



*Il Commissario Straordinario  
delegato all'attuazione degli interventi  
di mitigazione del rischio idrogeologico*



Regione  
Lombardia



Parco Regionale  
Valle del Lambro



LIFE11 ENV/IT/004

**Comuni di Inverigo (CO), Nibionno (LC) e Veduggio con Colzano (MB)**



## AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO

### INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO

#### ASSOCIAZIONE TEMPORANEA D'IMPRESE

Mandante:

**ADRIACOS S.r.l.**

P.IVA. : 01997520307

Via Giovanni Agnelli, 2  
Latisana (UD)



Mandatarie:

**NAGOSTINIS S.r.l.**

P.IVA. : 01894310307

Piazza Venezia, 21  
Villa Santina (UD)

**B.B. SERVICE S.r.l.**

P.IVA. : 02442870305

Via Selet, 5  
Tolmezzo (UD)

#### PROFESSIONISTI INCARICATI

R.T.P.

CAPOGRUPPO:



Studio Causero & Spadetto Associati  
ingegneria civile idraulica ambientale

**dott. ing. Mario Causero**

**dott. ing. Paolo Spadetto**

Via Luigi Moretti, 15 - Udine

ASPETTI GEOLOGICI:

dott. geol. Roberto Ponta

ASPETTI AMBIENTALI:

dott. for. Massimo Cainero

dott. nat. Matteo De Luca

ASPETTI PAESAGGISTICI:

dott. arch. Loris Forte

Data:  
dicembre 2016

Agg:

Scala:

File: valle lambro

## PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

documento  
**F**

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	0
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

### Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>5</b>
2.1	CALCESTRUZZO ARMATO .....	5
2.2	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA.....	5
2.3	BULLONERIA.....	6
2.4	LEGNO.....	6
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>VITA NOMINALE, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO, COEFFICIENTI SISMICI.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>13</b>
6.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	13
6.2	NEVE .....	13
6.3	VENTO .....	14
6.4	CARICO VERTICALE AGENTE SULLA PASSERELLA .....	14
6.5	CARICO SISMICO .....	15
<b>7</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>16</b>
7.1	RISULTATI DI VERIFICA PARAMENTO DI MASCHERAMENTO IN LEGNO.....	16
7.1.1	Verifica strutturale.....	16
7.1.2	Verifica stabilità paramento singolo - Combinazione 1: Max Vento e $\psi_0$ Neve.....	20
7.1.3	Verifica stabilità paramento singolo - Combinazione 2: Sisma.....	21
7.1.4	Verifica stabilità paramento singolo - Verifica fondazioni.....	22
7.1.4.1	Capacità portante del terreno .....	22
7.1.5	Verifica stabilità paramento doppio ai lati passerella.....	24
7.2	VERIFICA CAMMINAMENTO IN LEGNO .....	25
7.2.1	Verifica impalcato in legno.....	25
7.2.1.1	Verifica dell'appoggio del tavolato.....	27
7.2.2	Verifica travi principali in legno .....	27
7.2.2.1	Verifica dell'appoggio della trave principale sul palo di fondazione .....	30
7.2.3	Verifica fondazioni.....	30
7.2.3.1	Capacità portante del palo di fondazione .....	30

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

## 1 Premesse

La presente relazione concerne i lavori relativi all'intervento denominato "Area di laminazione di Inverigo - Interventi idraulici e di riqualificazione fluviale nei territori di Inverigo, Nibionno e Veduggio Con Colzano" da realizzarsi nei comuni sopra citati, all'interno del Parco Regionale della valle del Lambro, in provincia di Como, Lecco e Monza e Brianza.

L'intervento strutturale in oggetto viene a realizzarsi territorialmente specificatamente in quella che il progetto definisce come "Area I" di Forcianetta, in provincia di Como.

Trattasi di opere in legno, aventi la funzione di realizzare un camminamento di accesso all'area umida e di mascheramento laterale al fine di consentire attività di birdwatching.

Tali opere consentono quindi l'accesso ad alcune aree umide presenti nelle vicinanze del fiume Lambro e vengono ad essere realizzate in legno al fine della massima compatibilità paesaggistica ed ambientale.

Per quanto concerne il camminamento di accesso, avente larghezza pari a 1,50m, esso viene realizzato con tavole in legno dello spessore minimo di **4cm**, poggianti alle estremità su due travi bordonali sempre in legno di larice, aventi sezione pari a **15 x 20cm** e disposte con distanza di 1,10m tra loro. Queste a loro volta risultano fondate su pali in legno di larice, del diametro di 20cm. Tali pali, della lunghezza di **2,50m** ciascuno, affondano nel terreno per almeno 2,00m. Essi vengono disposti lungo i due margini del percorso, al disotto delle travi bordonali, con intervallo pari a 3m tra loro.

I pannelli di mascheramento al fine del birdwatching vengono realizzati sempre in legno per la parte in elevazione, mediante l'utilizzo di montanti verticali rettangolari in legno aventi una **sezione di 12x14cm**, aventi la funzione di sostegno verticale e disposti con interasse pari a 1,50m, ai quali viene ad essere inchiodato un tavolato di mascheramento, dello spessore di **3cm**. L'altezza fuori terra massima dell'elemento è di 2,60m. Lungo alcuni tratti del mascheramento così formato viene ad essere realizzato in sommità al mascheramento un piccolo oggetto avente funzione di copertura per una larghezza pari a 1,00m. La struttura così realizzata, estremamente semplice, viene ad essere fondata su un cordolo di fondazione in c.a. mediante una piastra in acciaio ed opportuni ancoranti chimici in acciaio.

Nel tratto dove il mascheramento risulta singolo, posto al lato del sentiero di accesso in terreno granulare, il cordolo di fondazione ha dimensione di 100cm di base per 30cm di altezza al fine di fornire il necessario equilibrio alla struttura. Nel tratto dove invece il mascheramento viene disposto sui due lati della passerella sopraelevata in legno, ciascun lato del mascheramento viene ad essere posto su di un cordolo di fondazione avente larghezza di 50cm e spessore di 30cm. I due cordoli perimetrali così formati vengono poi tra loro collegati mediante un cordolo di collegamento, sempre in c.a., dello spessore di 30x30cm disposto ogni 3,0m al disotto dell'impalcato, lungo l'asse della passerella. In questo modo viene garantita la stabilità della fondazione anche in questa configurazione.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

Di seguito si riporta il dimensionamento delle strutture sopra brevemente descritte secondo la normativa vigente. Per una completa descrizione delle stesse si rimanda alle tavole progettuali dedicate.

Al fine di stabilire le caratteristiche del terreno e permettere il corretto dimensionamento dell'opera ci si è riferiti anche a quanto riportato nella Relazione Geologica a firma del geol. Roberto Ponta allegata al progetto Esecutivo.

Per quanto concerne i parametri geotecnici del terreno, ci si riferisce a parametri di materiale sabbioso tipico del sito in oggetto.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

## 2 Caratteristiche dei materiali

### 2.1 CALCESTRUZZO ARMATO

Calcestruzzo dei cordoli di fondazione:

Si impiega un calcestruzzo di classe minima (resistenza cubica caratteristica a 28 gg.):

$$R_{ck} = 35 \text{ MPa} \quad (\text{C28/35})$$

confezionato secondo le caratteristiche della **classe di esposizione XC2** come definite dalla Norma ENV 206-1 UNI 11104/04, con **classe di consistenza S4** e rapporto acqua/cemento non superiore a 0.6, contenuto minimo di cemento pari a 360kg/cm.

Diametro massimo inerti pari a 30mm.

Copriferro minimo da adottare pari a 4 cm.

Acciaio da c.a.:

Per le armature si impiega un acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo:

**B450C**

controllato in stabilimento, con caratteristiche di resistenza:

$$f_{caratt. snerv.} = 450 \text{ N/mm}^2$$

che soddisfi i seguenti rapporti minimi:

$$(A_{gt})_k \geq 7,5\%$$

$$1.15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1.35$$

$$(f_{y,eff}/f_{y,nom})_k \leq 1.25$$

### 2.2 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Le strutture di nuova esecuzione sono realizzate in acciaio per carpenteria metallica e legno. di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali di progetto

**Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale**

Modulo Elastico:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$  ( $210.000 \text{ N/mm}^2$ )

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale:  $G = E / [2*(1+\nu)]$  ( $\text{N/mm}^2$ )

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12*10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^{\circ}\text{C}$ )

Densità:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**Caratteristiche minime dei materiali**

	<b>S275</b>
<b>tensione di rottura</b>	430 N/mm <sup>2</sup>
<b>tensione di snervamento</b>	275 N/mm <sup>2</sup>

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

## 2.3 **BULLONERIA**

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti tipologie:

<b>CLASSE VITE</b>	ftb (N/mm <sup>2</sup> )	fyb (N/mm <sup>2</sup> )	fk,N (N/mm <sup>2</sup> )	fd,N (N/mm <sup>2</sup> )	fd,V (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Bulloni 8.8</b>	800	640	560	560	396
<b>Viti 10.9</b>	1000	900	700	700	495

## 2.4 **LEGNO**

Riferimenti:

- D.M. 14.01.2008, par. 11.7
- CNR-DT 206/2007: Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di strutture in legno.

**Caratteristiche minime** dei materiali impiegati per la costruzione delle strutture analizzate con la presente relazione.

Si adottano le seguenti tipologie di legname:

Legno massiccio

**classe C24 (UNI EN 338:2004) o Abete/Nord S2 (UNI 11035-2:2003)**

### **Requisiti dei materiali:**

#### **LEGANTI**

Nelle opere in oggetto devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia, con esclusione del cemento alluminoso.

#### **INERTI**

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature.

La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

#### **ACQUA**

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva.

#### **ARMATURA**

Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne menomino la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

#### **IMPASTI**

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto il relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività. L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

**In sede esecutiva controllare misure e quote.**

Il Calcolatore delle strutture  
dott. ing. Paolo Spadetto

Il Direttore dei Lavori



STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	0
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

### 3 Normativa di riferimento

La presente relazione è redatta in conformità alle seguenti Leggi e Normative:

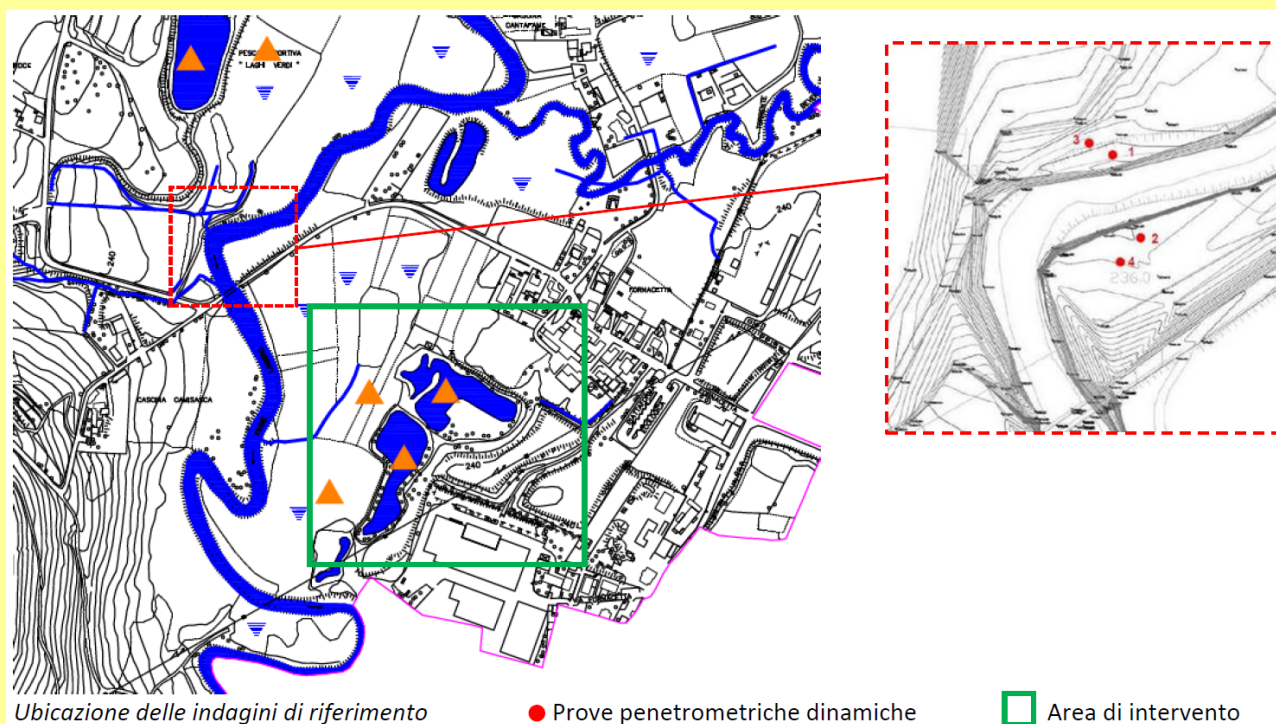
- L. 5 novembre 1971 n. 1086 - *“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”*.
- D.Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”*.
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 617 del 02/02/2009 *“Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.*

### 4 Relazione geotecnica

La relazione geotecnica si basa sulla relazione geologica redatta dal dott. geol. Roberto Ponta, nel rispetto delle disposizioni nazionali e regionali in materia di edificabilità in zona sismica, che hanno attestato la compatibilità tra le previsioni del progetto di costruzione in oggetto e le condizioni morfologiche, geologiche ed idrogeologiche dell'area su cui insiste. A tal fine sono stati eseguiti dettagliati rilievi di superficie e sono state raccolte tutte le notizie e i dati riguardanti il sottosuolo delle immediate vicinanze.

Stagni della Fornacetta (Comune di Inverigo)

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei terreni delle aree si fa riferimento alle indagini eseguite per il progetto definitivo dell'Area di laminazione di Inverigo, in particolare nell'ambito della relazione geologica-geotecnica a firma A. Alborghetti. Il cui sito di intervento è posto in prossimità dell'area di interesse.

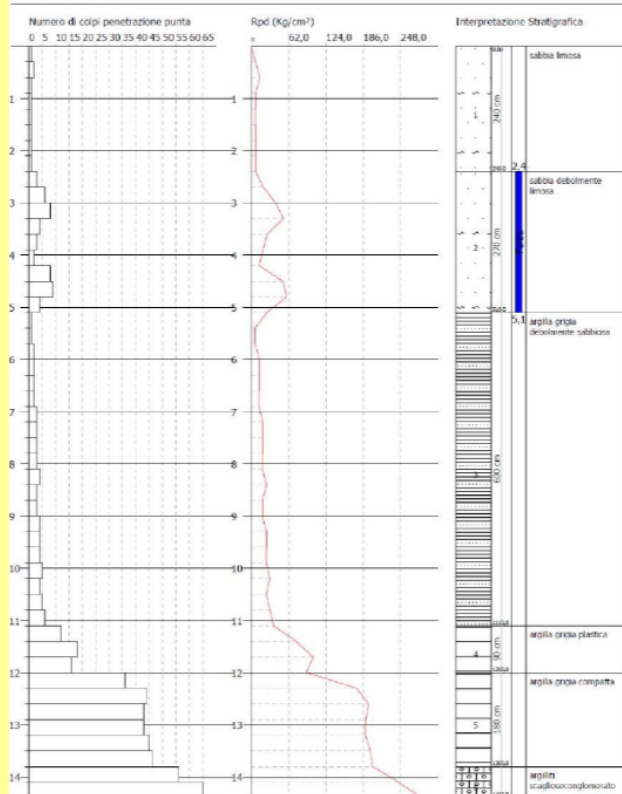


STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°2  
Strumento utilizzato: PAGANI TG 73-100

Committente:  
Carbore: Ponte idropedonale  
Località: Inverigo (Co)

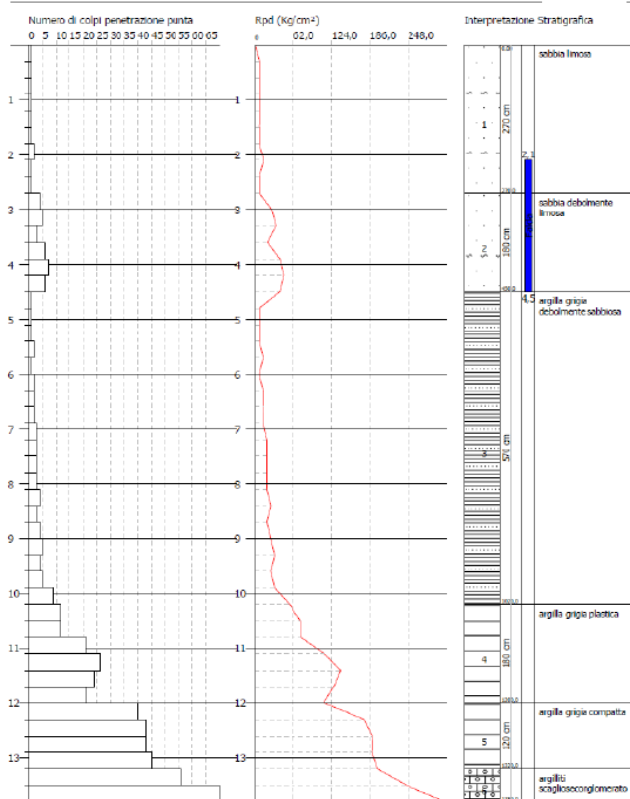
Data: 14/03/2014



Prova penetrometrica n. 4

Committente:  
Carbore: Ponte idropedonale  
Località: Inverigo (Co)

Data: 14/03/2014

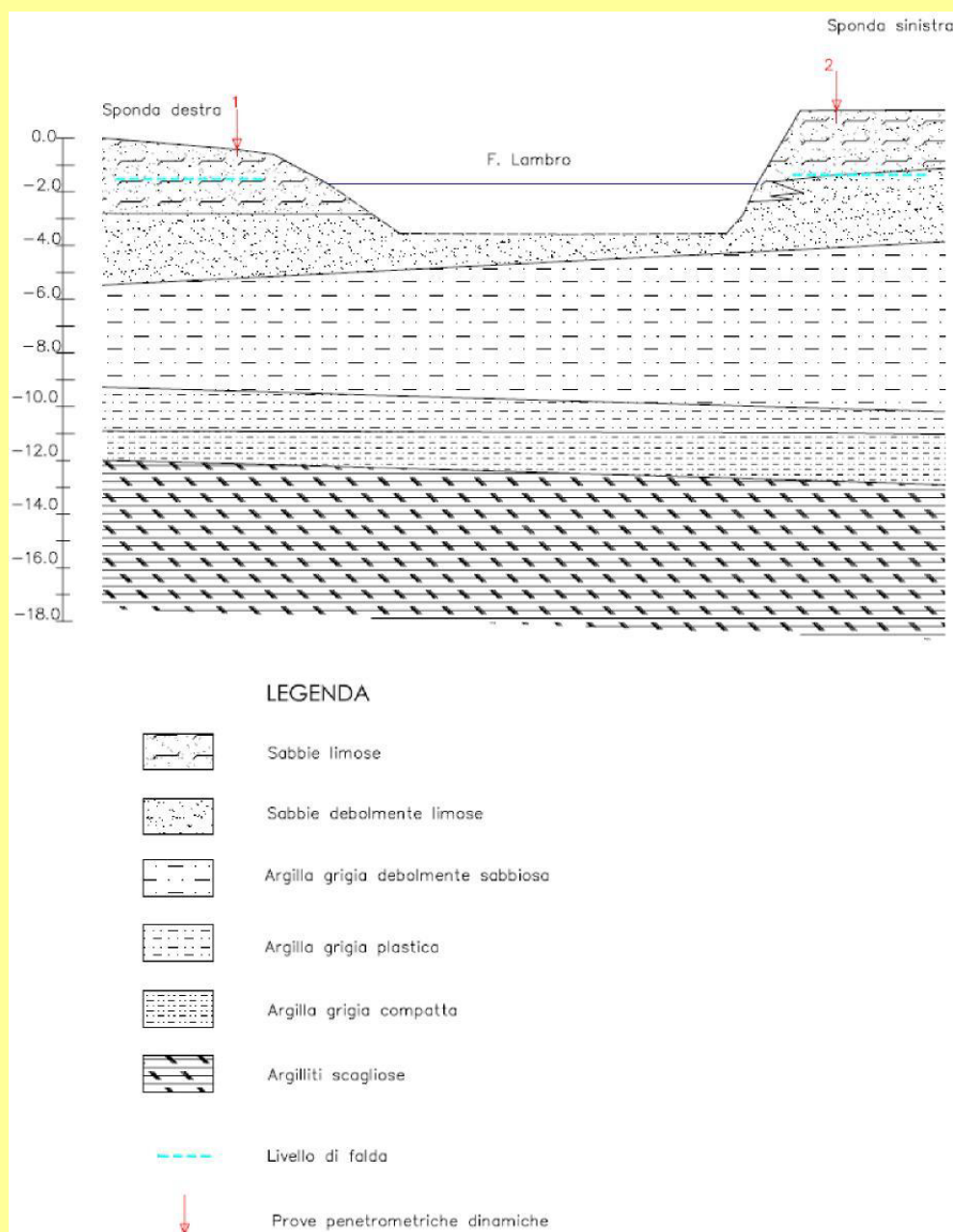


	Prof. (m)	Peso unità di volume saturato $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di attrito $\phi$ (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
1- Sabbia limosa	0.00 - 2.40/270	17	27-28	--	50
2 - Sabbia deb. limosa	2.40/270 - 4.50/5.10	17-18	28-30	--	60-65
3 - Argilla grigia deb. sabbiosa	4.50/5.10 - 10.20/11.10	18-19	--	0.20-0.40	15-20
4 - Argilla grigia plastica	10.20/11.10 - 12.00	18-19	--	1.20-1.60	85-90
5 - Argilla grigia compatta	12.00-13.20/13.80	19	--	2.80-3.00	180-200
6 - Substrato lapideo / Argilliti	Oltre 13.10/13.80	20-21	-	--	6000

Caratteristiche dei terreni

La ricognizione freaticometrica effettuata all'interno dei fori di prova ha evidenziato la presenza di falda sospesa a partire dalla profondità di circa 1,10 m. dal p.c. e coincidente con il livello del pelo libero dell'acqua dell'adiacente Fiume Lambro. Possibile innalzamento del livello piezometrico in concomitanza di eventi di piena. Le misurazioni della soggiacenza della falda sono state eseguite al termine dell'esecuzione delle indagini geotecniche e rappresentano la situazione idrogeologica locale al momento della misura

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R 0
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	--------



Pertanto, per quanto concerne le strutture di fondazione dei pannelli di mascheramento al fine del birdwatching, del tipo diretto, esse poggiano su di un terreno di scarsa capacità portante, classificabile come: Sabbia Limosa con i seguenti parametri geotecnici

$$\gamma_{\text{dry}}=1500 \text{ kg/m}^3 \quad \gamma_{\text{sat}}=1700 \text{ kg/m}^3 \quad \Phi=27^\circ \quad C=0,0 \text{ t/m}^2 \quad E_d = 50\text{kg/cmq}$$

Essendo i carichi dovuti alla struttura estremamente limitati, si può ritenere possibile la realizzazione di opere fondazionali dirette, avendo il riguardo di collegarle opportunamente tra loro.

Per quanto riguarda le opere fondazionali della passerella, essendo le stesse realizzate con pali battuti in legno, anche se vi sarà un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità, si adottano i medesimi parametri di cui sopra per la verifica di cui alle pagine che seguono.

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

Si considererà una falda posta ad 1,5m dal p.c. Data la profondità e la limitatezza dei carichi in oggetto, essa si può ritenere non interagente con le fondazioni.

Dal punto di vista sismico il sottosuolo si può ritenere appartenente alla **categoria D** *“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).”*

## 5 Vita nominale, classe d'uso, periodo di riferimento, coefficienti sismici

Ai sensi delle NTC si definiscono la vita nominale, la classe d'uso ed il periodo di riferimento dell'azione sismica.

Per quanto concerne la **vita nominale** della struttura, essa appartiene al **tipo 2** (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale) per cui si ha

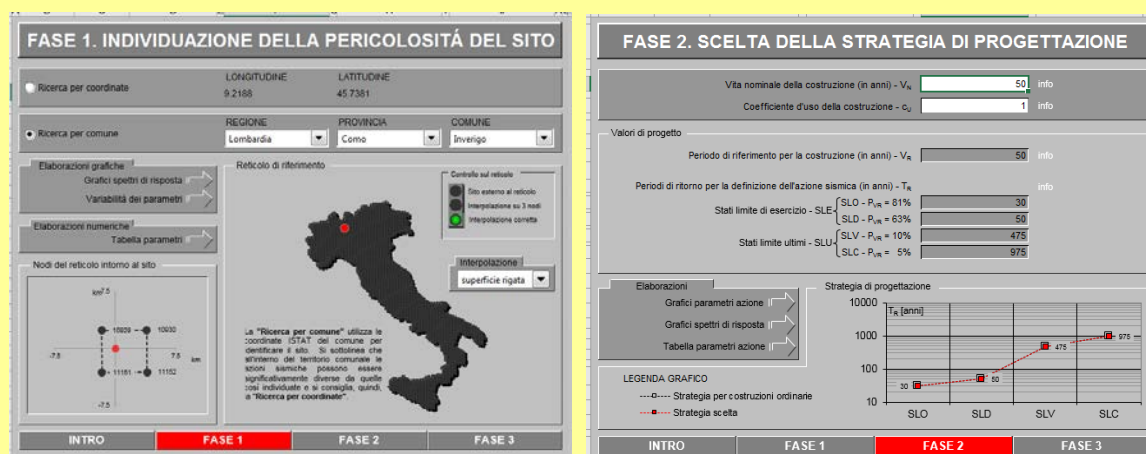
$$V_N \geq 50 \text{ anni}$$

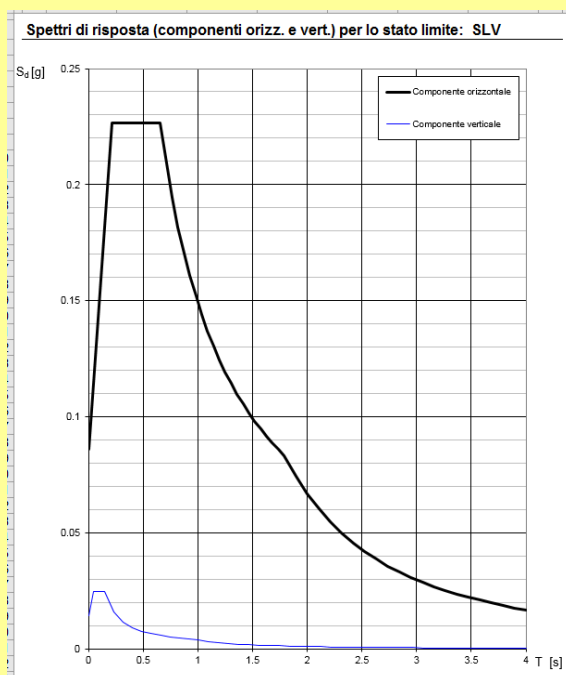
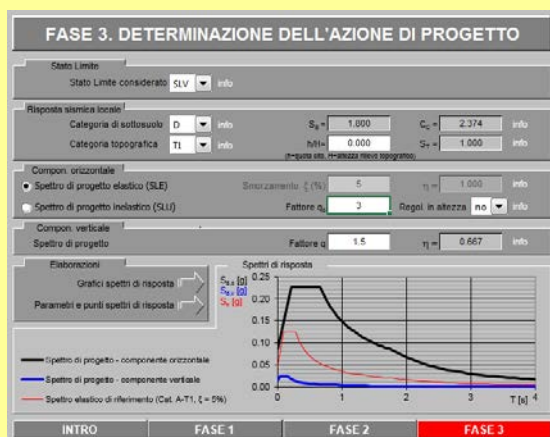
Secondo la suddivisione in classi d'uso, l'opera in oggetto può essere considerata ricadente in **classe II**.

Pertanto si ha un periodo **di riferimento per l'azione sismica**  $V_R$  nel seguito determinato:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Di seguito si determinano i parametri sismici di riferimento





#### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

##### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.048 g
$F_a$	2.640
$T_c$	0.277 s
$S_g$	1.800
$C_g$	2.374
$S_T$	1.000
$q$	1.000

##### Parametri dipendenti

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.219 s
$T_C$	0.658 s
$T_D$	1.791 s

##### Punti dello spettro di risposta

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.086
0.219	0.227
0.658	0.227
0.712	0.209
0.766	0.195
0.820	0.182
0.874	0.171
0.928	0.161
0.982	0.152
1.036	0.144
1.090	0.137
1.144	0.130
1.197	0.125
1.251	0.119
1.305	0.114
1.359	0.110
1.413	0.106
1.467	0.102
1.521	0.098
1.575	0.095
1.629	0.092
1.683	0.089
1.737	0.086
1.791	0.083
1.896	0.074
2.001	0.067
2.106	0.060
2.212	0.055
2.317	0.050
2.422	0.046
2.527	0.042
2.632	0.039
2.738	0.036
2.843	0.033
2.948	0.031
3.053	0.029
3.158	0.027
3.264	0.025
3.369	0.024
3.474	0.022
3.579	0.021
3.684	0.020
3.790	0.019
3.895	0.018
4.000	0.017

##### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_g \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

##### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Dal punto di vista sismico l'opera viene progettata come "struttura non dissipativa" secondo anche quanto previsto dal Parere del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici del 14/12/2010. Si adotta quindi un fattore di struttura unitario  $q=1$ .



STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

## 6 Analisi dei carichi

### 6.1 Peso proprio della struttura

L'impalcato in legno della passerella è previsto in larice, sp. 4cm.

Pertanto si ha:

$$800 \text{ daN/mc} \times 0,04 \text{ m} = 32 \text{ daN/mq}$$

Si assumono 50 daN/mq

### 6.2 Neve

**Normativa** : D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

**Provincia** : Como

**Zona** : Ia

**Altitudine** : 250 m s.l.m.

**Valore caratteristico neve al suolo** :  $q_{sk} = 158.56 \text{ kg/m}^2$

**Coefficiente di esposizione**  $C_E$  : 1 (Normale)

**Coefficiente termico**  $C_t$  : 1

**Tipo di copertura**: ad una falda ( $\alpha = 20^\circ$ )

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $\alpha$ .

Si deve considerare la condizione di carico riportata nella figura a lato, la quale deve essere utilizzata per entrambi i casi di carico, con o senza vento.

**Carico da neve** :

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 126.85 \text{ kg/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 126.85 \text{ kg/m}^2$$

Si assume  **$q_{neve} = 130 \text{ daN/mq}$**



STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

### 6.3 Vento

**Normativa:** D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

**Provincia:** Como

**Zona:** 1

**Altitudine:** 250 m s.l.m

**Tempo di ritorno  $T_r$ :** 50 anni;

**Velocità di riferimento  $v_b(T_r)$ :** 25 m/s

**Pressione cinetica di riferimento  $q_b$ :** 39.86 Kg/m<sup>2</sup>

**Altezza della costruzione  $z$ :** 3 m ( $z_{min}$ : 4m)

**Distanza dalla costa:** Terra, oltre i 40 km dalla costa, sotto i 500 m

**Classe di rugosità del terreno:** B

**Categoria di esposizione del sito:** IV

**Coefficiente topografico  $c_t$ :** 1

**Coefficiente dinamico  $c_d$ :** 1

**Coefficiente di esposizione  $c_e(z)$ :**

$c_e(z = 3m) = c_e(z_{min} = 8m) = 1.63$

**Coefficiente di forma  $c_p$ :**

Muri e parapetti senza chiusura laterale (CNR- DT 207/2008)

$\Phi$ = densità del muro = 0,8

$c_p = 1,2$

Si adotta  $c_p = 1,2$

**Pressione del vento con coefficiente di forma  $c_p = 1.2$**

$p(z = 3m) = p(z_{min} = 8m) = 78.17 \text{ Kg/m}^2$

Essendo  $\Phi$ = densità del muro = 0,8

Si assume  **$p_{vento} = 60 \text{ daN/mq}$**



### 6.4 Carico verticale agente sulla passerella

Al disopra della passerella pedonale viene adottato un carico proprio di folla compatta, ai sensi degli schemi di carico 5.1.3.3.3 delle NTC 2006

**Folla compatta**

$q = 500 \text{ daN/mq}$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO  <b>ESECUTIVO</b>	COD.  <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	----------------------------------	---------------------------	---	---

## 6.5 **Carico sismico**

L'opera in progetto è situata in comune di Inverigo (CO); Al precedente punto 5 sono state determinate le accelerazioni sismiche di riferimento.

L'azione sismica, data la tipologia di strutture in oggetto (paramento e passerella) risulta assolutamente inferiore a quelle determinate ai punti precedenti, che pertanto rappresentano le azioni dimensionanti per l'opera in oggetto. Si procede comunque anche alla verifica di tale combinazione.



STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

## 7 Verifiche strutturali

Si effettua la verifica allo SLU secondo le combinazioni preiste dalla NTC2008

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nel caso in oggetto i parametri di combinazione allo SLU sono:

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (quota < 1000m)	0.5	0.2	0.0
Folla compatta	1.0	0.75	0.0

Per la tipologia di opere in oggetto la combinazione più gravosa allo SLU è unica ed è la seguente:

- Verifica pannelli di mascheramento:  
Max vento e  $\psi_0$  neve
- Verifica camminamento  
Max folla compatta

### 7.1 Risultati di verifica paramento di mascheramento in legno

Di seguito si riportano le verifiche per quanto concerne il paramento di mascheramento in legno lungo il sentiero pedonale. Al fine della verifica si considera la geometria più gravosa, che risulta essere quella con presenza del piccolo oggetto di copertura.

#### 7.1.1 Verifica strutturale

La combinazione più gravosa per la struttura è sicuramente quella dovuta al vento in cui viene a determinarsi un discreto momento flettente sulla sezione in legno di interfaccia tra elevazione e fondazione. Tale azione viene poi trasmessa mediante la piastra in acciaio di collegamento all'interfaccia con la fondazione.

Nel seguito si considera una lunghezza di paramento pari a 1,50m (interasse fra i montanti verticali).

Sulla parete lunga 1,50m agisce un'azione dovuta al vento pari a:

$$F_{\text{Vento}} = 60 \text{ daN/mq} \times 2,60 \times 1,50 \text{ m} = 234 \text{ daN}$$

$$F_{\text{Neve}} = 130 \text{ daN/mq} \times 1,00 \times 1,50 \text{ m} = 195 \text{ daN}$$

Sulla sezione alla base, allo SLU l'azione flettente sollecitante risulta essere:

$$M = 1,5 \times (234 \text{ daN} \times 1,30 \text{ m} + 0,5 \times 195 \text{ daN} \times 0,50 \text{ m}) = 530 \text{ daN m}$$

$$T = 1,5 \times 234 \text{ daN} = 351 \text{ daN}$$

$$N = 0,03 \times 2,60 \times 1,50 \times 400 \text{ daN/mc} + 1 \times 0,14 \times 0,12 \times 2,60 \times 400 \text{ daN/mc} = 65 \text{ daN}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

Di seguito si riporta la verifica della sezione in legno classe C24 sezione 12x14cm

Tale elemento in legno risulta ancorato mediante una piastra in acciaio collegata direttamente all'elemento in legno mediante spinotti in acciaio ed alla fondazione in c.a. mediante 4 ancoranti in acciaio e resina chimica  $\Phi 8$ mm. Di seguito si riporta quindi anche la verifica della piastra di ancoraggio mediante software di calcolo dedicato della Hilti.

## VERIFICA TRAVI IN LEGNO SECONDO DM2008 E CNR-DT 206/2006

### TIPO DI LEGNAME

peso specifico	p	350	kg/mc
flessione	$f_{m,k}$	24	N/mm <sup>2</sup>
trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	14	N/mm <sup>2</sup>
trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	0.5	N/mm <sup>2</sup>
compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	21	N/mm <sup>2</sup>
compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	2.5	N/mm <sup>2</sup>
taglio	$f_{v,k}$	2.5	N/mm <sup>2</sup>
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	11000	N/mm <sup>2</sup>
Modulo parallelo alla fibratura (5 percent)	$E_{0,05}$	7400	N/mm <sup>2</sup>
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	370	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	690	N/mm <sup>2</sup>
	$G_{0,05}$	464.18	N/mm <sup>2</sup>

$k_{mod}$	1
$\gamma_M$	1.5

### Valori di calcolo

$f_{m,d}$	16.00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$	9.33 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,d}$	0.33 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$	14.00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,d}$	1.67 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d}$	1.67 N/mm <sup>2</sup>

### Geometria sezione rettangolare

b=	120 mm
h=	140 mm
Inerzia y	27440000 mm <sup>4</sup>
Inerzia z	20160000 mm <sup>4</sup>
W y	392000 mm <sup>3</sup>
W z	336000 mm <sup>3</sup>
A	16800 mm <sup>2</sup>

CNR-DT 206/2006

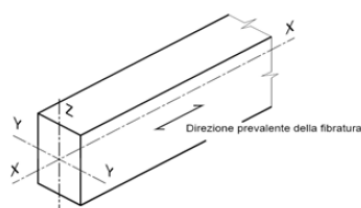


Figura B.1 - Assi dell'elemento

### Verifica a flessione

Mmax y	5.3 kN m	intorno a y
Mmax z	0 kN m	intorno a z
$k_m$	0.7	- $k_m = 0.7$ per sezioni trasversali rettangolari; - $k_m = 1.0$ per altre sezioni trasversali.
$\sigma_{m,y,d}$	13.52 N/mm <sup>2</sup>	VERIFICA 0.85 OK
$\sigma_{m,z,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	VERIFICA 0.59 OK

### Verifica di stabilità elementi inflessi (instabilità di trave)

Inerzia tors rettang =  $\beta a b^3$  con "a" altezza sez e "b" base sez

$\beta$	0.166
$I_{tors}$	40158720 mm <sup>4</sup>

$L_{eff}$  2600 mm

$M_{y,crit}$	63717515.5 N mm
$\sigma_{m,crit}$	162.54 N/mm <sup>2</sup>
$\lambda_{rel,m}$	0.38425474

$k_{crit,m}$  1

VERIFICA 0.85 OK

a/b =	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	10	Infinito
$\alpha$	4,808	4,566	4,329	4,065	3,876	3,745	3,546	3,436	3,205	3,000
$\beta$	0,141	0,166	0,196	0,229	0,249	0,263	0,281	0,291	0,312	0,333

CNR-DT 206/2006

Tabella B.2-Valori della lunghezza efficace $L_{eff}$		
Condizioni di vincolo	Tipo di carico o di sollecitazione	$L_{eff}$
Semplice appoggio	Momento flettente costante nel tratto L	1.0 L
	Carico uniformemente distribuito	0.9 L
	Forza concentrata in mezz'arco	0.8 L
Incastro ad un estremo (mensole)	Carico uniformemente distribuito	0.5 L
	Forza concentrata all'estremo libero	0.8 L

celle di calcolo

6.772695

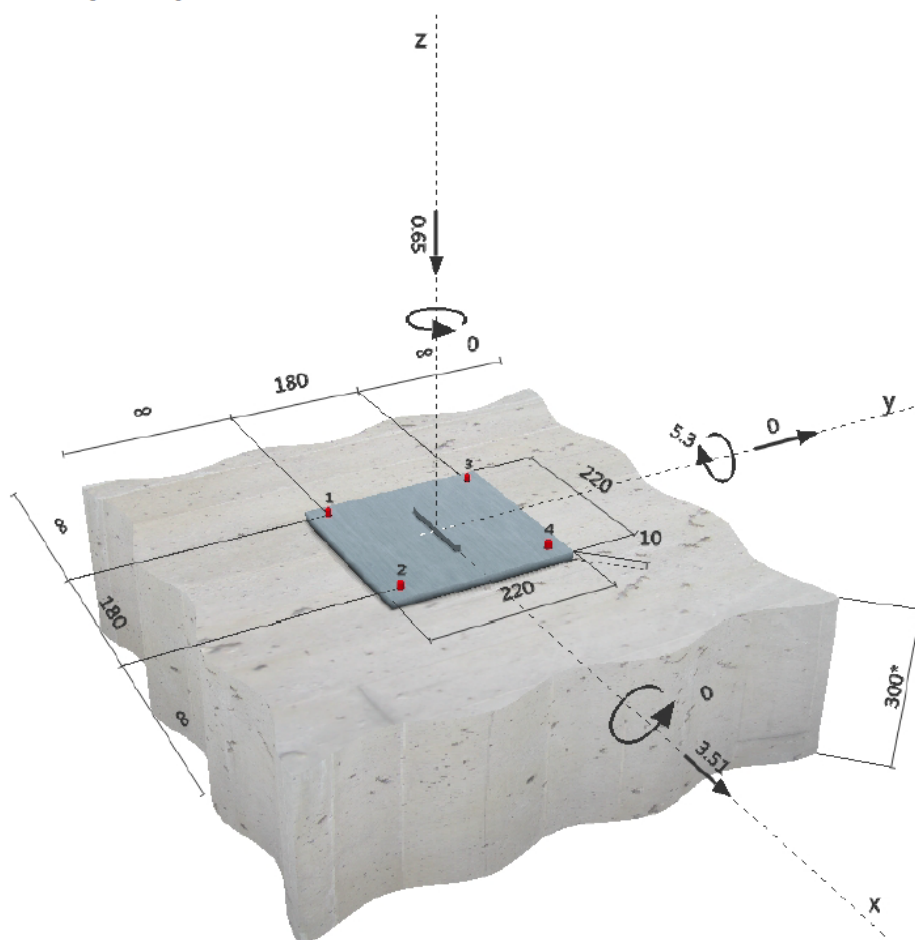
1.271809

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO	COD.	R	O
			ESECUTIVO	018-16		

## 1 Dati da inserire

<b>Tipo e dimensione dell'ancorante:</b>	<b>HIT-HY 200-A + HIT-Z-R M8</b>	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef, opti} = 60 \text{ mm}$ ( $h_{ef, limit} = 100 \text{ mm}$ )	
Materiale:	A4	
Certificazione No.:	ETA 12/0006	
Emesso l Valido:	15/03/2013   10/02/2017	
Prova:	metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029)	
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 10 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio:	S 235 (St 37); $E = 210000.00 \text{ N/mm}^2$ ; $f_{yk} = 235.00 \text{ N/mm}^2$ ; $\gamma_{Ms} = 1.100$ $I_x \times I_y \times t = 220 \text{ mm} \times 220 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: calcolato (10 mm))	
Profilo:	Barra liscia; $(L \times W \times T) = 100 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 0 \text{ mm}$	
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{cc} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 300 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 20/20 °C	
<b>Installazione:</b>	<b>Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto</b>	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque $\varnothing$ ) o $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ) con armatura di bordo longitudinale $d \geq 12$ L'armatura per il controllo della fessurazione deve essere presente in accordo a quanto previsto da EOTA TR 029, paragrafo 5.2.2.6.	

### Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

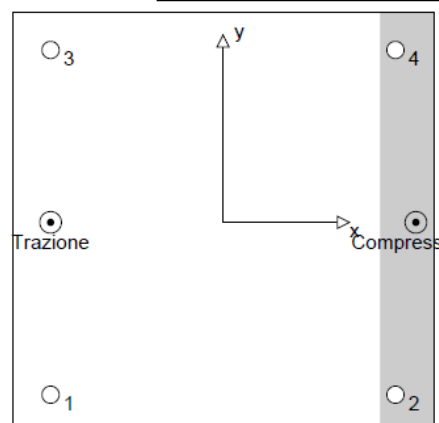
Condizione di carico: Carichi di progetto

### Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	13.726	0.878	0.878	0.000
2	0.000	0.878	0.878	0.000
3	13.726	0.878	0.878	0.000
4	0.000	0.878	0.878	0.000

Compressione max. nel calcestruzzo: 0.30 [‰]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 9.14 [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(-90/0): 27.452 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(101/0): 28.102 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	13.726	16.000	86	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	27.452	40.212	69	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	27.452	34.281	81	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
24.000	1.500	16.000	13.726

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$S_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]
45000	22500	24.00	150	75	$\infty$
$h_{ef,Helix}$ [mm]	$\psi_c$	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$k$	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$
50	1.000	24.00	3.200	1.000	1.000
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]	
30.159	60.319	1.500	40.212	27.452	

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$S_{cr,N}$ [mm]		
64800	32400	90	180		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]	
10.100	25.710	1.500	34.281	27.452	

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0.878	11.200	8	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	3.510	137.122	3	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Sd}$ [kN]
14.000	1.250	11.200	0.878

##### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
129600	32400	90	180	2.000	10.100
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,op}$ [kN]	$V_{Sd}$ [kN]		
25.710	1.500	137.122	3.510		

#### 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)

Rottura dell'acciaio

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0.858	0.078	2.000	75	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1$$

#### 6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$N_{Sk}$	=	10.167 [kN]	$\delta_N$	=	0.202 [mm]
$V_{Sk}$	=	0.650 [kN]	$\delta_V$	=	0.039 [mm]
			$\delta_{NV}$	=	0.206 [mm]

Carichi a lungo termine:

$N_{Sk}$	=	10.167 [kN]	$\delta_N$	=	0.405 [mm]
$V_{Sk}$	=	0.650 [kN]	$\delta_V$	=	0.059 [mm]
			$\delta_{NV}$	=	0.409 [mm]

**L'ancoraggio risulta verificato!**

#### 7.1.2 Verifica stabilità paramento singolo - Combinazione 1: Max Vento e $\psi_0$ Neve

Gli elementi verticali in legno disposti con intervallo di 1,50m vengono ad essere montati sulla fondazione in c.a. di appoggio al terreno mediante piastra in acciaio. Si prevede un giunto in fondazione ogni 10 elementi verticali. Si considera pertanto un'estesa di 15m di paramento.

L'azione agente risulta essere

$$F_{Vento} = 60 \text{ daN/mq} \times 2,60 \times 15,00 = 2340 \text{ daN}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

$$F_{\text{Neve}} = 130 \text{ daN/mq} \times 1,00 \times 15,00 = 1950 \text{ daN}$$

Il peso della struttura risulta essere

$$P_{\text{elevazione}} = 0,03 \times 2,60 \times 15,00 \times 400 \text{ daN/mc} + 10 \times 0,14 \times 0,12 \times 2,60 \times 400 \text{ daN/mc} = 650 \text{ daN}$$

$$P_{\text{fondazione}} = 0,30 \times 1,00 \times 15,00 \times 2500 \text{ daN/mc} = 11250 \text{ daN}$$

$$P_{\text{terreno}} = 0,10 \times 1,00 \times 15,00 \times 1500 \text{ daN/mc} = 2250 \text{ daN}$$

Contributo del terreno di rinfiacco

La trave di fondazione risulta immersa nel terreno. L'interfaccia di appoggio tra trave e terreno avviene ad una profondità di 40cm (non considerando a favore di sicurezza il magrone di allettamento). Lo spostamento della fondazione attiva la spinta passiva del terreno che può essere di seguito determinata:

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \Phi/2) = 2,66$$

$$S_{ip} = K_p \times 1500 \text{ daN/mc} \times 0,40^2 / 2 \times 15,00 = 4780 \text{ daN}$$

Largamente a favore di sicurezza non si considera tale contributo nelle verifiche che seguono

#### VERIFICA EQU – RIBALTAMENTO

Si considera la rotazione intorno al punto di interfaccia fondazione-terreno.

$$M_{\text{rib}} = 1,5 \times 2340 \text{ daN} \times (1,30 + 0,30) + 1,5 \times 0,5 \times 1950 \text{ daN} \times 0,10 = 5760 \text{ daN m}$$

$$M_{\text{stab}} = 0,9 \times 650 \times 0,50 + 0,9 \times (11250 + 2250) \times 0,50 = 6370 \text{ daN m}$$

$$M_{\text{rib}} < M_{\text{stab}} \quad \text{VERIFICATO}$$

#### VERIFICA A SCORRIMENTO

$$F_{\text{instab}} = 1,5 \times 2340 = 3510 \text{ daN}$$

$$F_{\text{stab}} = 1,0 \times (11250 + 2250 + 650) \times \tan(2/3 \Phi) = 4600 \text{ daN}$$

$$F_{\text{stab}} / F_{\text{instab}} = 1,31 > 1,1 \quad \text{VERIFICATO}$$

#### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

Vedi Relazione sulle Fondazioni alle pagine seguenti

#### 7.1.3 Verifica stabilità paramento singolo - Combinazione 2: Sisma

Si considera un'estesa di 15m di paramento.

Il peso della struttura risulta essere

$$P_{\text{elevazione}} = 650 \text{ daN}$$

$$P_{\text{fondazione}} = 11250 \text{ daN}$$

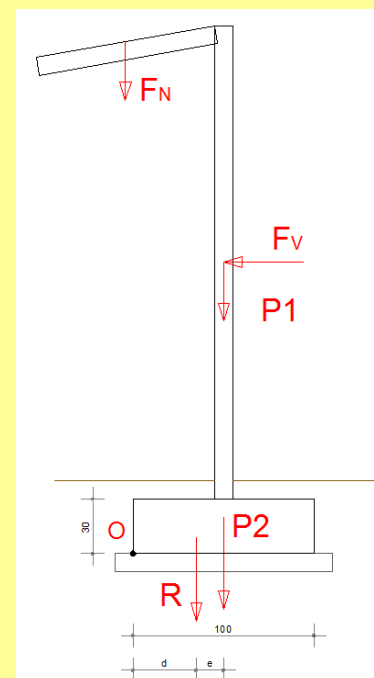
L'azione agente sul paramento verticale risulta essere ( $q=1$ )

$$F = 0,227g \times 650 \text{ daN} \times 1/g = 150 \text{ daN}$$

#### VERIFICA EQU - RIBALTAMENTO

L'azione ribaltante risulta di un ordine di grandezza inferiore di quella considerate nella verifica sotto azione vento. Pertanto la verifica risulta sicuramente superata

#### VERIFICA A SCORRIMENTO



STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

L'azione instabilizzante risulta di un ordine di grandezza inferiore di quella considerate nella verifica sotto azione vento. Pertanto la verifica risulta sicuramente superata

#### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

Vedi Relazione sulle Fondazioni alle pagine seguenti

#### **7.1.4 Verifica stabilità paramento singolo - Verifica fondazioni**

##### *7.1.4.1 Capacità portante del terreno*

Si effettua la verifica della capacità portante del terreno di fondazione secondo il metodo di Meyerhof e considerando l'inclinazione del carico agente.

I parametri adottati nella verifica sono i seguenti:

Coefficiente di Sicurezza:	2.30
Forma impronta fondazione:	NASTRIFORME
Affondamento piano di posa Df:	50 cm (interfaccia terreno-magrone)
Angolo Ø attrito terreno:	27.0 (°)
Coesione terreno:	0.000 daN/cm <sup>2</sup>
Peso di volume g terreno:	1500 daN/m <sup>3</sup>

#### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE VENTO

$$d = [650 \times 0,50 + (11250 + 2250) \times 0,50 - 2340 \times 1,60] / (11250 + 2250 + 650) = 0,23\text{m}$$

$$e = B/2 - d = 1,00/2 - 0,23 = 0,27 \text{ m}$$

$$e > B/6 = 0,17\text{cm}$$

La risultante non cade entro il terzo medio

$$p_{\max} = 2 W / (L \times 3d) = 28300 / (1500 \times 3 \times 23) = 0,27 \text{ daN/cm}^2$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

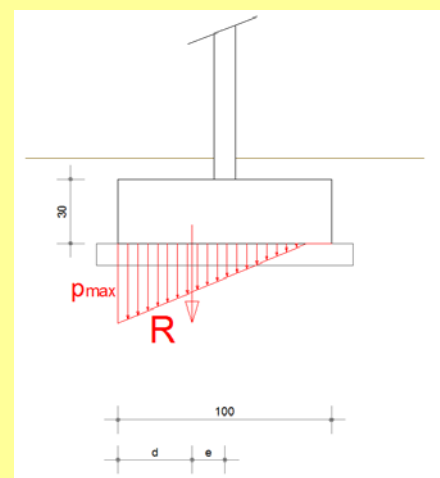
### Calcolo del Carico Limite con il metodo di Meyerhof

Parametri geotecnici del terreno				
Peso dell'unità di volume terreno di fondazione	(g)	t/mc	1.50	
Angolo di attrito interno	(f)	°	27.00	
Coesione	(c')	t/m <sup>2</sup>	0.00	
Kp			2.66294	
Peso dell'unità di volume terreno di riporto	(g <sub>r</sub> )	t/mc	1.70	
Caratteristiche geometriche della fondazione				
Larghezza fondazione	B	m	1.00	
Lunghezza fondazione	L	m	15.00	
Eccentricità larghezza	e <sub>x</sub>	m	0.270	
Eccentricità lunghezza	e <sub>y</sub>	m	0.000	
Approfondimento	D	m	0.50	
Inclinazione carico	i	°	9.00	
Larghezza ridotta	B'	m	0.46	
Lunghezza ridotta	L'	m	15.00	
Coefficienti di fondazione				
N <sub>q</sub>			13.1991	$e^{(9 \cdot \tan f)} \cdot \tan^2 (45^\circ + f/2)$
N <sub>g</sub>			9.4626	$(N_q - 1) \tan (1,4 f)$
N <sub>c</sub>			23.9421	$(N_q - 1) \cotg (f)$
Fattori di forma				
s <sub>c</sub>			1.0355	$1 + 0,2 \cdot K_p (B/L)$
s <sub>q</sub> = s <sub>g</sub>			1.0178	$1 + 0,1 \cdot K_p (B/L)$
Fattori di profondità				
d <sub>c</sub>			1.1632	$1 + 0,2 K_p^{1/2} \cdot D/B$
d <sub>q</sub> = d <sub>g</sub>			1.0816	$1 + 0,1 K_p^{1/2} \cdot D/B$
Fattori di inclinazione del carico				
i <sub>q</sub> = i <sub>c</sub>			0.8100	$(1 - i^\circ/90)^\circ$
i <sub>g</sub>			0.4444	$(1 - i^\circ/f)^\circ$
Calcolo del carico limite				
			10.0036	$g_r \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$
			1.5972	$0,5 \cdot B' \cdot g \cdot N_g \cdot s_g \cdot d_g \cdot i_g$
			0.0000	$c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$
q <sub>d</sub>		t/m <sup>2</sup>	11.6008	TOTALE

Applicando il coefficiente di sicurezza 2,3 /Approccio 2 NTC2008) si ottiene:

$$p_{amm} = 11.6 \text{ t/mq} / 2.3 = 5,0 \text{ t/mq} = 0,50 \text{ daN/cm}^2$$

$$p_{amm} / p_{max} > 1 \text{ VERIFICATO}$$





STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE SISMICA

Le sollecitazioni in fase sismica, data la leggerezza della struttura lignea, sono ampiamente inferiori di quelle dovute all'azione del vento e pertanto la verifica risulta sicuramente soddisfatta

#### **7.1.5 Verifica stabilità paramento doppio ai lati passerella**

Nei tratti in cui il paramento per il birdwathing viene disposto ai lati del camminamento in legno, si prevede la realizzazione di due fondazioni in c.a. da 50x30cm, una per ciascun lato del camminamento stesso, collegate tra loro mediante un cordolo in c.a. da 30x30cm disposto ortogonalmente al camminamento stesso, con interasse pari a 3,0m.

Di seguito si riporta la verifica alla stabilità del sistema così formato. Si considera un'azione del vento agente sulla parete sopravvento analoga a quella determinata al punto precedente per parete singola; per la parete sottovento invece si assegna un  $c_{pi} = -0,5$  secondo quanto previsto dalla Circolare 617/2009 punto C3.3.10.1 per costruzioni che presentano una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale.

L'azione agente risulta essere

$$F_{\text{Vento sopravvento}} = 60 \text{ daN/mq} \times 2,60 \times 15,00 = 2340 \text{ daN}$$

$$F_{\text{Vento sottovento}} = 0,5/1,2 \times 60 \text{ daN/mq} \times 2,60 \times 15,00 = 975 \text{ daN}$$

$$F_{\text{Neve}} = 130 \text{ daN/mq} \times 1,00 \times 15,00 = 1950 \text{ daN}$$

Il peso della struttura risulta essere

$$P_{\text{elevazione}} = 2 \times [0,03 \times 2,60 \times 15,00 \times 400 \text{ daN/mc} + 10 \times 0,14 \times 0,12 \times 2,60 \times 400 \text{ daN/mc}] = 1300 \text{ daN}$$

$$P_{\text{fondazione}} = 2 \times [0,30 \times 0,50 \times 15,00 \times 2500 \text{ daN/mc}] + 5 \times 0,30 \times 0,30 \times 1,50 \times 2500 \text{ daN/mc} = 12900 \text{ daN}$$

$$P_{\text{terreno}} = 2 \times [0,10 \times 0,50 \times 15,00 \times 1500 \text{ daN/mc}] + 5 \times [0,10 \times 0,30 \times 1,50 \times 1500 \text{ daN/mc}] = 2600 \text{ daN}$$

La componente stabilizzante dovuta alla presenza del terreno laterale alle fondazioni è pari a

$$S_{ip} = K_p \times 1500 \text{ daN/mc} \times 0,40^2 / 2 \times 15,00 = 4780 \text{ daN}$$

Di questa si considererà il 50% nella verifica allo scorrimento

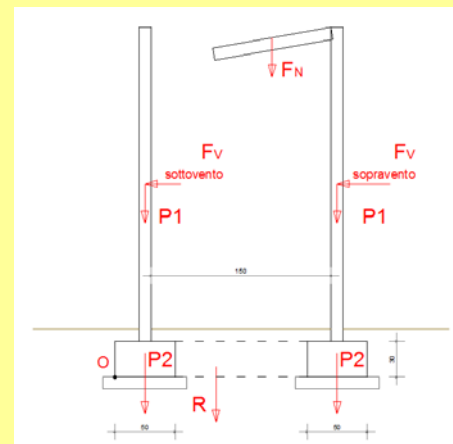
#### **VERIFICA EQU – RIBALTAMENTO**

Si considera la rotazione intorno al punto di interfaccia fondazione-terreno.

$$M_{\text{rib}} = 1,5 \times (2340 \text{ daN} + 975) \times (1,30 + 0,30) = 7960 \text{ daN m}$$

$$M_{\text{stab}} = 0,9 \times 1300 \times 1,25 + 0,9 \times (12900 + 2600) \times 1,25 = 18500 \text{ daN m}$$

$$M_{\text{rib}} < M_{\text{stab}} \quad \text{VERIFICATO}$$



#### **VERIFICA A SCORRIMENTO**

$$F_{\text{instab}} = 1,5 \times (2340 + 975) = 4970 \text{ daN}$$

$$F_{\text{stab}} = 1,0 \times (1300 + 12900 + 2600) \times \tan(2/3 \Phi) + 1,0 \times 0,5 \times 4780 \text{ daN} = 7850 \text{ daN}$$

$$F_{\text{stab}} / F_{\text{instab}} = 1,58 > 1,1 \quad \text{VERIFICATO}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO ESECUTIVO	COD. 018-16	R	O
--	-------------------------	---	-----------------------	----------------	---	---

## VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

Data la conformazione della fondazione e l'ampiezza della stessa, vista la verifica svolta per la configurazione con singolo paramento riportata alle pagine precedenti, nettamente più gravosa in termini di capacità portante, la verifica in oggetto risulta sicuramente soddisfatta.

## 7.2 Verifica camminamento in legno

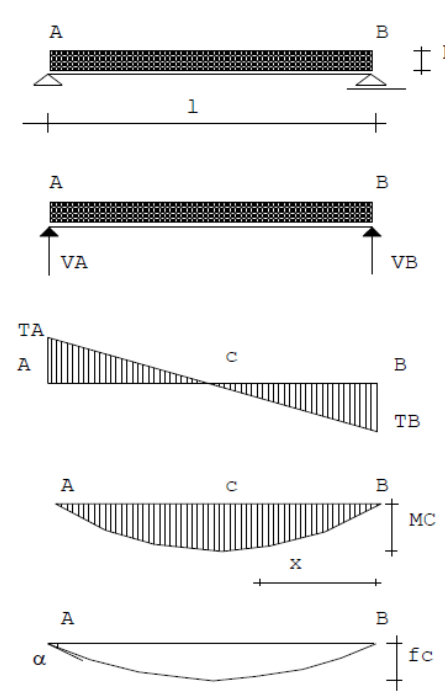
### 7.2.1 Verifica impalcato in legno

Gli elementi dell'impalcato in legno ortogonali e poggianti sulle travi principali in acciaio sono realizzati mediante legno massiccio larice con sezione 20x4cm. La luce di calcolo, data dalla luce tra le travi in legno principali, poggianti sui pali di fondazione, è pari a 0,95m.

Di seguito si riporta la verifica dell'elemento, assumendo uno schema di trave in semplice appoggio.

I carichi agenti sono di seguito determinati:

$$Q = 0,20m \times (1,35 \times 20 \text{ daN/mq} + 1,5 \times 500 \text{ daN/mq}) = 155 \text{ daN/m}$$

TRAVI APPOGGIATE	
	<p> <math>p</math> [Kg/ml] ?155  <math>l</math> [cm] ?95  <math>x</math> [cm] ?42.5 </p> <p> <math>J</math> [cm<sup>4</sup>] ?106.7  <math>E</math> [Kg/cmq] ?74000 </p>
	<p>Reazioni</p> <p> <math>VA</math> [Kg] =73.625  <math>VB</math> [Kg] =73.625 </p>
	<p>Taglio</p> <p> <math>TA</math> [Kg] =73.625  <math>TB</math> [Kg] =-73.625  <math>Tx</math> [Kg] =7.750 </p>
	<p>Momenti</p> <p> <math>MA</math> [Kgm] =0.0  <math>MB</math> [Kgm] =0.0  <math>MC</math> [Kgm] =17.486 </p>
	<p>Spostamenti</p> <p> <math>f_c</math> [cm] =0.208  <math>\alpha</math> [°] =0.402  <math>fx</math> [cm] =0.205 </p>

Pertanto  $M = 17,5 \text{ daN m} = 0,175 \text{ kN m}$

$T = 74 \text{ daN} = 0,74 \text{ kN}$

## VERIFICA TRAVI IN LEGNO SECONDO DM2008 E CNR-DT 206/2006

### TIPO DI LEGNAME

peso specifico	$\rho$	350	kg/mc
flessione	$f_{m,k}$	24	N/mm <sup>2</sup>
trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	14	N/mm <sup>2</sup>
trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	0.5	N/mm <sup>2</sup>
compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	21	N/mm <sup>2</sup>
compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	2.5	N/mm <sup>2</sup>
taglio	$f_{v,k}$	2.5	N/mm <sup>2</sup>
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	11000	N/mm <sup>2</sup>
Modulo parallelo alla fibratura (5 percent)	$E_{0,05}$	7400	N/mm <sup>2</sup>
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	370	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	690	N/mm <sup>2</sup>
	$G_{0,05}$	464.18	N/mm <sup>2</sup>

$k_{mod}$	0.8
$\gamma_M$	1.5

### Valori di calcolo

$f_{m,d}$	12.80 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$	7.47 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,d}$	0.27 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$	11.20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,d}$	1.33 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d}$	1.33 N/mm <sup>2</sup>

### Geometria sezione rettangolare

$b$	200 mm
$h$	40 mm
Inerzia y	1066666.67 mm <sup>4</sup>
Inerzia z	2666666.67 mm <sup>4</sup>
$W_y$	53333.3333 mm <sup>3</sup>
$W_z$	266666.667 mm <sup>3</sup>
$A$	8000 mm <sup>2</sup>

### Verifica a flessione

$M_{max,y}$	0.175 kN m	intorno a y
$M_{max,z}$	0 kN m	intorno a z
$k_m$	0.7	- $k_m = 0.7$ per sezioni trasversali rettangolari; - $k_m = 1.0$ per altre sezioni trasversali.
$\sigma_{m,y,d}$	3.28 N/mm <sup>2</sup>	VERIFICA 0.26 OK
$\sigma_{m,z,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	VERIFICA 0.18 OK

CNR-DT 206/2006

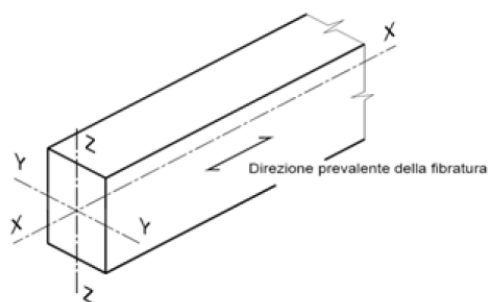


Figura B.1 - Assi dell'elemento

### Verifica a taglio:

$$T = [(Y_g \cdot G_k) + (Y_q \cdot Q_k)] \cdot l / 2 = 0.74 \text{ kN}$$

$$\tau = 1.5 \cdot T_{max} / A = (1.5 \cdot 0.74 \cdot 10^3) / (20 \times 4 \cdot 10^2) = 0.14 \text{ N/mm}^2$$

Per la classe scelta il valore di  $f_{v,k} = 2.5 \text{ N/mm}^2$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2.5 \cdot 0.7 / 1.5 = 1.16 \text{ N/mm}^2 > \tau \quad \text{OK}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

#### 7.2.1.1 Verifica dell'appoggio del tavolato

Il tavolato poggia ai due lati sulle travi principali. Si considera che la testa di ciascuna delle tavole in legno appoggi sulla trave, pertanto l'area di appoggio disponibile risulta essere 200x150mmq

Il taglio massimo agente all'appoggio è stato precedentemente determinato e vale

$$T = 74 \text{ daN} = 0,74 \text{ kN}$$

il coefficiente parziale sicurezza del materiale (legno massiccio) vale  $\gamma_m = 1.50$

il fattore correttivo per media durata vale  $k_{mod} = 0.8$

il valore caratteristico di resistenza alla compressione perpendicolare alla fibratura vale, per C24:

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Pertanto

$$f_{c,90,d} = 0.8 \times 2,5 \text{ N/mm}^2 / 1.50 = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

Per gli appoggi laterali:

$$V = 74 \text{ daN} = 0,74 \text{ kN}$$

La tensione di appoggio è pertanto

$$\sigma_{c,90,d} = 740 / (200 \times 150) = 0,03 \text{ N/mm}^2 < f_{c,90,d} = 1,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{VERIFICATO}$$

#### 7.2.2 Verifica travi principali in legno

Le travi principali in legno poste sui due lati della passerella risultano essere disposte sui pali di fondazione, i quali distano tra loro nel senso longitudinale 3,00m. Tale risulta essere dunque la luce di calcolo della trave principale, avente sezione 15x20cm.

Di seguito si riporta la verifica dell'elemento, assumendo uno schema di trave in semplice appoggio. Essendo la passerella larga 1,50m, su ciascuna trave grava una larghezza di 75cm.

I carichi agenti sono di seguito determinati:

$$Q = 0,75\text{m} \times (1,35 \times 20\text{daN/m}^2 + 1,5 \times 500 \text{ daN/m}^2) = 590 \text{ daN/m}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	0
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

TRAVI APPOGGIATE			
		<p><math>p</math> [Kg/ml] ?590                      <math>J</math> [cm<sup>4</sup>] ?10000</p> <p><math>l</math> [cm] ?300                              <math>E</math> [Kg/cmq] ?74000</p> <p><math>x</math> [cm] ?150</p>	
		Reazioni	
		$VA$ [Kg] =885.000	$VB$ [Kg] =885.000
		Taglio	
		$TA$ [Kg] =885.000	$TB$ [Kg] =-885.000
		$Tx$ [Kg] =0.0	
		Momenti	
		$MA$ [Kgm] =0.0	$Mx$ [Kgm] =663.750
		$MB$ [Kgm] =0.0	$MC$ [Kgm] =663.750
		Spostamenti	
		$fc$ [cm] =0.841	$fx$ [cm] =0.841
		$\alpha$ [°] =0.514	

Pertanto             $M = 664 \text{ daN m} = 6,64 \text{ kN m}$   
                          $T = 885 \text{ daN} = 8,85 \text{ kN}$

## VERIFICA TRAVI IN LEGNO SECONDO DM2008 E CNR-DT 206/2006

### TIPO DI LEGNAME

peso specifico	$\rho$	350 kg/mc
flessione	$f_{m,k}$	24 N/mm <sup>2</sup>
trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	14 N/mm <sup>2</sup>
trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	0.5 N/mm <sup>2</sup>
compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	21 N/mm <sup>2</sup>
compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm <sup>2</sup>
taglio	$f_{v,k}$	2.5 N/mm <sup>2</sup>
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	11000 N/mm <sup>2</sup>
Modulo parallelo alla fibratura (5 percent)	$E_{0,05}$	7400 N/mm <sup>2</sup>
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	370 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	690 N/mm <sup>2</sup>
	$G_{0,05}$	464.18 N/mm <sup>2</sup>

$k_{mod}$	0.8
$\gamma_M$	1.5

### Valori di calcolo

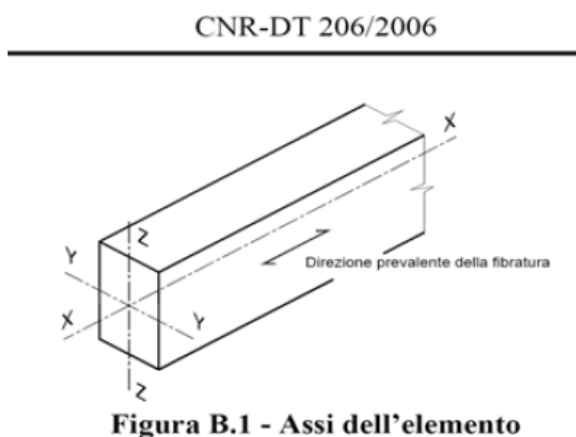
$f_{m,d}$	12.80 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$	7.47 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,d}$	0.27 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$	11.20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,d}$	1.33 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d}$	1.33 N/mm <sup>2</sup>

### Geometria sezione rettangolare

b=	150 mm
h=	200 mm
Inerzia y	100000000 mm <sup>4</sup>
Inerzia z	56250000 mm <sup>4</sup>
W y	1000000 mm <sup>3</sup>
W z	750000 mm <sup>3</sup>
A	30000 mm <sup>2</sup>

### Verifica a flessione

Mmax y	6.64 kN m	intorno a y
Mmax z	0 kN m	intorno a z
$k_m$	0.7	- $k_m = 0.7$ per sezioni trasversali rettangolari; - $k_m = 1.0$ per altre sezioni trasversali.
$\sigma_{m,y,d}$	6.64 N/mm <sup>2</sup>	VERIFICA 0.52 OK
$\sigma_{m,z,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	VERIFICA 0.36 OK



### Verifica a taglio:

$$T = [(Y_g \cdot G_k) + (Y_q \cdot Q_k)] \cdot I / 2 = 8.85 \text{ kN}$$

$$\tau = 1.5 \cdot T_{max} / A = (1.5 \cdot 8.85 \cdot 10^3) / (15 \times 20 \cdot 10^2) = 0.44 \text{ N/mm}^2$$

Per la classe scelta il valore di  $f_{v,k} = 2.5 \text{ N/mm}^2$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 2.5 \cdot 0.7 / 1.5 = 1.16 \text{ N/mm}^2 > \tau \quad \text{OK}$$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

### 7.2.2.1 Verifica dell'appoggio della trave principale sul palo di fondazione

La trave principale poggia sui pali in legno di fondazione, disposti con interasse pari a 3,0m. Si considera che la testa di ciascuna delle travi appoggi su metà della testa del palo (punto di giunzione tra due travi successive) pertanto l'area di appoggio disponibile risulta essere

$$A = \pi \times 200^2 / 4 / 2 = 31.415 \text{ mm}^2 / 2 = 15.710 \text{ mm}^2$$

Il taglio massimo agente all'appoggio è stato precedentemente determinato e vale

$$T = 885 \text{ daN} = 8,85 \text{ kN}$$

il coefficiente parziale sicurezza del materiale (legno massiccio) vale  $\gamma_m = 1.50$

il fattore correttivo per media durata vale  $k_{mod} = 0.8$

il valore caratteristico di resistenza alla compressione perpendicolare alla fibratura vale, per C24:

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Pertanto

$$f_{c,90,d} = 0.8 \times 2,5 \text{ N/mm}^2 / 1.50 = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

Per gli appoggi laterali:

$$V = 885 \text{ daN} = 8,85 \text{ kN}$$

La tensione di appoggio è pertanto

$$\sigma_{c,90,d} = 8850 / (15710) = 0,56 \text{ N/mm}^2 < f_{c,90,d} = 1,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{VERIFICATO}$$

### 7.2.3 Verifica fondazioni

#### 7.2.3.1 Capacità portante del palo di fondazione

Il carico limite verticale viene calcolato attraverso la formula di Berezantzev in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno. Poiché la realizzazione di un palo, sia esso infisso o trivellato, modifica sempre le caratteristiche del terreno nell'intorno dello stesso, si propone di assumere un angolo di resistenza a taglio pari a:

**Per pali infissi**

$$\varphi_{corr} = \varphi + 3$$

$$\tan \delta = \tan(0.66 \cdot \varphi_{corr})$$

**Per pali trivellati**

$$\varphi_{corr} = \varphi - 3$$

$$C = C \cdot 0.9$$

$$\tan \delta = \tan(0.66 \cdot \varphi_{corr})$$

dove  $\varphi$  è l'angolo di resistenza a taglio prima dell'esecuzione del palo. Ai fini del calcolo, il carico limite  $Q_{Limite}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta  $Q_p$  e la resistenza laterale  $Q_l$

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

$$Q_p = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot (\gamma_t \cdot L \cdot N_q + N_c \cdot C)$$

$N_c$  e  $N_q$  fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare)

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo  $\alpha$ , proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$Q_l = (\alpha \cdot C + \gamma_t \cdot L \cdot K \cdot \tan \delta) \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot f_w$$

$$W_{palo} = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L \cdot \gamma_p$$

$$Q_{Limite} = (Q_p + Q_s - W_{palo})$$

$\gamma_t$  peso unità di volume del terreno

$L$  lunghezza del palo

$f_w$  fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo, ossia la diminuzione percentuale del diametro del palo

$c$  valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate)

$\sigma'$  pressione verticale efficace del terreno

$K$  coefficiente di spinta orizzontale, dipendente dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal precedente stato di addensamento

$\gamma_p$  peso unità di volume del materiale con cui è realizzato il palo

I pali in legno in oggetto hanno diametro 200mm. Nel calcolo della capacità portante del singolo palo si può quindi considerare un diametro reso esterno di 20cm; si deve inoltre considerare che la battitura del palo provoca una compressione laterale del terreno. Si viene così ad instaurare, lateralmente al palo, una spinta orizzontale di tipo passivo che aumenta considerevolmente la portata laterale del palo.

Di seguito si riporta il calcolo di capacità a portante dei pali di sostegno della passerella previsti; si deve in ogni caso specificare che tale dimensionamento verrà verificato in fase di esecuzione dei pali (mediante prove in sito della reale portata); sarà quindi necessario eventualmente provvedere in corso d'opera alla modifica della lunghezza dei pali per raggiungere le portate ammissibili di seguito calcolate.

Il valore caratteristico della resistenza alla compressione  $R_{c,k}$  del singolo palo viene determinato secondo il metodo b) di cui alle NTC2008 punto 6.4.3.1.1 (mediante metodi di calcolo analitici, sulla base dei valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti da prove in sito e/o di laboratorio).

Dunque il valore di  $R_{c,k}$  è il minore dei valori

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{medio}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Dove, essendo indagate n.2 verticali, si ha:

$$\xi_3 = 1,65 \quad \xi_4 = 1,55$$

Al fine della verifica del palo in oggetto si adotta l'**Approccio 2 (A1+M1+R3)** di cui alle NTC2008 par. 6.4.3.1.

Per pali infissi si ha (R3):

$$\gamma_{R \text{ base}} = \gamma_{R \text{ laterale in compressione}} = 1,15$$



STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	0
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

Pertanto si ottiene che

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_R = R_{c,cal} / (1,65 \times 1,15) = R_{c,cal} / 1,90$$

Il carico agente verticale sul palo allo SLU, dovuto alla passerella pedonale risulta essere pari a:

$$E_d = 0,75m \times (1,35 \times 20daN/mq + 1,5 \times 500 daN/mq) \times 3,00m = 590 daN/m \times 3,00m = 1770 daN$$

Di seguito si riporta il calcolo di capacità portante del palo sotto le condizioni sopra riportate

Dati generali:	
Descrizione	Palo passerella in legno
Zona sismica	zona 4
Tipologia	Infisso
Lunghezza (m)	2.0
Diametro punta (m)	0.2
Tronco conicità (%)	0
Peso Specifico palo (kN/m³)	4
Mod. Elastico palo (kPa)	7400000
Fatt. sicurezza punta	2
Fatt. sicurezza laterale	2

Carichi:	
<b>Carichi sul palo</b>	
Carico verticale (kN)	17.7
Carico orizzontale (kN)	0
Momento (kNm)	0
<b>Carichi sul piano campagna</b>	
Sovraccarico (kPa)	0

STUDIO CAUSERO & SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione di calcolo	AREA DI LAMINAZIONE DI INVERIGO INTERVENTI IDRAULICI E DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE NEI TERRITORI DI INVERIGO, NIBIONNO E VEDUGGIO CON COLZANO	PROGETTO <b>ESECUTIVO</b>	COD. <b>018-16</b>	R	O
--	-------------------------	---	------------------------------	-----------------------	---	---

Geotecniche:	
Peso unità volume (kN/m³)	<input type="text" value="15"/>
Angolo Res. a taglio (°)	<input type="text" value="30"/>
Coesione (kPa)	<input type="text" value="0"/>
Fattore di adesione laterale (α)	<input type="text" value="1"/> ▼
<b>Parametri elastici</b>	
Modulo elastico E <sub>y</sub> (kPa)	<input type="text" value="5000"/>
Coef. di Poisson	<input type="text" value="0.3"/>
Risultati:	
N <sub>q</sub> , N <sub>c</sub> (Berezantev)	<input type="text" value="Nq=47,84 Nc=72,13"/>
Carico limite punta (kN)	<input type="text" value="45,09"/>
Carico limite laterale (kN)	<input type="text" value="4,36"/>
Peso palo (kN)	<input type="text" value="0,25"/>
Carico limite (kN)	<input type="text" value="49,19"/>
Carico ammissibile (kN)	<input type="text" value="24,4709"/>
Cedimento (m)	<input type="text" value="0,0040"/>

Pertanto si ottiene che

$$R_{c,d} > E_d = 24,4 \text{ kN} > 17,7 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

Anche i cedimenti, così determinati, risultano assolutamente compatibili con la struttura di progetto.