,k}$  | 0,4  |
| compressione parallela alla fibratura               | $f_{c,0,k}$   | 21   |
| compressione perpendicolare alla fibratura          | $f_{c,90,k}$  | 2,5  |
| taglio  | $f_{v,k}$     | 4,0  |
| <b>Modulo elastico [Gpa]</b>                        |               |      |
| modulo elastico medio parallelo alle fibre          | $E_{0,mean}$  | 11   |
| modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre | $E_{0,05}$    | 7,4  |
| modulo elastico medio perpendicolare alle fibre     | $E_{90,mean}$ | 0,37 |
| modulo di taglio medio                              | $G_{mean}$    | 0,69 |
| <b>Massa volumetrica [kg/m³]</b>                    |               |      |
| massa volumetrica caratteristica                    | $\rho_k$      | 350  |
| massa volumetrica media                             | $\rho_m$      | 420  |

### 5.3 Acciaio per carpenteria metallica

#### Tipo di acciaio

#### S355 J0

|   |               |  |
|---|---------------|--|
| Tensione caratteristica di rottura ( $t < 40\text{mm}$ )      | $f_{tk}$      | 510,00 MPa                             |
| Tensione caratteristica di snervamento ( $t < 40\text{mm}$ ), | $f_{yk}$      | 355,00 MPa                             |
| Resilienza  | KV            | > 27 J                                 |
| Allungamento percentuale a rottura                            | $E_t$         | > 20%                                  |
| Modulo elastico   | $E_s$         | 210.000 MPa                            |
| Coefficiente di contrazione trasversale                       | $\nu$         | 0,3                                    |
| Modulo di elasticità tagliante                                | G             | 80.769 MPa                             |
| Coefficiente di espansione termica lineare                    | $\alpha$      | 12,00 E <sup>-06</sup> C <sup>-1</sup> |
| Densità   | $\rho$        | 7.850 kg/m <sup>3</sup>                |
| Stato limite ultimo elastico (S.L.U.)                         |               |  |
| Coefficiente di sicurezza per la resistenza                   | $\gamma_{M0}$ | 1,05                                   |
| Resistenza di progetto per tensioni normali                   | $f_d$         | 338,00 MPa                             |
| Resistenza di progetto per tensioni tangenziali               | $f_{v,d}$     | 195,20 MPa                             |

## 6. Verifica della darsena su Strada Corte Comare

### 6.1 Tavolato in OKAN

Si riporta nel seguito la verifica di resistenza SLU ed in esercizio SLE del tavolato di calpestio. Il progetto prevede la posa di tavolato in legno esotico OKAN. Le caratteristiche meccaniche, sia in termini di resistenza che deformabilità, delle essenze esotiche risultano notevolmente superiori a quelle delle essenze di conifera. Per tale motivo, a favore di sicurezza, le verifiche sono state effettuate declassando il tavolato in legno esotico a tavolato in abete C24.

| TAVOLATO   |                                 | foglio B4      |                    |
|--|---------------------------------|----------------|--------------------|
| LEGNO MASSICCIO  |                                 | <b>M</b>       |                    |
| Classe di resistenza                                     |                                 | <b>C24</b>     |                    |
| Classe di servizio                                       |                                 | <b>3</b>       |                    |
| coefficiente di sicurezza                                |                                 | $\gamma_M =$   | 1,5                |
| coefficiente per deformazioni lunghe                     |                                 | $k_{def} =$    | 2,00               |
| resistenza caratteristica a flessione                    |                                 | $f_{m,k} =$    | 24 [MPa]           |
| resistenza caratteristica a taglio                       |                                 | $f_{v,k} =$    | 4 [MPa]            |
| modulo elastico medio parallelo alle fibre               |                                 | $E_{0,mean} =$ | 11 [GPa]           |
| modulo elastico di taglio medio                          |                                 | $G_{mean} =$   | 0,69 [GPa]         |
| GEOMETRIA  | Interasse travi di solaio       | $i =$          | <b>1</b> [m]       |
|  | angolo di inclinazione solaio   | $\alpha =$     | <b>0</b> [°]       |
|  | luce di calcolo                 | $L =$          | <b>1</b> [m]       |
|  | altezza trave di solaio         | $H =$          | <b>40</b> [mm]     |
|  | larghezza trave di solaio       | $B =$          | <b>1000</b> [mm]   |
| coefficiente $K_{cr}$ di fessurazione                    |                                 | $K_{cr} =$     | 0,500              |
| area fessurata sezione trasversale ( $B_{ef} \times H$ ) |                                 | $A =$          | 2,00E+04 [mm²]     |
|  | ASSE X                          |                |                    |
|  | modulo resistente $W =$         | 2,67E+05       | [mm³]              |
|  | momento d'inerzia $J =$         | 5,33E+06       | [mm⁴]              |
| CARICHI  | CARICO PERMANENTE per il solaio | $G_I =$        | <b>0,5</b> [kN/m²] |
|  | carico permanente sulla trave   | $G_I =$        | 0,500 [kN/m]       |

|   |                   |                                 |         |
|---|-------------------|---------------------------------|---------|
| coefficiente di resistenza  |                   | $k_{mod}= 0,50$                 |         |
| CARICO PERMANETE NON STRUTTURALE  | $G_2=$            | 0                               | [kN/m²] |
| carico permanente non strutt.sulla trave                                | $G_2=$            | 0,000                           | [kN/m]  |
| classe di durata carico   |                   | $k_{mod}= 0,50$                 |         |
| CARICO VARIABILE per il solaio  | $Q=$              | 5                               | [kN/m²] |
| carico variabile sulla trave  | $Q=$              | 5,000                           | [kN/m]  |
| ambienti suscettibili di affollamento                                   | C                 | $\psi_2 = 0,60$                 |         |
| durata del carico VARIABILE: BREVE                                      | B                 | $k_{mod}= 0,70$                 |         |
| VERIFICHE DI RESISTENZA - SLU   |                   |                                 |         |
| COMBINAZIONE PER LA VERIFICA DI RESISTENZA                              | ASSE X            |                                 |         |
| $F_d = \gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_q Q =$                  | 8,15              |                                 | [kN/m]  |
| VERIFICA A FLESSIONE  |                   |                                 |         |
| MOMENTO MASSIMO $M_d = q \cdot L^2 / 8 =$                               | 1,02              |                                 | [kN·m]  |
| tensione normale di calcolo a flessione $\sigma_{m,d} =$                | 3,82              |                                 | [MPa]   |
| coefficiente di resistenza per le dimensioni $k_h =$                    | 1,30              |                                 |         |
| coefficiente di resistenza $k_{mod} =$                                  | 0,70              |                                 |         |
| Resistenza di calcolo a flessione $f_{m,d} =$                           | 14,56             |                                 | [MPa]   |
| $\sigma_{m,x,d} / f_{m,x,d} \leq 1$                                     |                   | $0,26 \leq 1$                   |         |
| VERIFICA POSITIVA   |                   |                                 |         |
| VERIFICA A TAGLIO   |                   | ASSE X                          |         |
| TAGLIO MASSIMO $V_d = q \cdot L / 2$                                    | 4,08              |                                 | [kN]    |
| tensione tangenziale di calcolo a taglio $\tau_d =$                     | 0,28              |                                 | [MPa]   |
| Resistenza di calcolo a taglio $f_{v,d} =$                              | 1,87              |                                 | [MPa]   |
| $\tau_d / f_{v,d} < 1$  |                   | $0,15 \leq 1$ VERIFICA POSITIVA |         |
| VERIFICA A DEFORMAZIONE - SLE   |                   |                                 |         |
| LIMITE freccia istantanea per i carichi variabili: $U_{2,ist} \leq L /$ | 300               | 3,33                            | [mm]    |
| LIMITE freccia finale per i carichi variabili: $U_{2,fin} \leq L /$     | 200               | 5,00                            | [mm]    |
| LIMITE freccia finale per tutti i carichi: $U_{net,fin} \leq L /$       | 250               | 4,00                            | [mm]    |
| CARICO VARIABILE  | COMBINAZIONE RARA | ASSE X                          |         |
| $F_d = Q =$   | 5,00              |                                 | [kN/m]  |

|   |        |  |        |
|---|--------|--|--------|
| freccia istant. del carico variabile in combinazione rara $u_{2,ist} =$   | 1,16   |  | [mm]   |
| <div> <div> VERIFICA FRECCIA ISTANTANEA <math>U(2,ist) = 1,16</math> </div> <div> <math>\leq L/300 = 3,33 [mm]</math> </div> </div> |        |  |        |
| VERIFICA POSITIVA   |        |  |        |
| <b>CARICO VARIABILE:</b> QUASI PERMANENTE   | ASSE X |  |        |
| $F_d = \psi_2 \cdot Q =$  | 3,00   |  | [kN/m] |
| freccia iniziale combinazione quasi permanente $u'_{2,ist} =$   | 0,70   |  | [mm]   |
| freccia differita combin. quasi permanente $u'_{2,dif} =$   | 1,40   |  | [mm]   |
| freccia finale per il carico variabile $[u_{2,ist} + u'_{2,dif}]$ $u_{2,fin} =$   | 2,56   |  | [mm]   |
| <div> <div> VERIFICA FRECCIA FINALE <math>U(2,fin) = 2,56</math> </div> <div> <math>\leq L/200 = 5 [mm]</math> </div> </div>        |        |  |        |
| VERIFICA POSITIVA   |        |  |        |
| <b>CARICHI PERMANENTI</b>   | ASSE X |  |        |
| $F_d = G_1 + G_2 =$   | 0,50   |  | [kN/m] |
| freccia iniziale del carico permanente $u_{1,ist} =$  | 0,12   |  | [mm]   |
| freccia differita del carico permanente $u_{1,dif} =$   | 0,23   |  | [mm]   |
| freccia finale del carico permanente $[u_{1,ist} + u_{1,dif}]$ $u_{1,fin} =$  | 0,35   |  | [mm]   |
| freccia finale di tutto il carico $[u_{1,fin} + u_{2,fin}]$ $u_{net,fin} =$   | 2,91   |  | [mm]   |
| <div> <div> VERIFICA FRECCIA FINALE <math>U(net,fin) = 2,91</math> </div> <div> <math>\leq L/250 = 4 [mm]</math> </div> </div>      |        |  |        |
| VERIFICA POSITIVA   |        |  |        |

## 6.2 Travi in legno di rovere sez. 18x24 cm

|                                       |              |           |       |
|---------------------------------------|--------------|-----------|-------|
| TRAVI PRINCIPALI                      |              | foglio B4 |       |
| LEGNO MASSICCIO                       |              | M         |       |
| Classe di resistenza                  |              | D18       |       |
| Classe di servizio                    |              | 3         |       |
| coefficiente di sicurezza             | $\gamma_M =$ | 1,5       |       |
| coefficiente per deformazioni lunghe  | $k_{def} =$  | 2,00      |       |
| resistenza caratteristica a flessione | $f_{m,k} =$  | 18        | [MPa] |
| resistenza caratteristica a taglio    | $f_{v,k} =$  | 3,5       | [MPa] |

|  |  |                |             |         |
|--|--|----------------|-------------|---------|
| modulo elastico medio parallelo alle fibre               |  | $E_{0,mean} =$ | 9,5         | [GPa]   |
| modulo elastico di taglio medio                          |  | $G_{mean} =$   | 0,59        | [GPa]   |
| GEOMETRIA  | Interasse travi di solaio                | $i =$          | 0,6         | [m]     |
|  | angolo di inclinazione solaio            | $\alpha =$     | 0           | [°]     |
|  | luce di calcolo                          | $L =$          | 2           | [m]     |
|  | altezza trave di solaio                  | $H =$          | 180         | [mm]    |
|  | larghezza trave di solaio                | $B =$          | 240         | [mm]    |
| coefficiente $K_{cr}$ di fessurazione                    |  | $K_{cr} =$     | 0,571       |         |
| area fessurata sezione trasversale ( $B_{ef} \times H$ ) |  | $A =$          | 2,47E+04    | [mm²]   |
|  | ASSE X                                   |                |             |         |
|  | modulo resistente $W =$                  | 1,30E+06       |             | [mm³]   |
|  | momento d'inerzia $J =$                  | 1,17E+08       |             | [mm⁴]   |
| CARICHI  | CARICO PERMANENTE per il solaio          | $G_1 =$        | 0,5         | [kN/m²] |
|  | carico permanente sulla trave            | $G_1 =$        | 0,300       | [kN/m]  |
| coefficiente di resistenza                               |  | $k_{mod} =$    | 0,50        |         |
|  | CARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE        | $G_2 =$        | 0           | [kN/m²] |
|  | carico permanente non strutt.sulla trave | $G_2 =$        | 0,000       | [kN/m]  |
| classe di durata carico                                  |  | $k_{mod} =$    | 0,50        |         |
|  | CARICO VARIABILE per il solaio           | $Q =$          | 5           | [kN/m²] |
|  | carico variabile sulla trave             | $Q =$          | 3,000       | [kN/m]  |
| ambienti suscettibili di affollamento                    |  | C              | $\psi_2 =$  | 0,60    |
| durata del carico VARIABILE: BREVE                       |  | B              | $k_{mod} =$ | 0,70    |
| <b>VERIFICHE DI RESISTENZA - SLU</b>                     |  |                |             |         |
| COMBINAZIONE PER LA VERIFICA DI RESISTENZA               |  | ASSE X         |             |         |
| $F_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_q Q =$ |  | 4,89           |             | [kN/m]  |
| <b>VERIFICA A FLESSIONE</b>                              |  |                |             |         |
| MOMENTO MASSIMO $M_d = q \cdot L^2 / 8 =$                |  | 2,45           |             | [kN·m]  |
| tensione normale di calcolo a flessione $\sigma_{m,d} =$ |  | 1,89           |             | [MPa]   |
| coefficiente di resistenza per le dimensioni $k_h =$     |  | 1,00           |             |         |
| coefficiente di resistenza $k_{mod} =$                   |  | 0,70           |             |         |



|   |                   |       |        |
|---|-------------------|-------|--------|
| Resistenza di calcolo a flessione $f_{m,d} =$                                   | 8,40              |       | [MPa]  |
| $\sigma_{m,x,d} / f_{m,x,d} \leq 1$   |                   |       |        |
| 0,22 ≤ 1  |                   |       |        |
| VERIFICA POSITIVA   |                   |       |        |
| <b>VERIFICA A TAGLIO</b>  | ASSE X            |       |        |
| TAGLIO MASSIMO $V_d = q \cdot L/2$  | 4,89              |       | [kN]   |
| tensione tangenziale di calcolo a taglio $\tau_d =$                             | 0,24              |       | [MPa]  |
| Resistenza di calcolo a taglio $f_{v,d} =$                                      | 1,63              |       | [MPa]  |
| $\tau_d / f_{v,d} < 1$  |                   |       |        |
| 0,14 ≤ 1 VERIFICA POSITIVA  |                   |       |        |
| <b>VERIFICA A DEFORMAZIONE - SLE</b>  |                   |       |        |
| LIMITE freccia istantanea per i carichi variabili: $U_{2,ist} \leq L/$          | 300               | 6,67  | [mm]   |
| LIMITE freccia finale per i carichi variabili: $U_{2,fin} \leq L/$              | 200               | 10,00 | [mm]   |
| LIMITE freccia finale per tutti i carichi: $U_{net,fin} \leq L/$                | 250               | 8,00  | [mm]   |
| <b>CARICO VARIABILE</b> COMBINAZIONE RARA                                       | ASSE X            |       |        |
| $F_d = Q =$   | 3,00              |       | [kN/m] |
| freccia istant.del carico variabil in combinazione rara $u_{2,ist} =$           | 0,69              |       | [mm]   |
| $\leq L/300 = 6,66 [mm]$  |                   |       |        |
| VERIFICA FRECCIA ISTANTANEA $U(2,ist) = 0,68$                                   | VERIFICA POSITIVA |       |        |
| <b>CARICO VARIABILE:</b> QUASI PERMANENTE                                       | ASSE X            |       |        |
| $F_d = \psi_2 \cdot Q =$  | 1,80              |       | [kN/m] |
| freccia iniziale combinazione quasi permanente $u'_{2,ist} =$                   | 0,41              |       | [mm]   |
| freccia differita combin.quasi permanente $u'_{2,dif} =$                        | 0,83              |       | [mm]   |
| freccia finale per il carico variabile $[u_{2,ist} + u'_{2,dif}]$ $u_{2,fin} =$ | 1,51              |       | [mm]   |
| $\leq L/200 = 10 [mm]$  |                   |       |        |
| VERIFICA FRECCIA FINALE $U(2,fin) = 1,51$                                       | VERIFICA POSITIVA |       |        |
| <b>CARICHI PERMANENTI</b>   | ASSE X            |       |        |
| $F_d = G_1 + G_2 =$   | 0,30              |       | [kN/m] |
| freccia iniziale del carico permanente $u_{1,ist} =$                            | 0,07              |       | [mm]   |
| freccia differita del carico permanente $u_{1,dif} =$                           | 0,14              |       | [mm]   |
| freccia finale del carico permanente $[u_{1,ist} + u_{1,dif}]$ $u_{1,fin} =$    | 0,21              |       | [mm]   |
| freccia finale di tutto il carico $[u_{1,fin} + u_{2,fin}]$ $u_{net,fin} =$     | 1,72              |       | [mm]   |

|                         |                      |                       |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| VERIFICA FRECCIA FINALE | $U (net,fin) = 1,71$ | $\leq L/250 = 8 [mm]$ |
| VERIFICA POSITIVA       |                      |                       |

### 6.3 Pali di fondazione – azioni verticali

#### Caratteristiche pali

|                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Pali in plastica riciclata diametro | $f = 22 \text{ cm}$   |
| Lunghezza palo                      | $L = 7,00 \text{ m}$  |
| Infissione palo                     | $L_i = 4,5 \text{ m}$ |

#### Caratteristiche terreno

Con riferimento alla relazione geologica lo stato di terreno ove risultano infissi i pali presenta natura coesiva caratterizzato con  $C_u = 28,4 \text{ kPa}$ .

#### Azioni verticali

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Area di influenza palo    | $A_i = 1,25 * 2 / 2 = 1,25 \text{ m}^2$        |
| Carichi permanenti        | $G = 0,60 \text{ kN/m}^2$                      |
| Carichi accidentali       | $Q = 5,00 \text{ kN/m}^2$                      |
| Azione verticale sul palo | $NSd = A_i (1,3 G + 1,5 Q) = 10,35 \text{ kN}$ |

#### Capacità portante per carichi verticali

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Portata laterale        | $Plat = \alpha L_i f C_u = 0,9 * 4,5 * 0,22 * 28,4 = 25,30 \text{ kN}$ |
| Portata punta           | $Ppnt = A_p 9 C_u = 9,75 \text{ kN}$                                   |
| Capacità portate ultima | $Pult = Plat + Ppnt = 35,05 \text{ kN}$                                |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Fattore correlazione verticali | $\xi = 1,70$                                      |
| Fattore sicurezza              | $\gamma = 1,15$                                   |
| Capacità portante di progetto  | $NRd = Pult / \gamma \xi = 17,9 \text{ kN} > NSd$ |

---

## 6.4 Pali di fondazione – azioni orizzontali

### Caratteristiche pali

|                                     |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Pali in plastica riciclata diametro | $\phi = 22 \text{ cm}$           |
| Lunghezza palo                      | $L = 7,00 \text{ m}$             |
| Infissione palo                     | $L_i = 4,5 \text{ m}$            |
| Armatura tubolare metallico         | $\phi = 127 \times 5 \text{ mm}$ |
| Interasse pali                      | $i = 2,00 \text{ m}$             |

### Azioni di progetto orizzontali

#### Azione da onda

|                    |   |
|--------------------|---|
| Pressione impatto  | $p_2 = 9,33 \text{ kN/m}^2 \sim 10,00 \text{ kN/m}^2$ |
| Fronte impatto     | $h = 0,50 \text{ m}$                                  |
| Pali reagenti      | $n_p = 2$   |
| Azione orizzontale | $F = p^2 h \cdot i / n_p = 5,00 \text{ kN}$           |

#### Azione sismica

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Larghezza impalcato         | $L_i = 1,25 \text{ m}$                         |
| Area di riferimento su palo | $A = L_i \cdot i / 2 = 1,25 \text{ m}^2$       |
| Carichi permanenti          | $G = 0,60 \text{ kN/m}^2$                      |
| Carichi accidentali         | $Q = 5,00 \text{ kN/m}^2$ $\Psi_{2,0} = 0,60$  |
| Massa su palo               | $W = A_i (G + \Psi_{2,0} Q) = 1,80 \text{ kN}$ |
| Accelerazione di progetto   | $S_d(T) = 0,343$                               |
| Azione orizzontale          | $F = W \cdot S_d(T) = 0,62 \text{ kN}$         |

Risultano dimensionanti le azioni d'onda.

### Carico limite

Il carico limite risulta stimato mediante la formulazione limite di BROMS per pali liberi in testa infissi in terreni coesivi.

---

Le espressioni che stimano i valori dell'azione limite H e del corrispettivo Mmax sono:

$$\frac{H}{c_u d^2} = -9 \left( 1,5 + \frac{L}{d} + \frac{2e}{d} \right) + 9 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + 4 \left( \frac{e}{d} \right)^2} + \frac{4Le}{d^2} + \frac{6e}{d} + 4,5$$

$$\frac{M_{max}}{c_u d^3} = \frac{H}{c_u d^2} \left( \frac{H}{18c_u d^2} + \frac{e}{d} + 1,5 \right)$$

Nel caso in esame:

|                                 |    |         |
|---------------------------------|----|---------|
| Lunghezza porzione infissa palo | L  | 4,5 m   |
| Diametro palo                   | d  | 0,22 m  |
| Eccentricità                    | e  | 2,5 m   |
| Coesione non drenata            | cu | 28 kPa  |
| Carico orizzontale limite       | H  | 47,0 kN |

#### **Verifica capacità portante**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Carico limite                 | H = 47 kN   |
| Fattore sicurezza             | $\gamma_{R3} = 1,3$   |
| Fattore di correlazione       | $\xi = 1,7$   |
| Carico resistente di progetto | $H_d = H / \gamma_{R3} \xi = 21,3 \text{ kN} > F = 1,5 * 5 \text{ kN} = 7,5 \text{ kN}$<br>VERIFICATO |

## 7. Verifica della darsena in F.ta delle Cappuccine

### 7.1 Verifica impalcato di calpestio

È prevista la realizzazione di un implacato di calpestio per l'accesso alla darsena ed alle imbarcazioni ormeggiate.

L'impalcato risulta costituito da:

- tavolato in legno sp. 4,5 cm
- travi longitudinali 20x20 cm  $i = 1,00$  m
- dormienti in travi metalliche HEB120 saldate sulle palancole trasversali di supporto
- palancole trasversali di supporto

Le palancole trasversali di supporto saranno posizionate indicativamente ad interasse tipologico pari a  $i = 3,60$  m.

#### 7.1.1 Verifica tavolato

| TAVOLATO                                   |                               | foglio B4         |       |
|--|-------------------------------|-------------------|-------|
| LEGNO MASSICCIO                            |                               | <b>M</b>          |       |
| Classe di resistenza                       |                               | <b>C24</b>        |       |
| Classe di servizio                         |                               | <b>3</b>          |       |
| coefficiente di sicurezza                  |                               | $\gamma_M = 1,5$  |       |
| coefficiente per deformazioni lunghe       |                               | $k_{def} = 2,00$  |       |
| resistenza caratteristica a flessione      |                               | $f_{m,k} = 24$    | [MPa] |
| resistenza caratteristica a taglio         |                               | $f_{v,k} = 4$     | [MPa] |
| modulo elastico medio parallelo alle fibre |                               | $E_{0,mean} = 11$ | [GPa] |
| modulo elastico di taglio medio            |                               | $G_{mean} = 0,69$ | [GPa] |
| GEOMETRIA                                  | Interasse travi di solaio     | $i = 1$           | [m]   |
|  | angolo di inclinazione solaio | $\alpha = 0$      | [°]   |
|  | luce di calcolo               | $L = 1$           | [m]   |
|  | altezza trave di solaio       | $H = 40$          | [mm]  |
|  | larghezza trave di solaio     | $B = 1000$        | [mm]  |

|  |  |            |                |
|--|--|------------|----------------|
| coefficiente Kcr di fessurazione                 |  | Kcr= 0,500 |                |
| area fessurata sezione trasversale (Bef x H)     |  | A=         | 2,00E+04 [mm²] |
|  |  | ASSE X     |                |
| modulo resistente W=                             |  | 2,67E+05   | [mm³]          |
| momento d'inerzia J=                             |  | 5,33E+06   | [mm^4]         |
| CARICHI  | CARICO PERMANENTE per il solaio          | G1=        | 0,5 [kN/m²]    |
|  | carico permanente sulla trave            | G1=        | 0,500 [kN/m]   |
| coefficiente di resistenza                       |  | kmod= 0,50 |                |
| CARICO PERMANETE NON STRUTTURALE                 |  | G2=        | 0 [kN/m²]      |
|  | carico permanente non strutt.sulla trave | G2=        | 0,000 [kN/m]   |
| classe di durata carico                          |  | kmod= 0,50 |                |
| CARICO VARIABILE per il solaio                   |  | Q=         | 5 [kN/m²]      |
|  | carico variabile sulla trave             | Q=         | 5,000 [kN/m]   |
| ambienti suscettibili di affollamento            |  | C          | ψ2 = 0,60      |
| durata del carico VARIABILE: BREVE               |  | B          | kmod= 0,70     |
| VERIFICHE DI RESISTENZA - SLU                    |  |            |                |
| COMBINAZIONE PER LA VERIFICA DI RESISTENZA       |  | ASSE X     |                |
| Fd=γG1 G1+γG2 G2 + γq Q=                         |  | 8,15       | [kN/m]         |
| VERIFICA A FLESSIONE                             |  |            |                |
| MOMENTO MASSIMO Md= q·L²/8 =                     |  | 1,02       | [kN·m]         |
| tensione normale di calcolo a flessione σm,d =   |  | 3,82       | [MPa]          |
| coefficiente di resistenza per le dimensioni kh= |  | 1,30       |                |
| coefficiente di resistenza kmod=                 |  | 0,70       |                |
| Resistenza di calcolo a flessione fm,d=          |  | 14,56      | [MPa]          |
| σ m,x,d / fm,x,d ≤ l                             |  | 0,26 ≤ 1   |                |
| VERIFICA POSITIVA                                |  |            |                |
| VERIFICA A TAGLIO                                |  | ASSE X     |                |
| TAGLIO MASSIMO Vd= q·L/2                         |  | 4,08       | [kN]           |
| tensione tangenziale di calcolo a taglio τd =    |  | 0,28       | [MPa]          |
| Resistenza di calcolo a taglio fv,d=             |  | 1,87       | [MPa]          |

|   |                   |                          |      |                   |
|---|-------------------|--------------------------|------|-------------------|
| $\tau_d/f_{v,d} < 1$  |                   | 0,15 ≤1                  |      | VERIFICA POSITIVA |
| VERIFICA A DEFORMAZIONE - SLE   |                   |                          |      |                   |
| LIMITE freccia istantanea per i carichi variabili: $U_{2,ist} \leq L/$            |                   | 300                      | 3,33 | [mm]              |
| LIMITE freccia finale per i carichi variabili: $U_{2,fin} \leq L/$                |                   | 200                      | 5,00 | [mm]              |
| LIMITE freccia finale per tutti i carichi: $U_{net,fin} \leq L/$                  |                   | 250                      | 4,00 | [mm]              |
| CARICO VARIABILE  | COMBINAZIONE RARA | ASSE X                   |      |                   |
| $F_d = Q =$   |                   | 5,00                     |      | [kN/m]            |
| freccia istant.del carico variabil in combinazione rara $u_{2,ist} =$             |                   | 1,16                     |      | [mm]              |
| VERIFICA FRECCIA ISTANTANEA $U (2,ist)= 1,16$                                     |                   | $\leq L/300 = 3,33 [mm]$ |      |                   |
| VERIFICA POSITIVA   |                   |                          |      |                   |
| CARICO VARIABILE:   | QUASI PERMANENTE  | ASSE X                   |      |                   |
| $F_d = \psi_2 \cdot Q =$  |                   | 3,00                     |      | [kN/m]            |
| freccia iniziale combinazione quasi permanente $u'_{2,ist} =$                     |                   | 0,70                     |      | [mm]              |
| freccia differita combin.quasi permanente $u'_{2,dif} =$                          |                   | 1,40                     |      | [mm]              |
| freccia finale per il carico variabile $[u_{2,ist}+u'_{2,dif}] \quad u_{2,fin} =$ |                   | 2,56                     |      | [mm]              |
| VERIFICA FRECCIA FINALE $U (2,fin)= 2,56$   |                   | $\leq L/200 = 5 [mm]$    |      |                   |
| VERIFICA POSITIVA   |                   |                          |      |                   |
| CARICHI PERMANENTI  |                   | ASSE X                   |      |                   |
| $F_d = G_1+G_2 =$   |                   | 0,50                     |      | [kN/m]            |
| freccia iniziale del carico permanente $u_{1,ist} =$                              |                   | 0,12                     |      | [mm]              |
| freccia differita del carico permanente $u_{1,dif} =$                             |                   | 0,23                     |      | [mm]              |
| freccia finale del carico permanente $[u_{1,ist}+u_{1,dif}] \quad u_{1,fin} =$    |                   | 0,35                     |      | [mm]              |
| freccia finale di tutto il carico $[u_{1,fin}+u_{2,fin}] \quad u_{net,fin} =$     |                   | 2,91                     |      | [mm]              |
| VERIFICA FRECCIA FINALE $U (net,fin)= 2,91$                                       |                   | $\leq L/250 = 4 [mm]$    |      |                   |
| VERIFICA POSITIVA   |                   |                          |      |                   |

### 7.1.2 Verifica travi longitudinali

|  |  |                |                 |
|--|--|----------------|-----------------|
| TRAVI IMPALCATO  |  | foglio B4      |                 |
| LEGNO MASSICCIO  |  | M              |                 |
| Classe di resistenza                                     |  | AZOBÉ          |                 |
| Classe di servizio                                       |  | 1              |                 |
| coefficiente di sicurezza                                |  | $\gamma_M =$   | 1,5             |
| coefficiente per deformazioni lunghe                     |  | $k_{def} =$    | 0,60            |
| resistenza caratteristica a flessione                    |  | $f_{m,k} =$    | 70 [MPa]        |
| resistenza caratteristica a taglio                       |  | $f_{v,k} =$    | 5 [MPa]         |
| modulo elastico medio parallelo alle fibre               |  | $E_{0,mean} =$ | 20 [GPa]        |
| modulo elastico di taglio medio                          |  | $G_{mean} =$   | 1,25 [GPa]      |
| GEOMETRIA  | Interasse travi di solaio                | $i =$          | 1 [m]           |
|  | angolo di inclinazione solaio            | $\alpha =$     | 0 [°]           |
|  | luce di calcolo                          | $L =$          | 3,6 [m]         |
|  | altezza trave di solaio                  | $H =$          | 200 [mm]        |
|  | larghezza trave di solaio                | $B =$          | 200 [mm]        |
| coefficiente $K_{cr}$ di fessurazione                    |  | $K_{cr} =$     | 0,400           |
| area fessurata sezione trasversale ( $B_{ef} \times H$ ) |  | $A =$          | 1,60E+04 [mm²]  |
|  | ASSE X                                   |                |                 |
|  | modulo resistente $W =$                  | 1,33E+06       | [mm³]           |
|  | momento d'inerzia $J =$                  | 1,33E+08       | [mm⁴]           |
| CARICHI  | CARICO PERMANENTE per il solaio          | $G_1 =$        | 0,6 [kN/m²]     |
|  | carico permanente sulla trave            | $G_1 =$        | 0,600 [kN/m]    |
| coefficiente di resistenza                               |  | $k_{mod} =$    | 0,60            |
|  | CARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE        | $G_2 =$        | 0 [kN/m²]       |
|  | carico permanente non strutt.sulla trave | $G_2 =$        | 0,000 [kN/m]    |
| classe di durata carico                                  |  | $k_{mod} =$    | 0,60            |
|  | CARICO VARIABILE per il solaio           | $Q =$          | 5 [kN/m²]       |
|  | carico variabile sulla trave             | $Q =$          | 5,000 [kN/m]    |
| ambienti suscettibili di affollamento                    |  | C              | $\psi_2 =$ 0,60 |



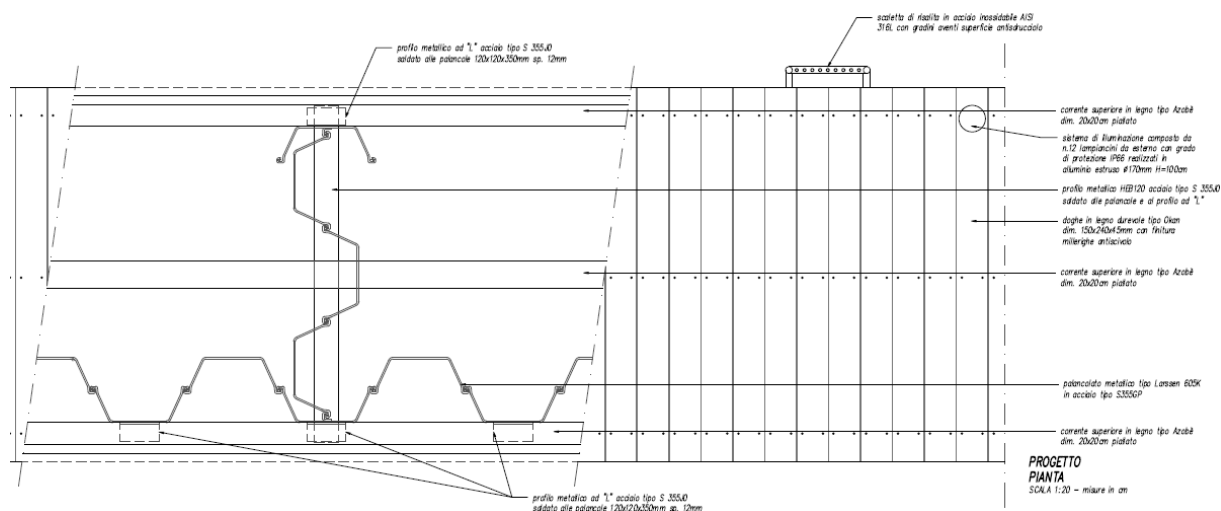
|  |                   |                                 |                 |
|--|-------------------|---------------------------------|-----------------|
| durata del carico VARIABILE: BREVE                                     |                   | B                               | $k_{mod}= 0,90$ |
| VERIFICHE DI RESISTENZA - SLU  |                   |                                 |                 |
| COMBINAZIONE PER LA VERIFICA DI RESISTENZA                             | ASSE X            |                                 |                 |
| $F_d = \gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_q Q =$                 | 8,28              |                                 | [kN/m]          |
| VERIFICA A FLESSIONE   |                   |                                 |                 |
| MOMENTO MASSIMO $M_d = q \cdot L^2/8 =$                                | 13,41             |                                 | [kN·m]          |
| tensione normale di calcolo a flessione $\sigma_{m,d} =$               | 10,06             |                                 | [MPa]           |
| coefficiente di resistenza per le dimensioni $k_h =$                   | 1,00              |                                 |                 |
| coefficiente di resistenza $k_{mod} =$                                 | 0,90              |                                 |                 |
| Resistenza di calcolo a flessione $f_{m,d} =$                          | 42,00             |                                 | [MPa]           |
|  |                   |                                 |                 |
| $\sigma_{m,x,d} / f_{m,x,d} \leq 1$                                    |                   | $0,23 \leq 1$                   |                 |
| VERIFICA POSITIVA  |                   |                                 |                 |
|  |                   |                                 |                 |
| VERIFICA A TAGLIO  |                   | ASSE X                          |                 |
| TAGLIO MASSIMO $V_d = q \cdot L/2$                                     | 14,90             |                                 | [kN]            |
| tensione tangenziale di calcolo a taglio $\tau_d =$                    | 1,24              |                                 | [MPa]           |
| Resistenza di calcolo a taglio $f_{v,d} =$                             | 3,00              |                                 | [MPa]           |
| $\tau_d / f_{v,d} < 1$   |                   | $0,41 \leq 1$ VERIFICA POSITIVA |                 |
| VERIFICA A DEFORMAZIONE - SLE  |                   |                                 |                 |
| LIMITE freccia istantanea per i carichi variabili: $U_{2,ist} \leq L/$ | 300               | 12,00                           | [mm]            |
| LIMITE freccia finale per i carichi variabili: $U_{2,fin} \leq L/$     | 200               | 18,00                           | [mm]            |
| LIMITE freccia finale per tutti i carichi: $U_{net,fin} \leq L/$       | 250               | 14,40                           | [mm]            |
| CARICO VARIABILE   | COMBINAZIONE RARA | ASSE X                          |                 |
| $F_d = Q =$  | 5,00              |                                 | [kN/m]          |
| freccia istant.del carico variabil in combinazione rara $u_{2,ist} =$  | 4,59              |                                 | [mm]            |
| VERIFICA FRECCIA ISTANTANEA $U(2,ist) = 4,58$                          |                   | $\leq L/300 = 12 [mm]$          |                 |
| VERIFICA POSITIVA  |                   |                                 |                 |

|                                |   |                          |  |        |
|--------------------------------|---|--------------------------|--|--------|
| <b>CARICO VARIABILE:</b>       | <b>QUASI PERMANENTE</b>   | ASSE X                   |  |        |
|                                | $F_d = \psi_2 \cdot Q =$  | 3,00                     |  | [kN/m] |
|                                | freccia iniziale combinazione quasi permanente $u'_{2,ist} =$                       | 2,75                     |  | [mm]   |
|                                | freccia differita combin.quasi permanente $u'_{2,dif} =$                            | 1,65                     |  | [mm]   |
|                                | freccia finale per il carico variabile $[u_{2,ist} + u'_{2,dif}] \quad u_{2,fin} =$ | 6,24                     |  | [mm]   |
| <b>VERIFICA FRECCIA FINALE</b> |   | $\leq L/200 = 18 [mm]$   |  |        |
|                                |   | <b>VERIFICA POSITIVA</b> |  |        |
| <b>CARICHI PERMANENTI</b>      |   | ASSE X                   |  |        |
|                                | $F_d = G_1 + G_2 =$   | 0,60                     |  | [kN/m] |
|                                | freccia iniziale del carico permanente $u_{1,ist} =$                                | 0,55                     |  | [mm]   |
|                                | freccia differita del carico permanente $u_{1,dif} =$                               | 0,33                     |  | [mm]   |
|                                | freccia finale del carico permanente $[u_{1,ist} + u_{1,dif}] \quad u_{1,fin} =$    | 0,88                     |  | [mm]   |
|                                | freccia finale di tutto il carico $[u_{1,fin} + u_{2,fin}] \quad u_{net,fin} =$     | 7,12                     |  | [mm]   |
| <b>VERIFICA FRECCIA FINALE</b> |   | $\leq L/250 = 14,4 [mm]$ |  |        |
|                                |   | <b>VERIFICA POSITIVA</b> |  |        |

## 7.2 Verifica palancolato metallico

### 7.2.1 Configurazione geometrica palancolato

La struttura del frangionda è pensata realizzata con palancole Larssen L605K in acciaio S 355 GP installate tipologicamente secondo la configurazione geometrica riportata nella figura seguente.



Si prevede l'utilizzo di palancole di lunghezza complessiva di circa 12 m. Si considera, a favore di sicurezza un'infissione cautelativa di 8m.

A favore di sicurezza le verifiche sono effettuate assumendo le seguenti ipotesi:

- carico verticale derivante dall'impalcato di calpestio agente sulle sole palancole trasversali;
- azioni orizzontali da onda e sisma agenti sulle sole palancole longitudinali.

### 7.2.2 Verifica capacità portante per carichi verticali

La verifica di capacità portante per carichi verticali è eseguita con riferimento ad un tratto di palancola di larghezza  $L=3 \times 600 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}$ .

Si valuta la resistenza con riferimento alla sola capacità portante per aderenza laterale nell'ipotesi di infissione su terreno coesivo. Si considera una lunghezza di infissione nello strato coesivo pari a circa  $L_i=4,00\text{m}$ .

### Caratteristiche terreno

Con riferimento alla relazione geologica lo stato di terreno ove risultano infissi i pali presenta natura coesiva caratterizzato con  $C_u = 28,4 \text{ kPa}$ .

---

### **Azioni verticali**

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Larghezza impalcato       | $L_i = 2,4 \text{ m}$                         |
| Interasse supporti        | $i = 3,6 \text{ m}$                           |
| Area di influenza         | $A_i = 2,4 * 3,6 = 8,64 \text{ m}^2$          |
| Carichi permanenti        | $G = 1,00 \text{ kN/m}^2$                     |
| Carichi accidentali       | $Q = 5,00 \text{ kN/m}^2$                     |
| Azione verticale sul palo | $NSd = A_i (1,3 G + 1,5 Q) = 76,0 \text{ kN}$ |

### **Capacità portante per carichi verticali**

|                         |   |                                |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| Aderenza                | $a = 0,8$   | (AGI – pali metallici infissi) |
| Portata laterale        | $Plat = 2 * \alpha * L_i * f_{cu} = 0,8 * 4 * 1,80 * 28,4 = 327 \text{ kN}$ |                                |
| Portata punta           | trascurata  |                                |
| Capacità portate ultima | $Pult = Plat + Ppnt = 327 \text{ kN}$                                       |                                |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Fattore correlazione verticali | $\xi = 1,70$                                     |
| Fattore sicurezza              | $\gamma = 1,15$                                  |
| Capacità portante di progetto  | $NRd = Pult / \gamma \xi = 167 \text{ kN} > NSd$ |

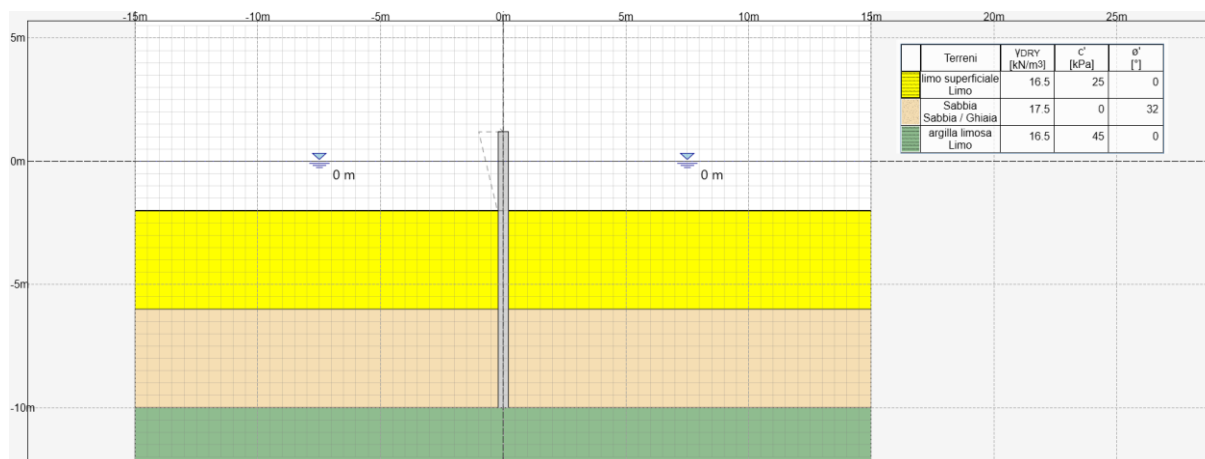
### **7.2.3 Verifica stabilità per azioni orizzontali**

Il palancolato risulta sollecitato dalle azioni orizzontali legate a:

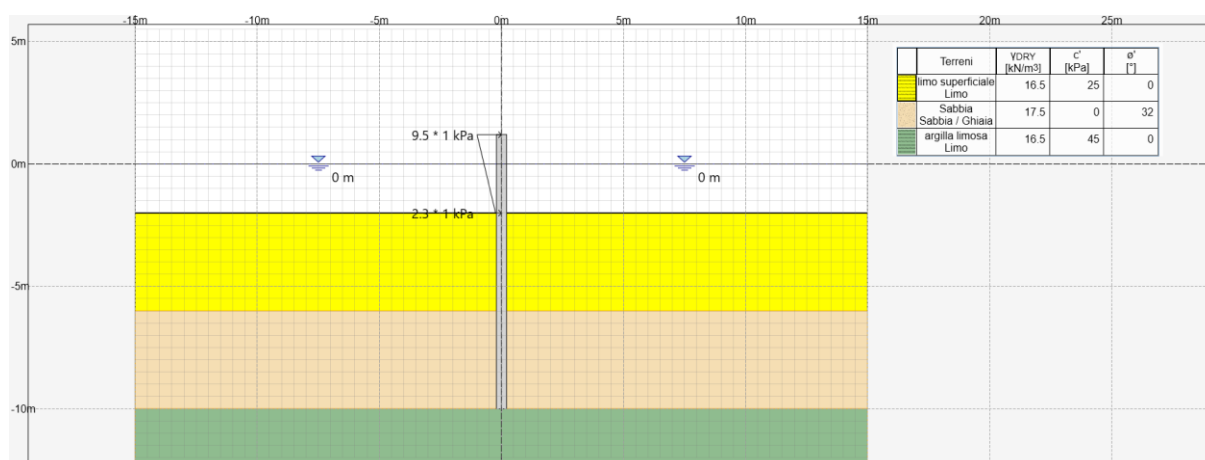
- azioni d'onda
- azione sismica

Si considerano in generale equilibrate le spinte idrostatiche in quanto i livelli di marea all'interno ed all'esterno della darsena risultano i medesimi.

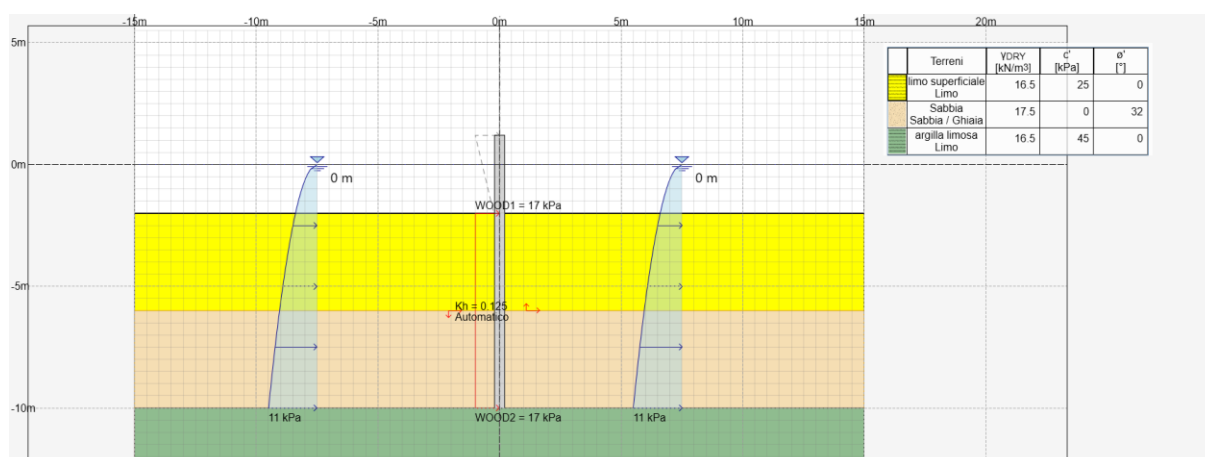
Le verifiche di stabilità e di resistenza del marginamento sono state eseguite sulla base delle sollecitazioni di stimate mediante modellazione con il software HARPACEAS PARATIE.



Modello di calcolo palancoato



Modello calcolo palancoato con azione d'onda



Modello di calcolo palancoato con azione sismica

NTC - Norme Tecniche per le Costruzioni

Dati NTC

Latitudine  Longitudine  Venezia (VE)

45° 26' 16,8" N 12° 19' 40,8" E Maps

Vita nominale (anni)  Classe d'uso  Cu

Stato Limite  Cat. Sottosuolo  Cat. topografica

ag (g)

F0

T\*c

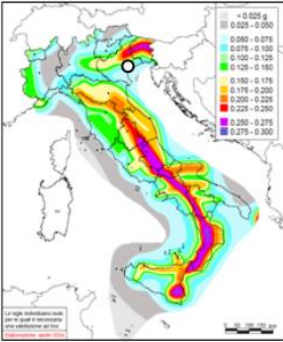
Ss  Calcola

St

Cc

amax

punti 12749 12748 12527 12526



posizione indicativa (mappa INGV)

Comune

|                     |    |
|---------------------|----|
| Valdobbiadene       | TV |
| Valeggio sul Mincio | VR |
| Vallada Agordina    | BL |
| Valle di Cadore     | BL |
| Valli del Pasubio   | VI |
| Valstagna           | VI |
| Vas                 | BL |
| Vazzola             | TV |
| Vedelago            | TV |
| Veggiano            | PD |
| Velo d'Astico       | VI |
| Velo Veronese       | VR |
| Venezia             | VE |
| Verona              | VR |
| Veronella           | VR |
| Vescovana           | PD |
| Vestenanova         | VR |
| Vicenza             | VI |
| Vidor               | TV |
| Vigasio             | VR |
| Vighizzolo d'Este   | PD |
| Vigo di Cadore      | BL |
| Vigodarzere         | PD |

OK Annulla

Opzioni Sisma (attive solo nell'ultima fase)

Opzioni

☒ Includi Azione Sismica

1. Definizione accelerazione

Coefficiente accel. base  $a_g / g$   NTC

Fattore importanza I

Coefficiente  $S_s$

Coefficiente  $S_t$

$a_{max} / g =$

2. Accelerazione di calcolo

☒ Eurocodice

Calcolo coefficiente di risposta R

☒ Input diretto

☐ Da formule

$U_s$   m  $T_c$   s

$V_{max}$   m/s  $V_{max}/a_{max}$   >

R=  >

☒ NTC

$U_{s=}$   m

$\beta=$   >

$\alpha=$   >

$k_h = \alpha \beta a_{max}$

3. Definizione calcolo

Modalità spinta ☐ Paratia fuori terra ☒ Paratia intera

Comportamento idraulico ☒ Terreno pervio ☐ Terreno impervio

$k_{vu}$  (%  $k_h$ )

$k_{vd}$  (%  $k_h$ )

$R_u$

Includi inerzia paratia ☒

4. Metodo di calcolo

☒ Procedura Automatica (Paratie)

Pressione di Wood [0-1]

Valore Applicato

☐ Manuale (Carichi Esterni)

Comportamento Paratia ☐ Flessibile (usa  $k_h$ ) ☒ Rigido (usa  $a_{max}$ )

Metodo ☒ Wood ☐ Mononobe-Okabe ☐ Semirigido

B=  Correlazione  $\alpha_1 - \alpha_2$

$\alpha_1=$    $\alpha_2=$

$a_{max} / g$  (without ductility) =   $k_h / g$  (including ductility) =  (NTC)

Applica OK Annulla

Parametri azione sismica

## COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI DI VERIFICA (NTC 2018)

Si riportano nelle tabelle seguenti le combinazioni di carico analizzate (coef. A), i coefficienti di sicurezza sui materiali (coef. M) ed i coefficienti di sicurezza sulle resistenze (coef. R)

### Coefficienti A

| Nome   | Carichi<br>Permanenti<br>Sfavorevoli | Carichi<br>Permanenti<br>Favorevoli | Carichi<br>Variabili<br>Sfavorevoli | Carichi<br>Variabili<br>Favorevoli | Carico<br>Sismico | Pressioni<br>Acqua<br>Lato<br>Monte | Pressioni<br>Acqua<br>Lato<br>Valle | Carichi<br>Variabili<br>Destabilizzanti | Carichi<br>Permanenti<br>Destabilizzanti | Carichi<br>Permanenti<br>Stabilizzanti | Carichi<br>Variabili<br>Destabilizzanti |
|--|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|---|
| Simbolo  | $\gamma_G$                           | $\gamma_G$                          | $\gamma_Q$                          | $\gamma_Q$                         | $\gamma_{QE}$     | $\gamma_G$                          | $\gamma_G$                          | $\gamma_{Qdst}$                         | $\gamma_{Gdst}$                          | $\gamma_{Gstb}$                        | $\gamma_{Qdst}$                         |
| Nominal  | 1                                    | 1                                   | 1                                   | 1                                  | 1                 | 1                                   | 1                                   | 1                                       | 1  | 1                                      | 1                                       |
| NTC2018: SLE<br>(Rara/Frequente/Quasi<br>Permanente) | 1                                    | 1                                   | 1                                   | 1                                  | 0                 | 1                                   | 1                                   | 1                                       | 1  | 1                                      | 1                                       |
| NTC2018: A1+M1+R1<br>(R3 per tiranti)                | 1.3                                  | 1                                   | 1.5                                 | 1                                  | 0                 | 1.3                                 | 1                                   | 1                                       | 1.3                                      | 0.9                                    | 1                                       |
| NTC2018: A2+M2+R1                                    | 1                                    | 1                                   | 1.3                                 | 1                                  | 0                 | 1                                   | 1                                   | 1                                       | 1.3                                      | 0.9                                    | 1                                       |
| NTC2018: SISMICA STR                                 | 1                                    | 1                                   | 1                                   | 1                                  | 1                 | 1                                   | 1                                   | 1                                       | 1  | 1                                      | 1                                       |
| NTC2018: SISMICA GEO                                 | 1                                    | 1                                   | 1                                   | 1                                  | 1                 | 1                                   | 1                                   | 1                                       | 1.3                                      | 0.9                                    | 1                                       |

### Coefficienti M

| Nome  | Parziale su $\tan(\phi')$<br>(F_Fr) | Parziale su $c'$<br>(F_eff_coh) | Parziale su $S_u$<br>(F_Su) | Parziale su $q_u$<br>(F_qu) | Parziale su peso specifico<br>(F_gamma) |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Simbolo   | $\gamma_\phi$                       | $\gamma_c$                      | $\gamma_{cu}$               | $\gamma_{qu}$               | $\gamma_\gamma$                         |
| Nominal   | 1                                   | 1                               | 1                           | 1                           | 1                                       |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi<br>Permanente) | 1                                   | 1                               | 1                           | 1                           | 1                                       |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)                | 1                                   | 1                               | 1                           | 1                           | 1                                       |
| NTC2018: A2+M2+R1                                 | 1.25                                | 1.25                            | 1.4                         | 1                           | 1                                       |
| NTC2018: SISMICA STR                              | 1                                   | 1                               | 1                           | 1                           | 1                                       |
| NTC2018: SISMICA GEO                              | 1                                   | 1                               | 1                           | 1                           | 1                                       |

### Coefficienti R

| Nome  | Parziale resistenza<br>terreno (es. Kp) | Parziale resistenza Tiranti<br>permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti<br>temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi<br>strutturali (F_wall) |
|---|---|--|--|---|
| Simbolo   | $\gamma_{Re}$                           | $\gamma_{ap}$  | $\gamma_{at}$  |   |
| Nominal   | 1                                       | 1  | 1  | 1   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi<br>Permanente) | 1                                       | 1  | 1  | 1   |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)                | 1                                       | 1.2  | 1.1  | 1   |
| NTC2018: A2+M2+R1                                 | 1                                       | 1.2  | 1.1  | 1   |
| NTC2018: SISMICA STR                              | 1                                       | 1.2  | 1.1  | 1   |
| NTC2018: SISMICA GEO                              | 1                                       | 1.2  | 1.1  | 1   |

## RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano nelle immagini seguenti i diagrammi di sintesi delle deformazioni e delle sollecitazioni (SLU / SLV) attese.

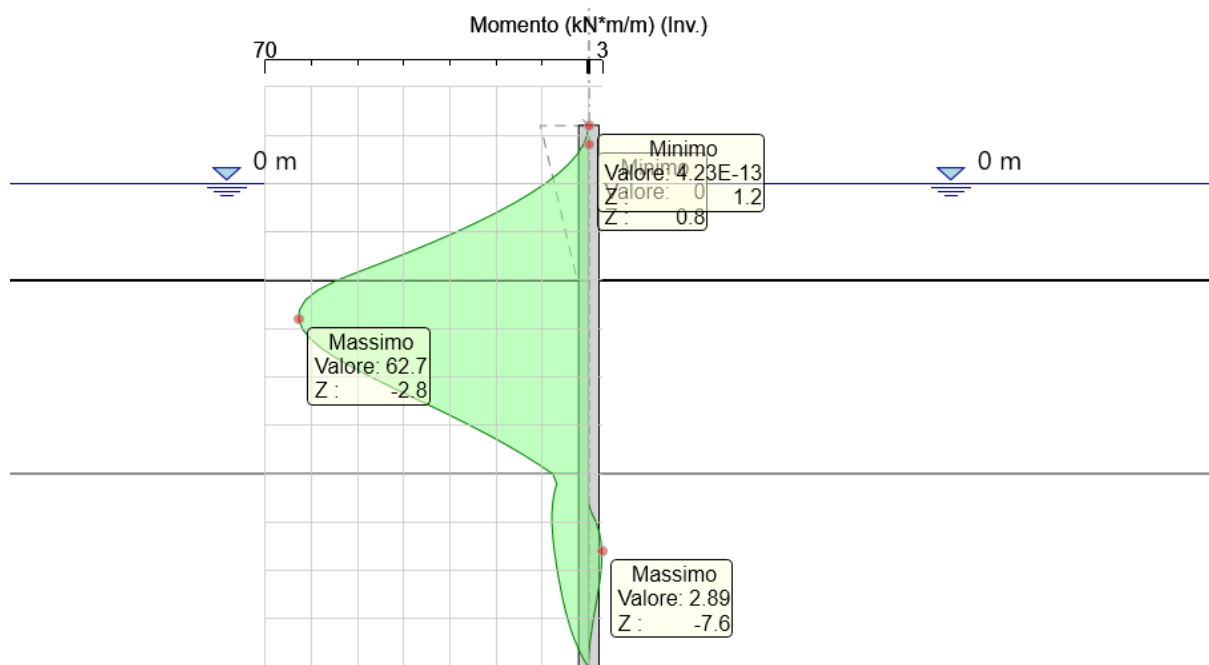


Diagramma involucro momento flettente

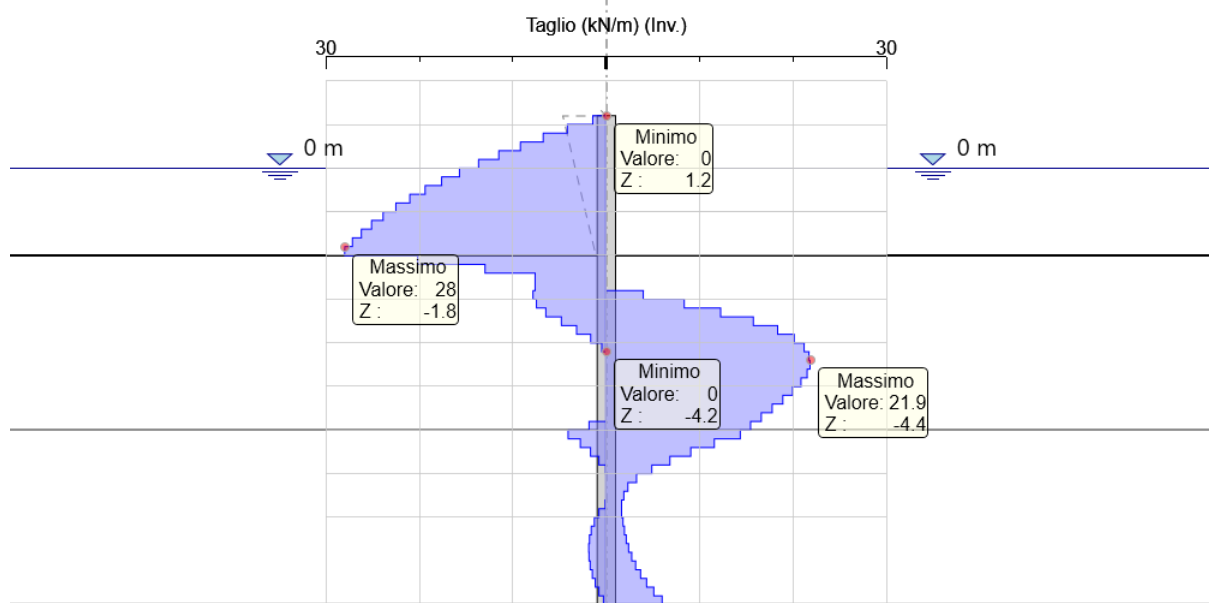


Diagramma involucro taglio



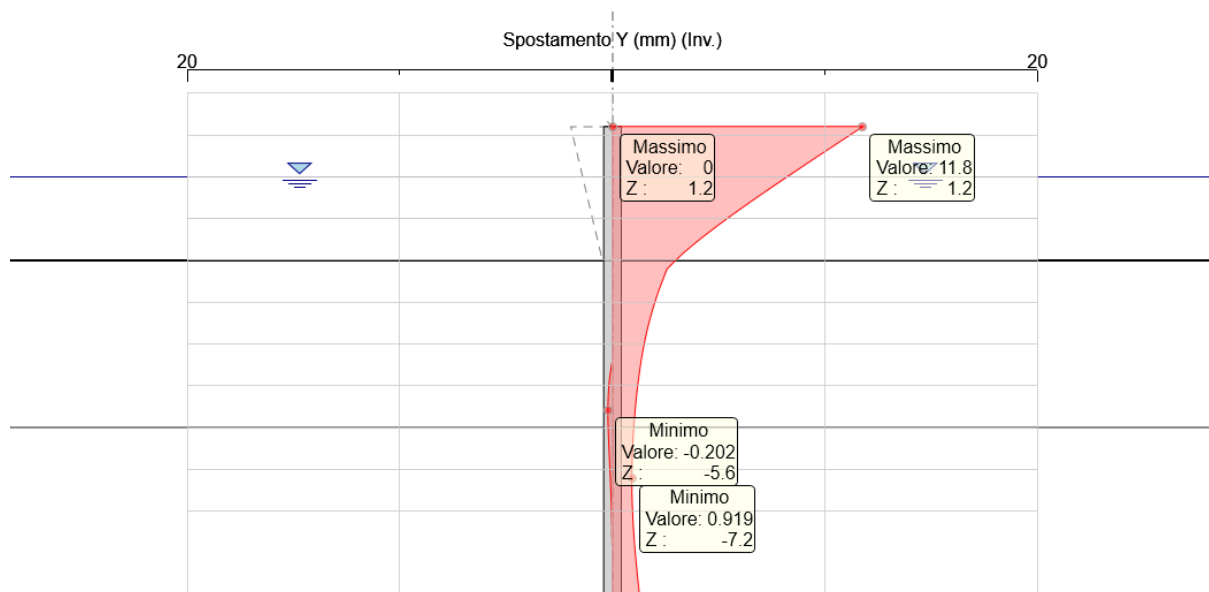


Diagramma involucro sollecitazioni

### Verifica di resistenza strutturale

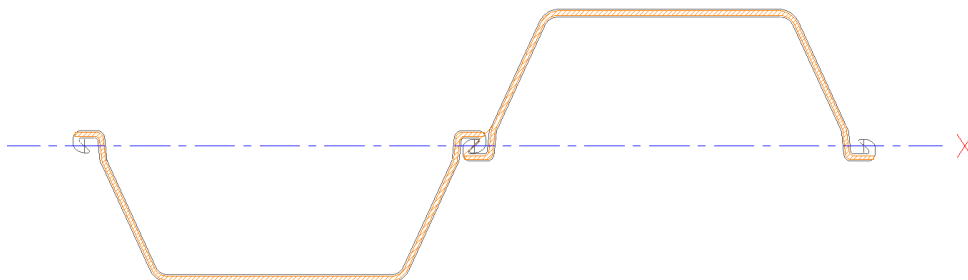
La verifica di resistenza strutturale delle palancole sarà eseguita considerando la perdita di spessore per corrosione stimata, assumendo una vita utile  $VN = 20$  anni, con gli spessori riportati nell'immagine seguente.

| n.m CORROSIONE : mm/anno |   |
|--------------------------|---|
| 0.01                     | ZONA ESPOSTA ALL' ARIA                  |
| 0.12                     | ZONA SOGGETTA AL MOTO ONDOSO            |
| 0.03                     | ZONA INTERTIDALE TRA I LIVELLI DI MAREA |
| 0.12                     | ZONA SOMMERSA ALTA (DA 1.5 A 2.5 m)     |
| 0.07                     |   |
| 0.03                     | ZONA SOMMERSA BASSA                     |
| 0.01                     | ZONA INFISSA NEL TERRENO                |

---

A favore di sicurezza si considera la riduzione dello spessore con riferimento alla zona soggetta al moto ondoso.

LARSEN L605k – riduzione spessore 4,8mm



---

Sezione Larssen L605K – spessore ridotto

Le caratteristiche di resistenza della palancola sono pertanto valutate considerando una riduzione dello spessore pari a:

$$t_{rid} = 2 * 0,12\text{mm/anno} * 20 \text{ anni} = 4,80 \text{ mm}$$

$$\text{Area sezione} \quad A = 113,8 \text{ cm}^2 / 1,20\text{m} = 94,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Modulo inerzia} \quad J_x = 29142 \text{ cm}^4 / 1,20\text{m} = 24285 \text{ cm}^4$$

$$\text{Modulo resistenza} \quad W_x = 24285 / 21 = 1156 \text{ cm}^3$$

$$\text{Momento statico} \quad S = 3072 \text{ cm}^3 / 1,20\text{m} = 2560 \text{ cm}^3$$

#### Resistenza a flessione

$$\sigma = M_{Sd} / W_x = 62,7 \text{ kNm} / 1156 \text{ cm}^3 = 54 \text{ Mpa} \ll f_{yd} = 338 \text{ MPa}$$

#### Resistenza a taglio

$$\tau = V_{Sd} S / J b = 28 \text{ kN} 2560 \text{ cm}^3 / 24285 \text{ cm}^4 0,4\text{cm} = 7 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 2 \tau^2)^{0,5} = 54,5 \text{ MPa} \ll f_{yd} = 338 \text{ MPa}$$